



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**ANÁLISIS ENTRE LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE  
TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y  
EL DE BIOFILTRO (LOMBRICES CALIFORNIANAS) PARA EL  
SECTOR COLIBRÍ, PARROQUIA SAN PEDRO DE CHONGÓN,  
CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA GUAYAS.**

**TUTOR**

**MG. ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS**

**AUTORES**

**SÁNCHEZ VALLEJO JASVA SANARI  
YUNGAICELA MERA KATTY JOHANNA**

**GUAYAQUIL**

**2021**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:** ANÁLISIS ENTRE LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y EL DE BIOFILTRO (LOMBRICES CALIFORNIANAS) PARA EL SECTOR COLIBRÍ, PARROQUIA SAN PEDRO DE CHONGÓN, CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA GUAYAS.

**AUTOR/ES:**  
Katty Johanna Yungaicela Mera Jasva  
Sanari Sánchez Vallejo

**REVISORES O TUTORES:**  
Msc. Ing. Civ. Pablo Mario Paredes Ramos

**INSTITUCIÓN:**  
Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:**  
Tercer Nivel

**FACULTAD:**  
Facultad de Ingeniería, Industria y  
Construcción

**CARRERA:**  
INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:** 2021.

**N. DE PÁGS.:** 159

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:**

Tratamiento – Calidad – Necesidades – Normas – Ambiental.

**RESUMEN:**

En la actualidad, las aguas residuales domésticas se contaminan por las actividades humanas en hogares, comercios, industrias y agricultura, estas aguas contaminadas deberían ser desalojadas y conducidas por una red de alcantarillas hasta un sistema de tratamiento para que sea procesada y poder devolverla al medio natural, la eliminación y el tratamiento para las aguas contaminadas no se cumple en todos los sectores de nuestro país. Basado en las necesidades rurales, este trabajo se enfoca en comparar el Sistema de Plantas de aguas residuales domésticas convencional Aerobio versus el sistema de tratamiento con lombrices Eisenia Foetida tomando en consideración las necesidades de la comunidad e inversión económica, que sea auto sustentable y cumpla con las normas con el fin de proteger la salud y el medio ambiente en los niveles adecuados. Cada vez hay más alternativas para reducir el impacto ambiental, esto frente al rápido crecimiento poblacional, y el aumento del uso de recursos, ha provocado que se realicen diferentes investigaciones y alternativas, para poder reutilizar recursos. Debido a esto, muchos tienen varios problemas con la edificación y administración de las plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas ya que se imponen normas ambientales estrictas como en las grandes ciudades, por lo que adoptan métodos poco técnicos y que no necesitan profesionales para implementarlos, entre los métodos a realizar, el más fácil y popular es el de construir pozos sépticos para colocar los residuos, principalmente domiciliarios debido a que son mucho más económicos. Como parte inicial de este trabajo, se considera que las aguas residuales domésticas a analizar, pasen por un tratamiento ecológico y regresen a la naturaleza con el fin que siga con su ciclo hidrológico, siguiendo las normas y leyes, que a su vez obtengan los parámetros necesarios para evitar alteraciones en el ecosistema.

**N. DE REGISTRO (en base de datos):**

**N. DE CLASIFICACIÓN:**

**DIRECCIÓN URL (tesis en la web):**

**ADJUNTO PDF:**

SI

NO

**CONTACTO CON AUTOR/ES:**  
Katty Johanna Yungaicela Mera Jasva  
Sanari Sánchez Vallejo

**Teléfono:**  
0992179942  
0996767505

**E-mail:**  
johankatty@hotmail.com  
jasvasanchez@gmail.com

**CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:**

Msc. Ing. Civ. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza  
**Teléfono:** 042 2596500 Ext. 241 Decano  
**E-mail:** asalvatierra@ulvr.edu.ec

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

## TESIS FINAL

*por* Jasva - Katty Sánchez Vallejo - Yungaicela Mera

---

**Fecha de entrega:** 12-ago-2020 11:43a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1368845140

**Nombre del archivo:** TESIS\_JASVA\_Y\_KATTY\_revision.docx (10.35M)

**Total de palabras:** 20401

**Total de caracteres:** 113165

## TESIS FINAL

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>creativecommons.org</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>www.cepal.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>3</b>	<b>www.cte-ecuador.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>Facundo Cortes-Martínez, Alejandro Treviño-Cansino, Ma. Aracelia Alcorta García, Julio Gerardo Lozoya Vélez. "Diseño gráfico para la materia orgánica y el tiempo de retención en lagunas facultativas", Tecnología y ciencias del agua, 2020</b> Publicación	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>fpolar.org.ve</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad de León</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

<b>8</b>	<b>"Index", Information Resources in Toxicology, 2009</b> Publicación	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>www.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>10</b>	<b>www.e-local.gob.mx</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>11</b>	<b>motos.autocity.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>12</b>	<b>Submitted to Systems Link</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

Excluir citas

Activar

Excluir coincidencias

• 10/10/2020

Excluir bibliografía

Activar



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados SÁNCHEZ VALLEJO JASVA SANARI Y YUNGAICELA MERA KATTY JOHANNA, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, ANÁLISIS ENTRE LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y EL DE BIOFILTRO (LOMBRICES CALIFORNIANAS) PARA EL SECTOR COLIBRÍ, PARROQUIA SAN PEDRO DE CHONGÓN, CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA GUAYAS, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

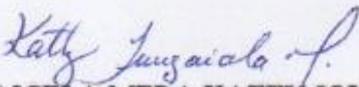
Firma:



SÁNCHEZ VALLEJO JASVA SANARI

C.I. 0922719497

Firma:



YUNGAICELA MERA KATTY JOHANNA

C.I. 091709552-3

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación ANÁLISIS ENTRE LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y EL DE BIOFILTRO (LOMBRICES CALIFORNIANAS) PARA EL SECTOR COLIBRÍ, PARROQUIA SAN PEDRO DE CHONGÓN, CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA GUAYAS, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado ANÁLISIS ENTRE LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y EL DE BIOFILTRO (LOMBRICES CALIFORNIANAS) PARA EL SECTOR COLIBRÍ, PARROQUIA SAN PEDRO DE CHONGÓN, CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA GUAYAS, presentado por los estudiantes SÁNCHEZ VALLEJO JASVA SANARI Y YUNGAICELA MERA KATTY JOHANNA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



**MG. ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS**

C.C. 0911828150

## **AGRADECIMIENTO**

Mi mayor agradecimiento es a mi familia, aunque son muchas las personas especiales a las que debo agradecer su amistad, respeto, comprensión, cariño y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Muchos de ellos están conmigo, otros en el infinitito recuerdo y en mi corazón. Sin importar donde estén o si alguna vez leen estas palabras sabrán entender que mi mayor agradecimiento.

*Jasva Sánchez V.*

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos, amigos, mi esposo, mis hijos y maestros, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, supieron encaminarme con sabios consejos, y por el conocimiento recibido durante todo el tiempo que fui un estudiante universitario y así poder hacer realidad este sueño.

*Jasva Sánchez V.*

## AGRADECIMIENTO

Deseo dar mi sincero agradecimiento a las personas que conforman la Facultad De Ingeniería, Industria Y Construcción Carrera De Ingeniería Civil de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, quienes sin egoísmo y con generosidad supieron brindarme sus conocimientos, de manera especial quiero expresar mi agradecimiento al Ingeniero Pablo Paredes Ramos, por sus valiosas sugerencias y orientaciones, realizadas en el presente estudio.

A mis padres que me dieron el apoyo para poder comenzar de nuevo, a mi hermana Irene por animarme, empujarme para que retomar mis estudios incluso me ayudaste a inscribirme en la universidad, no dejaste que me desanime a pesar de los varios problemas que tuve al transcurso de mis estudios.

Quiero agradecer mi esposo Lenin Quinde por estar conmigo en las noches largas de estudio acompañándome y apoyándome a seguir adelante.

A mis amigos y compañeros de estudio, Cesar y Henry por su apoyo además de los buenos momentos en que nos juntábamos a compartir en donde las risas y locuras hicieron de esos momentos inolvidables. Siempre les estaré agradecida.

Además quiero agradecer a profesionales, amigos y demás personas que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo de la presente Tesis.

*Katty Yungaicela M.*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios Todopoderoso, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis queridos padres Alfonso Yungaicela y Benita Mera, quienes me han guiado y apoyado con sabiduría, esfuerzo y dedicación, dándome sus consejos para llegar a ser una persona de bien y cumplir mis objetivos que me propuse. Por haber creído siempre en mí y por ser los pilares fundamentales en todo el transcurso de mi carrera, ya que sin su valiosa colaboración no hubiese logrado culminar este proyecto.

A mis hermanos Irene, Natalia, David, Kwamé, Christopher y demás familiares por brindarme su apoyo y colaboración para la culminación de una meta más en mi vida  
A mi abuelita Carmen, por ser fuente de inspiración haciéndome siempre recordar que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que impida lograrlo.

También dedico este trabajo a Junior y a Nena quienes fueron mis acompañantes fieles en muchas noches largas y fueron de gran inspiración para no ser derrotada.

*Katty Yungaicela M.*

## ÍNDICE GENERAL

	PÁG.
<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b> .....	ii
<b>CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	viii
<b>DEDICATORIA</b> .....	ix
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	x
<b>DEDICATORIA</b> .....	xi
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xvi
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xviii
<b>ABREVIATURAS</b> .....	xix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	2
1.1. Análisis entre los sistemas tradicionales de tratamientos de aguas residuales domésticas, Sistema Aerobio y del biofiltro (lombrices californianas). .....	2
1.2. Planteamiento del problema. ....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.4. Sistematización del problema.....	3
1.5. Objetivo General .....	4
1.6. Objetivos Específicos. ....	4
1.7. Justificación.....	4
1.8. Delimitación de la investigación. ....	4
1.9. Idea a sustentar .....	5
1.10. Línea de investigación Institución/Facultad .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
3.1. Marco Teórico. ....	6
3.1.1. Antecedentes.....	6
2.1.2. Referencias de tesis internacionales y nacionales. ....	7
2.1.3. Referencias de modelos análogos internacionales y nacionales.....	8
2.1.4. Otros aspectos generales del sector de estudio.....	10
2.2. Marco Conceptual. ....	12
2.2.1. Definiciones generales.....	12
2.2.2. Criterios de diseño y construcción.....	17

2.2.3.	Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas aeróbico.....	18
2.2.3.1.	Descripción del proceso de tratamiento de la PTAR con reactor aerobio.....	18
2.2.3.2.	Componentes del sistema de la PTAR con reactor aerobio.....	19
2.2.3.2.1.	Sistema de filtrado y cribado.....	20
2.2.3.2.2.	Filtro Auto-limpiante.....	21
2.2.3.2.3.	Sedimentador primario.....	22
2.2.3.2.4.	Reactor Anóxico.....	22
2.2.3.2.5.	Reactor aerobio de lodos activos.....	23
2.2.3.2.6.	Clarificador secundario.....	25
2.2.3.2.7.	Digestor de lodos.....	26
2.2.3.2.8.	Tanque de desinfección.....	26
2.2.3.2.9.	Lechos de secado.....	27
2.2.4.	Sistema de tratamiento Biofiltro (lombrices californianas).....	28
2.2.5.	Descripción del proceso de tratamiento Biofiltro con lombrices californianas ( <i>Eisenia Foetida</i> ).....	28
2.2.6.	Componentes del sistema de tratamiento con Biofiltro.....	29
2.2.6.1.	Cámaras de Rejas de limpieza manual.....	29
2.2.6.2.	Trampa de grasas.....	29
2.2.6.3.	Lombrifiltro.....	30
2.2.6.3.1.	Lombrices de tierra ( <i>Eisenia Foetida</i> ).....	31
2.2.6.4.	Mantenimiento del sistema de Biofiltro.....	33
2.2.6.5.	Desinfección.....	34
2.2.6.6.	Desecho final (humus).....	34
2.3.	Marco Legal.....	35
2.3.1.	Leyes.....	35
2.3.1.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	35
2.3.1.2.	Código Orgánico del Ambiente.....	38
2.3.1.3.	Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente.....	40
2.3.1.4.	Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.....	47
2.3.1.5.	Ley de Gestión Ambiental.....	47
2.3.1.6.	Ordenanzas municipales.....	48
2.3.1.7.	Acuerdo ministerial n°061.....	49
	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>52</b>
	<b>3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>52</b>
3.1.	Metodología.....	52
3.2.	Tipo de investigación.....	52
3.3.	Técnica e instrumentos.....	55

3.3.1.	PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) con reactor aerobio Urbanización Olimpo	55
3.3.1.1.	Ventajas y desventajas del PTAR con reactor aerobio	60
3.3.2.	Biofiltro experimental	60
3.3.2.1.	Recolección de las aguas residuales domésticas	60
3.3.2.2.	Preparación de terreno y adaptación de las lombrices <i>Eisenia Foetida</i>	61
3.3.2.3.	Materiales usados en la construcción del prototipo de tratamiento de aguas residuales domésticas	63
3.3.2.4.	Relleno del tanque de biofiltrado	64
3.3.2.4.1.	Calculo de capa de piedra. (PAZMIÑO, 2015)	64
3.3.2.4.2.	Calculo capa de aserrín, viruta y humus	65
3.3.2.4.3.	Calculo del porcentaje de la capa de humus	65
3.3.2.4.4.	Calculo de la capa de aserrín	65
3.3.2.4.5.	Calculo de capa de viruta	65
3.3.2.4.6.	Cálculo del área efectiva del tanque de biofiltrado	66
3.3.2.4.7.	Cálculo de la carga hidráulica	67
3.3.2.5.	Proceso	68
3.3.2.6.	Mantenimiento de Biofiltro	69
3.3.2.7.	Ventajas y desventajas de Biofiltro	69
3.4.	Muestreo del agua tratada	70
3.5.	Cálculo del número de casas donde se recolectó el agua residual	70
3.6.	Muestra	71
	<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>72</b>
	<b>4. INFORME FINAL</b>	<b>72</b>
4.1.	Efectividad en Remoción fisicoquímicos y microbiológicos	72
4.2.	Costos	80
4.3.	Comparación de alternativas	82
	CONCLUSIONES	84
	RECOMENDACIONES	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> .....	5
<i>Tabla 2.</i> .....	18
<i>Tabla 3.</i> .....	43
<i>Tabla 4</i> .....	44
<i>Tabla 5</i> .....	45
<i>Tabla 6.</i> .....	46
<i>Tabla 7.</i> .....	59
<i>Tabla 8.</i> .....	59
<i>Tabla 9.</i> .....	62
<i>Tabla 10</i> .....	65
<i>Tabla 11.</i> .....	66
<i>Tabla 12.</i> .....	72
<i>Tabla 13.</i> .....	81
<i>Tabla 14.</i> .....	82
<i>Tabla 15.</i> .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Sector de estudio</i> .....	10
<i>Figura 2. Plano en planta del Sistema de la planta de tratamiento Aerobio de aguas residuales domésticas.</i> .....	19
<i>Figura 3. Secciones del canal de la criba</i> .....	20
<i>Figura 4. Sección transversal del filtro, se ve el ingreso, salida y la malla donde se retendrán los sólidos.</i> .....	21
<i>Figura 5. Pretratamiento</i> .....	21
<i>Figura 6. Sección transversal del Sedimentador primario.</i> .....	22
<i>Figura 7. Corte transversal del reactor aerobio.</i> .....	24
<i>Figura 8. Corte en planta del reactor aerobio.</i> .....	24
<i>Figura 9. Clarificador secundario.</i> .....	25
<i>Figura 10. Tanque de desinfección.</i> .....	26
<i>Figura 11. Corte transversal del tanque de desinfección</i> .....	27
<i>Figura 12. Corte transversal y plano de los lechos de secado.</i> .....	27
<i>Figura 13. Representación del tratamiento con biofiltro</i> .....	28
<i>Figura 14. Corte transversal de cámara de rejas.</i> .....	29
<i>Figura 15. Trampa de grasas.</i> .....	30
<i>Figura 16. Capas del biofiltro.</i> .....	31
<i>Figura 17. Lombriz Roja Californiana</i> .....	31
<i>Figura 18. Humus</i> .....	34
<i>Figura 19. Pirámide de Kelsen</i> .....	35
<i>Figura 20: Recolección de aguas residuales domésticas en sector Colibrí</i> .....	61
<i>Figura 21: Limpieza y adaptación de área</i> .....	61
<i>Figura 22: Conteo y adaptación de lombrices</i> .....	62
<i>Figura 23: Proceso</i> .....	68
<i>Figura 24. Remoción de Sólidos disueltos Totales (SDT).</i> .....	73
<i>Figura 25. Remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SDT).</i> .....	73
<i>Figura 26. Remoción de Nitrógeno Total Kjeldahl.</i> .....	74
<i>Figura 27. Remoción de Nitratos.</i> .....	74
<i>Figura 28. Remoción de Fosforo total.</i> .....	75
<i>Figura 29. Remoción de Sulfatos.</i> .....	75

<i>Figura 30. Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</i> .....	76
<i>Figura 31. Remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i> .....	76
<i>Figura 32. Remoción de pH</i> .....	77
<i>Figura 33. Remoción de Aceites y Grasas</i> .....	77
<i>Figura 34. Remoción de Detergentes</i> .....	78
<i>Figura 35. Remoción de Coliformes Fecales</i> .....	78
<i>Figura 36. Remoción de Escherichia Coli</i> .....	79
<i>Figura 37. Remoción de Coliformes Totales</i> .....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculos para planta a escala real.....	95
Anexo 2. APUS.....	99
Anexo 3. Presupuesto aproximado de construcción.....	129
Anexo 4. Presupuesto aproximado de gastos mensuales.....	130
Anexo 5. Resultados de laboratorio de agua residual doméstica sin tratamiento.....	131
Anexo 6. Resultados de laboratorio de agua residual doméstica sin tratamiento.....	133
Anexo 7. Registro fotográfico.....	135

## ABREVIATURAS

OD: Oxígeno disuelto

CE: Conductividad eléctrica

SST: Sólidos suspendidos totales

SDT: Sólidos Disueltos totales

DQO: Demanda química de oxígeno

CT: Coliformes totales

CF: Coliformes fecales

EC: Escherichia coli

E: Efluente

M-ST: Muestra sin tratamiento

C: Control

LMP: Límite máximo permisible

PTAR: planta de tratamiento de aguas residuales.

pH: Significa potencial de hidrógeno, es una medida de la acidez de una solución.

Umho/cm: Micromhos por centímetro

Ms/cm: Mili siemens por metro

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día (mg/l)

NMP: Número más probable

RAS: Relación de absorción de sodio ajustada.

CE: Conductividad eléctrica del agua de regadío.

mg/l: miligramo por litro

ARD: agua residual doméstica.

EB: Estación de bombeo.

Kw: kilovatio, unidad que se utiliza para medir la potencia eléctrica

PVC: Material de tubería que corresponde a Policloruro de Vinilo

PEAD: Material de tubería El Polietileno de Alta Densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la idea del desarrollo no solo implica la construcción de infraestructura, también debe estar acompañada de criterios que se deberían aplicar siempre, como la construcción de proyectos de calidad que garanticen unas buenas condiciones de vida, ofreciendo a los clientes servicios básicos adecuados. Además la construcción debe ser amigable con el medio ambiente, para que los proyectos civiles causen el menor impacto ambiental.

Debido a la importancia del buen vivir, es fundamental realizar los proyectos habitacionales con diseños sanitarios que cumplan con todas las especificaciones y necesidades para evitar posibles contaminaciones que causan enfermedades que afectan a los habitantes.

El tema seleccionado realiza un análisis comparativo de eficiencia entre los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas como son: el sistema Aerobio y el sistema ecológico utilizando lombrices californianas (*Eisenia Foetida*), para utilizarse en localidades rurales, sencillo de operar con la menor cantidad de personas, de una manera ecológica, economizando recursos y espacios físicos, etc.

En el primer capítulo se indica el problema causado por la falta de un sistema apropiado para el tratamiento de aguas residuales domésticas, objetivos del estudio e idea a justificar. En el segundo capítulo se explica de forma teórica y conceptual de los tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas a comparar y las leyes que se ampara.

En el tercer capítulo se explica los métodos de investigación se usó, descripción de la zona a implementar y las técnicas usadas en la construcción de un sistema de biofiltración a escala de laboratorio. En el cuarto capítulo indican los resultados de la comparación de costos – beneficios, resultados y comparación de los análisis de laboratorio de las aguas residuales domésticas posterior al tratamiento de los sistemas Aerobio de tratamientos de aguas residuales domésticas y del biofiltro (lombrices californianas).

## **CAPÍTULO I**

### **1.1. Análisis entre los sistemas tradicionales de tratamientos de aguas residuales domésticas, Sistema Aerobio y del biofiltro (lombrices californianas).**

Se analizará beneficios, costos, ventajas y desventajas de los sistemas tradicionales de tratamientos de aguas residuales domésticas, Sistema Aerobio y del biofiltro (lombrices californianas) con el fin de implementar el proceso más adecuado para el sector Colibrí, parroquia San Pedro de Chongón, cantón Guayaquil, provincia Guayas.

### **1.2. Planteamiento del problema.**

En los presentes días se está buscando los medios para proteger el medio ambiente lo que conlleva a la preservación de los recursos hídricos para la supervivencia de la población, para lograr este fin se busca realizar una purificación de aguas residuales domésticas que desembocan en los cuerpos de aguas dulces tales como los lagos, ríos, canales, napas subterráneas, entre otros, con la mira de reducir el impacto a el medio ambiente provocados por los permanentes vapores y descargas producidas, además se persigue tomar mayor voluntad a cuidar y proteger estos recursos.

Existen sistemas de tratamiento usados por mucho tiempo conocidos como los sistemas convencionales. Sin embargo, estas plantas de tratamiento implican un alto costo en construcción, operación y mantenimiento. A la par de generar subproductos indeseables. La realidad en nuestro país es que el tratamiento de aguas residuales domésticas en las zonas fuera de los límites urbanos es pobre o inexistente debido a las características operacionales mencionadas.

Por lo que en muchas de estas comunidades se basan en la utilización de pozos sépticos y letrinas las cuales son construidas de manera poco técnica, que producen contaminaciones al medio ambiente en las aguas subterráneas causando enfermedades por escasez de saneamiento. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas son cadenas de procesos en la que se consideran las particularidades del agua residual doméstica y nivel de purificación necesario para ser devuelta a cuerpo receptor, basado en las normas técnicas y la legislación, indicadores que en la mayoría de los países de América Latina incumplen por la poca infraestructura e inversión.

Las aguas residuales domésticas es el agua que se contamina por las actividades humanas en hogares, comercios, industrias y agricultura. Estas aguas contaminadas deberían ser desalojadas y conducidas por una red de alcantarillas hasta un sistema de

tratamiento para que sea procesada y poder devolverla al medio natural en condiciones adecuadas.

La eliminación adecuada y tratamiento para las aguas contaminadas no se cumple en todos los sectores de nuestro país, en los niveles adecuados, actualmente apenas el 5.5% de cada diez personas tienen alcantarillado incrementando la desigualdad en zonas rurales y barrios marginales. De este porcentaje aproximadamente solo el 10% tienen algún tratamiento antes de ser vertidas en ríos propiciando la alteración y degradación del ecosistema, afectando a su vez las vidas humanas de sectores cercanos. Fuente. Gestión de aguas residuales en Ecuador – (SENAGUA, 2016).

### **1.3. Formulación del problema**

Debido al tamaño, ciertos grupos comunales tienen varios problemas con la edificación y administración de plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas, causado muchas veces debido a que se imponen normas ambientales estrictas como que fueran grandes ciudades, por lo que adoptan métodos poco técnicos y que no necesiten profesionales para implementarlos.

Entre los métodos para realizar las descargas, el más fácil y popular es de construir pozos sépticos para colocar los residuos líquidos, principalmente domiciliario debido que son un poco más económicos para los moradores. Estos pozos tienen aspectos pocos amigables con los usuarios debido a que emiten olores y contaminan aguas subterráneas.

En el sector que se realiza el análisis se plantea que las aguas residuales domésticas pasen por un tratamiento ecológico y regresen a la naturaleza con el fin que siga con su ciclo hidrológico, siguiendo las normas y leyes necesarias para que tengan los parámetros necesarios para evitar alteraciones en el ecosistema, disminuyendo la contaminación a la biodiversidad y evitar las enfermedades.

### **1.4. Sistematización del problema**

¿Cuáles son los costos de más beneficiosos para el sector?

¿Qué impacto tendría en los habitantes del sector?

¿Cuáles serían la alternativa más beneficiosa para el sector?

¿Cuáles son los problemas que presenta cada sistema de tratamiento?

### **1.5. Objetivo General**

Analizar el grado de descontaminación de aguas residuales domésticas del Sistema de tratamiento tradicional, Sistema Aerobio vs el sistema de Biofiltro (lombrices californianas) según costos y beneficios en el marco de la normativa vigente en el territorio ecuatoriano para ser implantado en el sector Colibrí.

### **1.6. Objetivos Específicos.**

- Evaluar las ventajas y desventajas de la utilización de los dos sistemas como alternativa en el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Analizar costos y beneficios del Sistema de tratamiento tradicional Aerobio vs el sistema de Biofiltro para el tratamiento de aguas servidas domésticas.
- Plantear cuál de los dos sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas obtiene un efluente de mejor calidad para ser descargado a un cuerpo receptor cumpliendo con la calidad necesaria estipulada por ley Ecuatoriana.

### **1.7. Justificación**

Este trabajo tiene como propósito analizar cuál es el mejor Sistema de tratamiento de aguas servidas domésticas, el tradicional Aerobio o el sistema de tratamiento de la con Biofiltro (lombrices californianas), para su utilización según sus costos y sus beneficios para la descontaminación de aguas residuales para el sector Colibrí, ubicado en La parroquia San Pedro de Chongón, por la inexistencia de un sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas.

El análisis y comparación de las características físicas, químicas y microbiológicas del efluente permite determinar la eficiencia de cada uno de los sistemas de tratamiento y a su vez analizar que los resultados obtenidos con estos dos métodos, que muestren una alta eficacia en la eliminación de materia orgánica y microorganismos patógenos, de los dos sistemas a utilizar y, con ello evitar la que se descargue aguas contaminadas y además de regirse a la legislación ambiental ecuatoriana vigente.

### **1.8. Delimitación de la investigación.**

**Campo:** Educación superior. Tercer nivel de grado.  
**Área:** Ingeniería Civil  
**Aspecto:** Investigación Exploratoria.  
**Tema:** Eficiencia entre los sistemas tradicionales de tratamientos de aguas residuales domésticas y el de biofiltro (lombrices californianas) para el sector Colibrí, parroquia San Pedro

de Chongón, cantón Guayaquil, provincia del Guayas.  
Coordenadas Planas UTM Norte: 9742070 / 9760470 y  
Este: 583390 / 611200

**Delimitación espacial:** Sector Colibrí, parroquia San Pedro de Chongón, cantón Guayaquil, provincia del Guayas – Ecuador

**Delimitación temporal:** 6 meses

### 1.9. Idea a sustentar

Basado en las necesidades rurales, este trabajo estará enfocado en comparar el Sistema de Plantas de aguas residuales domésticas convencional Aerobio vs el sistema de tratamiento con lombrices *Eisenia Foetida* tomando en consideración las necesidades de la comunidad e inversión económica, que sea auto sustentable y cumpla con las normas con el fin de proteger la salud y el medio ambiente.

#### 1.9.1. Variable independiente

Efluente después del tratamiento del agua residual doméstica.

#### 1.9.2. Variables dependientes

- Eficiencia y eficacia de caudal de aportación.
- Condiciones mínimas para el hábitat de lombrices *Eisenia Foetida*.
- Concentración de contaminantes fisicoquímicos.

### 1.10. Línea de investigación Institución/Facultad

**Tabla 1**

***Línea de investigación de FIIC***

---

Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	<b>LÍNEA:</b> Territorio	<b>SUBLÍNEA:</b> Recursos Ambientales e Hídricos subterráneos
---	-----------------------------	--

---

**Fuente:** FIIC (2019)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Marco Teórico.

##### 3.1.1. Antecedentes.

La parroquia San Pedro de Chongón fue fundada y poblada por migrantes del Caribe y su nombre, se descompone en “Chom-nom”, que significa “mi casa ardiente” siendo el capitán español Juan Enrique de Guzmán (soldado Don Pedro de Alvarado) el primero en llegar a la parroquia San Pedro de Chongón buscando nuevas tierras. (ROCA, 2017).

Pueblo trabajador, elaboraban tejidos de lana de llamas que abundaban y yacían en la región, fue parroquializada el 3 de julio de 1862, en el primer gobierno del Dr. Gabriel García Moreno y reafirmada posteriormente por la Ley de División Territorial de 1869 y por último pasó de ser parroquia rural a urbana en el año 2010.

De acuerdo al Estudio de impacto Ambiental y social realizado por HAZEN AND SAWYER, P.C. (enero 2015) indica que el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Guayaquil recorre 3,926 km con una cobertura al 70% del área de servicio y descargan a los ríos Daule-Guayas. En Guayaquil se genera aproximadamente 280,000 m<sup>3</sup> /día (3.24 m<sup>3</sup> /s) de aguas residuales domésticas durante la época seca, y 350,000 m<sup>3</sup> /día (4.05 m<sup>3</sup> /s) en la época lluviosa, aunque la parroquia San Pedro de Chongón todavía no cuenta con el servicio de disposición de las aguas residuales domésticas.

En este sector la disposición de aguas negras domésticas se realizan en los pozos sépticos, que consiste de un pozo en el que se almacena los sólidos sedimentables y flotantes del agua. Los pozos sépticos son comunes por su simplicidad de construcción además de ser más económicos pero suelen contaminar recursos hídricos debido a que la mayoría son contruidos de forma anti-técnica y contamina afluentes subterráneos debido a las filtraciones de pozos sépticos. Estos pozos no tratan las aguas servidas, sólo la almacena y en ciertos casos la parte líquida se filtra al terreno.

La ventaja de los pozos sépticos es que son económicos al no necesitar operador ni equipos y si se construye correctamente puede durar más de 20 años. Pero existe varias desventajas con son la poca efectividad en la eliminación de contaminantes (los niveles de DBO varía entre el 30% al 40% y de los sólidos suspendidos entre un 40% al 50%, además que generan lodos los cuales son necesarios ser extraídos

frecuentemente por medio de Hidro-Cleaners, también que provocan malos olores como desbordamiento debidos a que algunos pozos sépticos tienen poca capacidad de almacenamiento.

Los pozos que no son mantenidos correctamente causan graves impactos ambientales y de salud al no realizarse la transformación biológica de degradación teniendo un valor de contaminación muy alto, que pasas a las capas freáticas causando las llamadas enfermedades hídricas como la gastritis, hepatitis, cólera, etc.

### **2.1.2. Referencias de tesis internacionales y nacionales.**

Según (Naciph Mora, 2016) en su tesis titulada *Análisis de la calidad del agua del río San Pedro y propuesta de un tratamiento de agua* (pág. 8) indica que la mayoría de países en desarrollo, en especial las comunidades rurales, se enfrentan a la falta de recursos hídricos como posible fuente de agua para irrigación comunitaria. En base al análisis de calidad de agua y estimación de la demanda de agua de riego se determinó que este no puede ser utilizado para un proyecto de irrigación sin realizar previamente un tratamiento.

Basado en lo que indica (Guevara, 2017 - 2018) en su tesis "*Plan de gestión ambiental de las lagunas de oxidación del programa habitacional El Recreo, cantón Durán*" (pág. 6) el aumento poblacional y los distintos desechos provocan grandes impactos ambientales en los cuerpos de agua lo que hace disminuir la calidad de agua de los cuerpos hídricos por lo que se necesita planes que describan, identifiquen y generen medidas correctivas y preventivas para mitigar estos impactos y plantear una mejora eficiente en los procesos de este sistema de tratamiento de agua residuales.

Por la falta de un sistema tratamiento de aguas residuales óptimo se presenta el problema en el uso de agua contaminada es decir de aguas fluviales que tienen altos niveles de contaminación y aguas residuales crudas usadas para el riego cerca de las grandes ciudades en particular en zonas áridas y semiáridas. Esto lo hacen la mayoría de los agricultores que cultivan frutas y verduras para el mercado local debido a la pelea para obtener agua en cuencas fluviales que se encuentran asentadas las grandes ciudades. (Yarlequé, 2018).

De acuerdo a investigaciones indican que aproximadamente 2.100 millones de personas tienen instalaciones de saneamiento mejoradas desde 1990 pero casi 2.400

millones de personas aún no lo tienen y 1.000 millones todavía practican la defecación al aire libre (UNESCO, 2017)

Por la falta de sistemas de alcantarillado sanitario o saneamiento deficiente en barrios rurales provocan enfermedades diarreicas las cuales son la tercera causa de muerte entre menores de cinco años, es decir que aproximadamente más de 340.000 niños menores de cinco años mueren anualmente por este tipo de enfermedades. Son casi 1000 niños al día (OMS, 2016)

Además el desarrollo se entiende como una condición de vida social que cumpla las necesidades primordiales de las personas teniendo como es el de tener disponible agua de calidad y que posterior a su uso sea vertido sin contaminantes que alteren la dinámica del ciclo hidrológico y del. (Arzate, 2015).

### **2.1.3. Referencias de modelos análogos internacionales y nacionales.**

Debido a problemas de falta de alcantarillado Costa Rica invierte gran parte de los recursos a la expansión iniciando la construcción de la *Planta de Tratamiento Los Tajos* (2017) y se encuentra en proceso de conexión a muchas comunidades del país para aumentar su cobertura a nivel nacional con un *Plan nacional de inversión al 2045* que requerirá de una inversión de: \$6.224.000 (AyA, 2017)

Así mismo para agricultores de la provincia de Petorca, (Chile) se diseñó un proyecto basado en reutilización de aguas grises. Cada sistema de consta de 3 etapas de filtración: filtro primario, cámara de grasa y la creación de un humedal artificial que funciona como biofiltro lo cual permite recuperar hasta 50 litros de agua diarios por persona, los que luego son redirigidos a un sistema de riego por goteo con bombas alimentadas por energía solar beneficiando directamente a 63 familias e indirectamente a 3.800 personas. (Ministerio del Interior y Seguridad de Chile, 2017)

El innovador sistema de tratamiento de aguas residuales conocido como “*Sistema Tohá*” es una tecnología de tratamiento de aguas residuales creada y desarrollada por el Dr. José Tohá Castellá en el laboratorio de Biofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, y patentada por la Fundación para la Transferencia Tecnológica, UNTEC (Patente N° 40.754) a mediados de los años '90 la cual se está convirtiendo en una alternativa real para mejorar la calidad de vida en India en donde más de 400 millones de personas aún no cuentan con acceso a servicios higiénicos básicos.

Este sistema se basa en la utilización de un biofiltro que utiliza lombrices de la especie *Eisenia Foetida* (*lombriz roja californiana*). El primer proyecto se hizo para una de las comunidades más pobres de la ciudad (Villa Silua), que anterior al proyecto no contaba con servicios básicos. El segundo proyecto desarrollado fue para la Universidad de Sait, la cual permite tratar las aguas servidas provenientes de baños y cocinas a un total de 500 alumnos y docentes.

El tercer proyecto para otra Universidad en el país y hasta hoy existen 30 plantas de tratamiento para aguas cloacales y 60 para plantas de Residuos Líquidos Industriales instalados desde 1990 en varios lugares del mundo, como Argentina, Bolivia, Paraguay, México, Ecuador y Asia. El Sistema Tohá en India tiene previsto desarrollar al menos llegar a los mil proyectos para el 2020.

Más adelante se espera la llegada a Malasia y Filipinas. El proyecto en Ecuador, para contribuir al cuidado del medio ambiente, se construyó un sistema de tratamiento que destina las aguas residuales tratadas a un canal superficial en el Parque Nacional Yasuni beneficiando a 200 usuarios con un caudal de diseño de 30 m<sup>3</sup>/día. (Toha, s.f.)

Los tratamientos de aguas servidas domésticas son varios, esto depende del tipo de contaminación pueden incluir precipitación, neutralización, oxidación química y biológica, reducción, filtración, ósmosis, etc. En el caso de agua servida doméstica urbana, los tratamientos suelen incluir la siguiente secuencia:

- Pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario

**Pretratamiento.** En este paso se procura preparar el agua residual doméstica para el tratamiento, conservar la instalación de la erosión y taponamiento. En este paso se usan equipo como rejjas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

**Tratamiento primario o tratamiento físico-químico:** Se busca disminuir materia suspendida sea realizada por precipitación o sedimentación, se pueden usar o no reactivos, también puede efectuarse por medio de oxidación química.

**Tratamiento secundario o tratamiento biológico:** se usa para eliminar la materia orgánica disuelta. Se usan métodos físico-químicos fundamentan en la oxidación la materia orgánica sea aerobia o su anaerobia en digestores cerrados. Estos tratamientos

originan lodos que también deberán ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.

**Tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico:** en este punto se utilizan técnicas en la cual se busca mejorar las características antes de la disposición final. Si su uso es intenso puede conseguirse que el agua quede en los parámetros necesarios para el riego, uso en industrias hasta para una re potabilización de la misma.

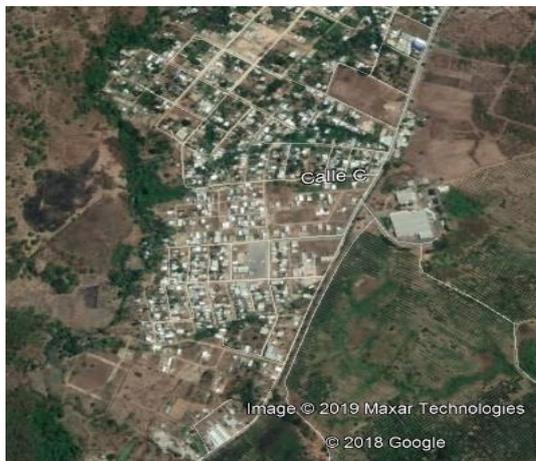
Para efecto de cálculo del caudal de aguas servidas domésticas se ha considerado el caudal promedio de agua potable (24.356,30 m<sup>3</sup>/mes) menos el 20% de desperdicio, evaporación y otras pérdidas técnicas, lo cual resulta en un caudal de 19.485,04 m<sup>3</sup>/mes, que representa a 138,72 l/habitante/día.

Para la elaboración del diseño se basa en las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de UNEN, EMAAP-Q, EMAPAP-Q e INTERAGUA. Adicionalmente estas normas se basan en la actualización y complementación de las “Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes” establecido en 1992 por el Código Ecuatoriano de la Construcción.

#### **2.1.4. Otros aspectos generales del sector de estudio.**

##### **Delimitaciones**

El estudio se realizará en sector de Colibrí 1 y Colibrí 2 perteneciente a La parroquia San Pedro de Chongón que pertenece al cantón Guayaquil, provincia del Guayas, ubicada en las coordenadas Planas UTM Norte: 9742070 / 9760470 y Este: 583390 / 611200.S en el Km. 24 de la Autopista Guayaquil-Salinas (Carretera E-40). (IGM)



**Figura 1.** Sector de estudio

**Fuente:** Google Earth pro

## **Demografía**

En el sector de Colibrí 1 y Colibrí 2 existen 1660 casas con una población aproximada de 4682 personas que no cuentan con redes de alcantarillado formales (2 a 3 personas por casa). (INTERAGUA, 2019) Posee de un clima tropical con una gran variedad de especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Coordenadas Planas UTM Norte: 9742070 / 9760470 y Este: 583390 / 611200. Coordenadas Geográficas: Latitud: S 2°20' / S 2°10' y Longitud: W 80°15' / W 80°0'.

## **Vías de acceso y transporte.**

Calle principal asfaltada y calles secundarias de tierra en condiciones regulares, existe la línea 140 más conocida como la “Chongonera” con dos recorridos, 140-1 recorre Av. Barcelona - Clemente Ballén hasta Chongón y la 140-2 que recorre desde la calle Cristóbal Colon - Huancavilca – Cuenca hasta Chongón con un tiempo estimado de 2 horas 18 minutos cada trayecto. (Índice de Transporte Público de Moovit)

## **Características de terreno.**

A simple vista se puede observar que el terreno tiene relieve ondulado y montañoso presenta rocas areniscas y arcillosas.

## **Producción:**

Posee buen suelo para cultivos por lo que se producen principalmente aguacate, cebolla, esparrago, melón, pepino, piña, uva y sandía.

## **Clima:**

El clima en Chongón se conoce como un clima de estepa local. Hay pocas precipitaciones durante todo el año. El clima aquí se clasifica como BSh por el sistema Köppen-Geiger.

## **Gastronomía:**

En Chongón se pueden degustar diversas variedades de platos típicos tales como: Maduro frito, fritada de carne de choncho, muchines de yuca, tortillas de verde y secos de pollo / gallina criolla / chivo

## **Turismo:**

El Mono de Chongón ícono ancestral al que los aborígenes adoraban porque creían que les daba suerte, predecía el clima y cumplía sus deseos al besarle la cola.

Celebraciones patronales y festividades: Principales fiestas.

- 3 de junio 1928, parroquialización de Juan Gómez Rendón (Progreso)
- 29 de Agosto 1841 Fundación de la Comuna San José de Amen
- 19 de marzo del patrono San José

Costumbres:

- Fiestas religiosas del patrono San José
- Fiestas de Parroquialización
- Fiestas comunales
- Rosario a la virgen María que apareció en el cementerio de la Parroquia
- Fiesta de San Pedro
- Peregrinación de Jesús del Gran Poder
- Baile Folklórico
- Palo encebado

Expresiones artísticas:

- La parroquia cuenta con Cantantes de música nacional, tecno cumbia y romántica. Además de dibujantes y diseñadores gráficos.

## **2.2. Marco Conceptual.**

### **2.2.1. Definiciones generales.**

- **Aerobio**

Proceso que se utiliza el oxígeno para la oxidación de una capa o estrato.

- **Adsorción.**

Paso por el cual algún líquido es atraído a otro material tanto por fuerzas físicas como químicas.

- **Afluente.**

Agua residual u otro líquido que ingrese a algún proceso de tratamiento.

- **Agua servida tratada.**

Agua servida tratada previamente antes de su disposición final en cuerpos de agua.

- **Agua servida.**

Agua residual no tratada de diferentes tipos de usuarios.

- **Ambiente.**

Sistema integrado por componentes naturales, sociales, elementos biofísicos, en interacción con el ser humano.

- **Biodegradable.**

Sustancia y materiales que se deshacen rápidamente por acción de organismos tales como bacterias y hongos.

- **Biofiltro.**

Filtros biológicos que utilizan materiales orgánicos e inorgánicos reteniendo materia orgánica que será consumida y degradada por la actividad microbiológica.

- **Bacterias.**

Microorganismos que se encuentran en aguas residuales.

- **Bacteria Coliforme.**

Bacterias que se alojan en los intestinos, también conocida como Escherichia Coli, su presencia en los análisis indica presencia de heces

- **Coagulación.**

Fase en la que pequeñas partículas suspendidas en el agua forman grupos grandes para sedimentarse con ayuda de sustancias coagulantes, los más usados son sales de aluminio o hierro, tales como sulfato de aluminio, el cloruro férrico y el sulfato férrico.

- **Coloides.**

Sólidos que no se sedimentan por gravedad, pero se pueden eliminar mediante coagulación, filtración o acción biológica.

- **Contaminación.**

Modificación física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos.

- **Cloro Activo.**

Cuantía de cloro que físicamente va a desinfectar el agua.

- **Cloro Residual.**

Cuantía de cloro que permanece en el agua después transcurrir un tiempo aproximado de 30 minutos de contacto con el agua a purificar.

- **Contaminación.**

Alteración negativa de un ecosistema.

- **Contaminante.**

Elementos, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, que dañen al ecosistema.

- **Conexión de alcantarillado sanitario.**

Es la instalación del predio con las instalaciones del servicio público de alcantarillado.

- **Decloración.**

Proceso en el que se remueve restos de cloro para que antes de su descarga deje de ser toxica para la vida acuática, usualmente se usan compuestos químicos como el dióxido de sulfuro, el sulfito de sodio.

- **DQO**

Cantidad de oxígeno necesario para que oxide la materia orgánica del agua, bajo agentes oxidantes, temperatura y tiempo

- **DBQ**

Cantidad de oxígeno usado por microorganismos en estabilización de materia orgánica biodegradable.

- **Daño ambiental.**

Alteración que produce efectos negativos al ambiente y afecta a las especies, la conservación y equilibrio de los ecosistemas.

- **Desecho.**

Residuo que se elimina por falta de utilidad.

- **Ecosistema.**

Sistema biológico constituido por seres vivos y medio natural que conviven con variables ambientales bióticas y abióticas de un área determinada.

- **Efluente.**

Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

- **Estepa**

Vegetación compuesta de plantas aisladas y adaptadas a la sequedad.

- **Impacto ambiental.**

Cambios causados al medio ambiente, pueden ser positivas, negativas, directas, indirectas, generadas por una actividad obra, proyecto público o privado.

- **Filtración.**

Proceso donde se eliminan las partículas y microorganismos a través de un manto poroso.

- **Floculación.**

Añadidura compuestos químicos de sales de aluminio y de hierro para formar flóculos, agregado insoluble que puede atraer a la materia orgánica coloidal y depositarse fácilmente.

- **Flóculos**

Acumulación de partículas suspendidas

- **Lodos.**

Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas.

- **Lodos Activados.**

Procedimiento biológico en ambiente químico aerobio, donde se retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

- **Lombricultura.**

Biotecnología que utiliza a una especie de lombriz domesticada.

- **Lombriz *Eisenia Foetida*.**

Conocida como lombriz roja californiana que recicla toda clase de materia orgánica.

- **Microorganismo Patógeno.**

Bacteria, virus u otros organismos de tamaño microscópico que causan enfermedades.

- **Nivel Freático.**

Zona inundada con agua subterránea que está ubicada debajo del nivel de terreno.

- **Neutralización.**

Proceso en la que una solución ácida o básica pasa a ser neutra

- **Oxidación.**

Conversión de materia orgánica en formas más simples y estables con liberación de energía. Esto se puede lograr con medios químicos o biológicos.

- **Oxidación biológica.**

Proceso mediante el cual los organismos vivos en presencia de oxígeno convierten la materia orgánica en una forma más estable o mineral.

- **Percolar.**

Acción por la que el agua atraviesa el suelo hacia abajo.

- **Permeabilidad.**

Capacidad de un material para transmitir un fluido.

- **Predio.**

Inmueble al cual se sirve las conexiones de alcantarillado sanitario.

- **Red intradomiciliaria.**

Conjunto de tuberías, accesorios y equipos que componen a un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales de un predio.

- **Riego por Aspersión.**

Es la aplicación del agua con la forma de lluvia en cantidades pequeñas para evitar que se empoce el agua en una zona seleccionada.

- **Sedimentación.**

Proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de gravedad. Asentamiento de los sólidos suspendidos en el agua.

- **Sistemas de tratamientos convencionales.**

Sistemas que involucran mecanización y se dividen a su vez según el tipo de cultivo que se trate, a saber cultivo fijo como biomasa adherida en forma de película en un medio de soporte, o cultivo suspendido biomasa. Estos pueden clasificarse como: 1) Cultivo Suspendido como Lodos activados en todas sus modalidades; 2) Lagunas Aireadas.

- **Sistemas de tratamientos no convencionales.**

No involucran mecanización. Dentro de este sistema no convencional se encuentra el Sistema con Biofiltro.

- **Solubilidad.**

La cantidad de masa de un compuesto que puede disolverse por unidad de volumen de agua.

- **SST**

Fracciones de sólidos totales retenidos en un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado en una temperatura específica.

- **SSV**

Sólidos que pueden ser incinerados o volatizados cuando los sólidos suspendidos totales son calcinados a temperaturas de  $500 \pm 50 \text{ C}^\circ$  la concentración de sólidos volátiles suele considerarse como una medida aproximada del contenido de materia orgánica

- **VF**

Sistema de filtración con materiales granulares y lombrices de tierra.

- **Zona marginal.**

Sector identificado con un nivel socio económico con ingresos bajos carente de infraestructura de servicios básicos (agua potable, alcantarillado sanitario y/o energía eléctrica)

### **2.2.2. Criterios de diseño y construcción.**

En base al marco del objetivo central, se presenta que el área urbana de la parroquia Chongón no tiene sistema de alcantarillado. Por otro lado se sugiere la posibilidad de llevar las aguas servidas domésticas de este sector a redes más cercanas el cual es el PTAR que pertenece a la Urbanización Olimpo, y la próxima en distancia está ubicada en Puerto Hondo.

Otra opción sería de mejorar la forma de construcción de manera óptima de los pozos sépticos pero esto no resolvería el problema debido a que es un sector que reside personas de nivel económico medio-bajo que no estarían dispuestas a eliminar los pozos mal construidos y volver a invertir sin que les importe la contaminación del subsuelo lo cual se ha considerado de elevada importancia.

Con los problemas identificados se muestra que una alternativa para superar el problema de contaminación y que sea sustentable sería la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario el cual recolecte las aguas servidas domésticas con un sistema de tratamiento propio.

**Tabla 2.**

*Posibles soluciones*

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1.- Construcción de una planta de tratamiento tradicional con Sistema Aerobio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tecnología convencional</li><li>• Aguas saneadas para verter en fuentes naturales de acuerdo a nivel permisible según normas ambientales</li></ul>	Soluciona problemas de contaminación en zonas de riegos y ríos
2.- Construcción de una planta de tratamiento ecológica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tecnología de lombrifiltro</li><li>• Aguas saneadas para verter en fuentes naturales de acuerdo a nivel permisible según normas ambientales</li><li>• No produce lodos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Menor contaminación</li><li>• Velocidad de procesamiento menor a la planta convencional con Sistema Aerobio</li></ul>

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

### **2.2.3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas aeróbico**

El objetivo de este tipo de tratamiento es obtener un contenido de oxígeno medio – alto para que los organismos puedan deponer la parte orgánica de los desecho a dióxido de carbono y agua en presencia de oxígeno. Este tipo de tratamiento no ha sido factible realizarla en pequeñas escalas utiliza procedimientos naturales para el tratamiento del agua residual.

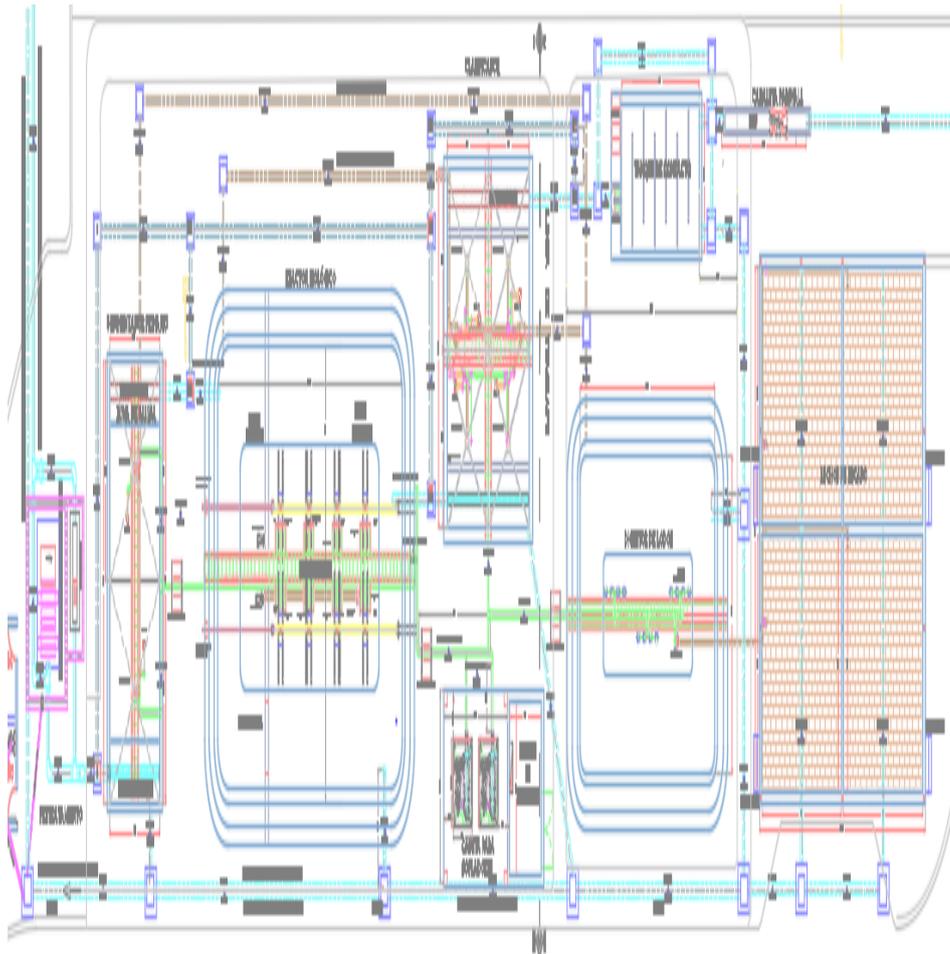
El tratamiento aeróbico se utiliza equipos de infusión y circulación de aire dentro de un tanque de tratamiento. Los sistemas aeróbicos emplean métodos más rápidas que lo cual proporcionan una mejor calidad del efluente, los mismos que pueden ser descargados sub-superficial por medio de la infiltración de tanques sépticos y en ocasiones dependiendo de los resultados, pueden ser descargados al suelo directamente.

#### **2.2.3.1. Descripción del proceso de tratamiento de la PTAR con reactor aerobio**

Un sistema de tratamiento biológico de lodos activados posee por lo general un proceso de nitrificación y desinfección. El efluente doméstico va a aportar con nutrientes (fuente de nitrógeno y fósforo) a las bacterias aerobias que se desarrollan en su respectivo reactor biológico. También se considera un tanque de clarificación

secundaria con un sistema de recirculación de lodos, accionado por aireación para mantener una biomasa de microorganismos constante en el reactor aerobio.

Al final del tratamiento, se ha considerado un tanque de desinfección con cloro. El exceso de lodos generados en el sistema de tratamiento se lo almacena en un digester, donde la biomasa de microorganismo se reduce y concentra, para finalmente ser descargada sobre un lecho de secado, donde los lodos se deshidratan y se retiran de forma mecánica para su disposición final.



**Figura 2.** Plano en planta del Sistema de la planta de tratamiento Aerobio de aguas residuales domésticas.

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

### **2.2.3.2. Componentes del sistema de la PTAR con reactor aerobio.**

Los componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas con reactor aerobio son:

- Sistema de filtrado y cribado
- Sedimentador Primario

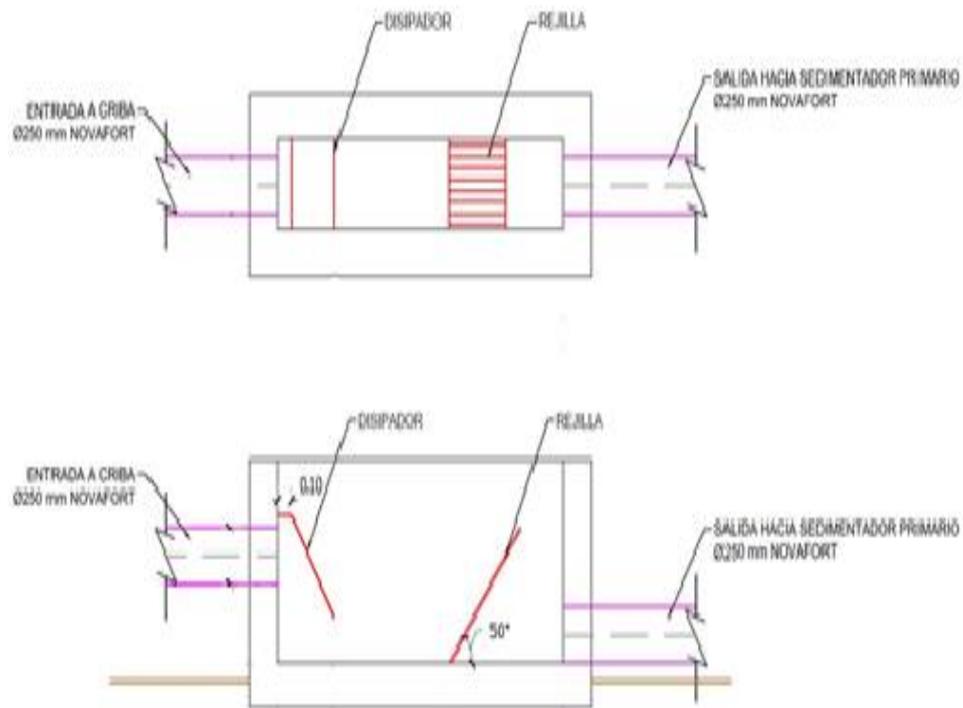
- Reactor Anóxico
- Reactor Aerobio de lodos activos
- Clarificador secundario Tanque de desinfección
- Digestor de lodos Lechos de secado

Se da a continuación una breve descripción de los elementos que componen el sistema de tratamiento.

### 2.2.3.2.1. Sistema de filtrado y cribado

El primer componente del tratamiento lo forman el sistema de filtrado y cribado; ambos componentes forman parte del proceso de pretratamiento de la planta.

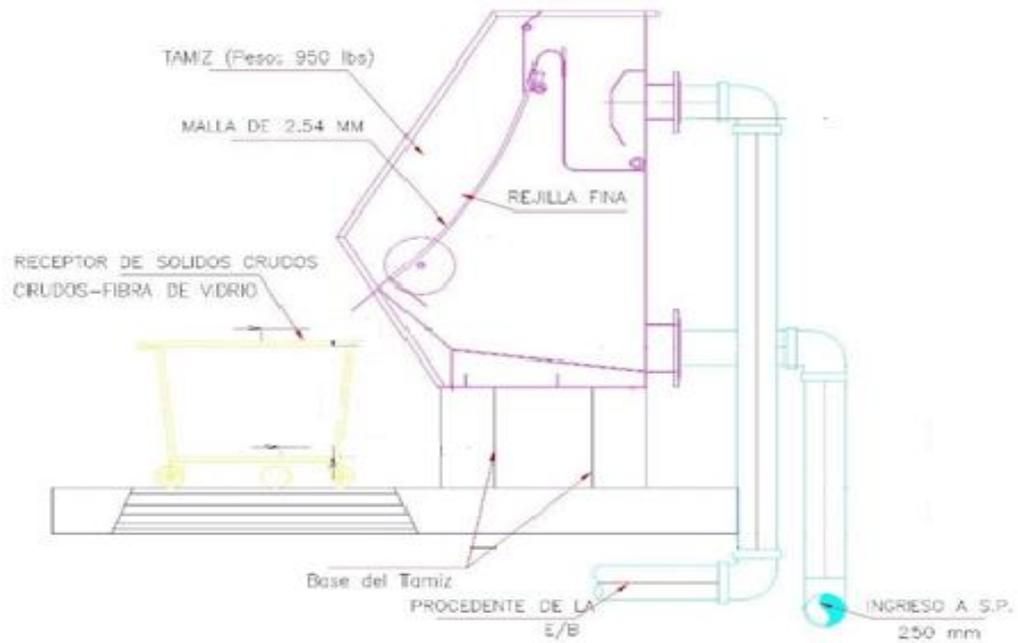
**Función:** El filtro auto-limpiante separará los sólidos finos y gruesos provenientes de la estación de bombeo de la planta para evitar afectaciones en el proceso de operación de la planta.



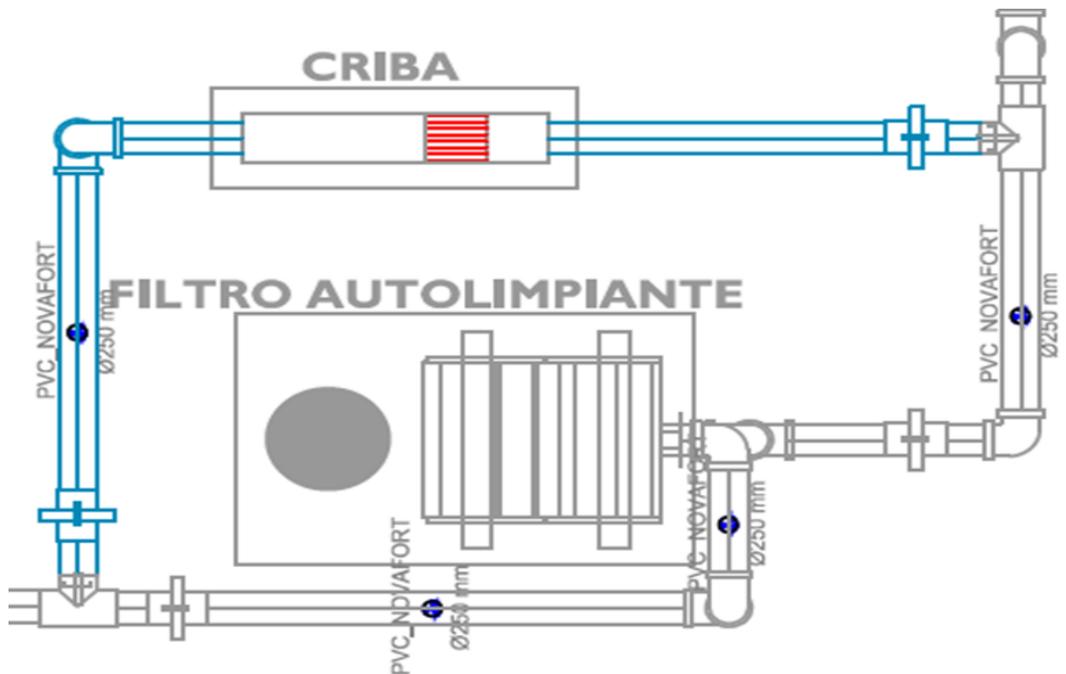
**Figura 3.** Secciones del canal de la criba

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

### 2.2.3.2.2. Filtro Auto-limpiante



*Figura 4.* Sección transversal del filtro, se ve el ingreso, salida y la malla donde se retendrán los sólidos.  
*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)



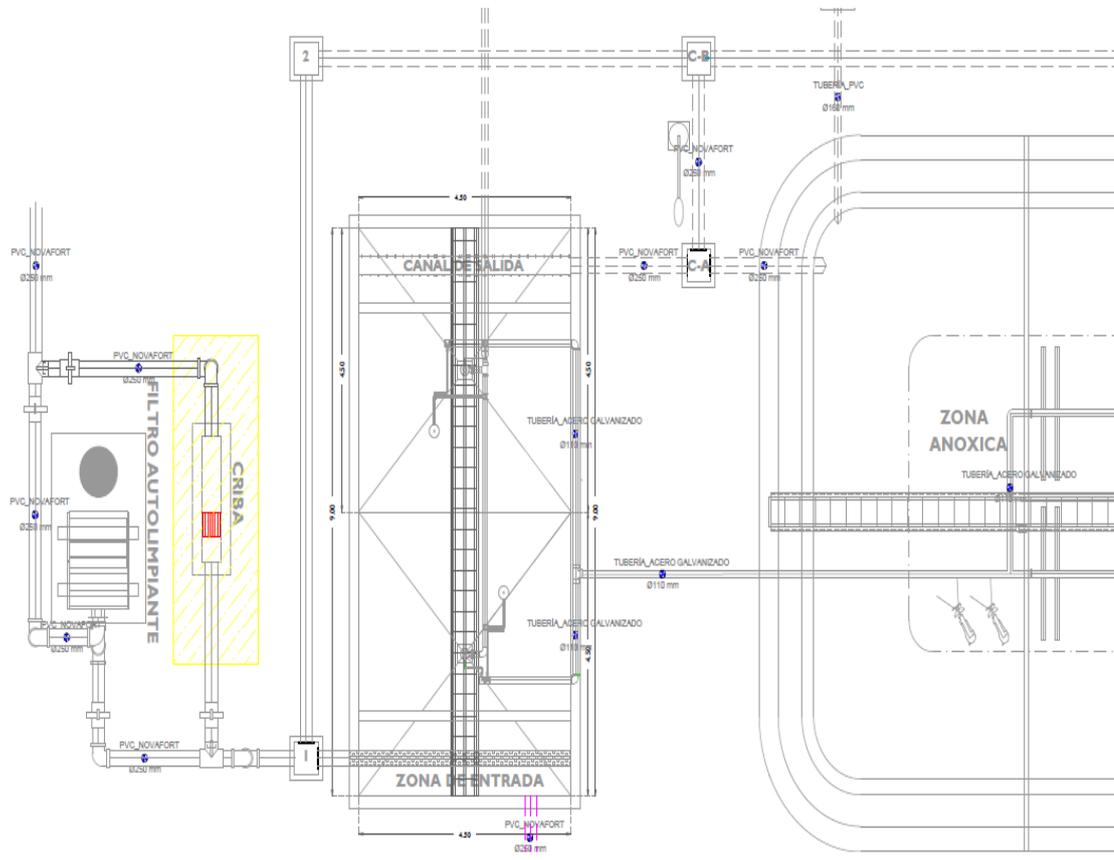
*Figura 5.* Pretratamiento  
*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

### 2.2.3.2.3. Sedimentador primario.

**Función:** Remoción rápida de residuos sólidos que se pueden sedimentar y retiro de materiales flotantes disminuyendo la cantidad de sólidos suspendidos. Se la emplea como parte de pre-tratamiento en el proceso integral del tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Elementos:

- Bafle de entrada y salida de agua
- Bomba airlift (2 u.)
- Desnatador o skimmer (2 u.)
- Vertedero de salida de agua clarificada
- Juego de válvulas para el control de flujo de aire



**Figura 6.** Sección transversal del Sedimentador primario.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

### 2.2.3.2.4. Reactor Anóxico

**Función:** El siguiente paso es la nitrificación-desnitrificación (NDN) que es la supresión del nitrógeno del agua residual. Es un proceso microbiológico, en el cual el

amonio es oxidado por bacterias autótrofas a nitrato en presencia de oxígeno y carbono inorgánico (nitrificación) y, a continuación, este nitrato es reducido por bacterias heterótrofas a nitrógeno molecular gas, en ausencia de oxígeno y presencia de carbono orgánico (desnitrificación).

El nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>) es un gas inerte, componente mayoritario de la atmosfera. Por tanto, la función del reactor anóxico, es ser el lugar donde ocurra la desnitrificación; es decir, la eliminación del nitrógeno.

Elementos:

- 2 Mezcladores sumergibles

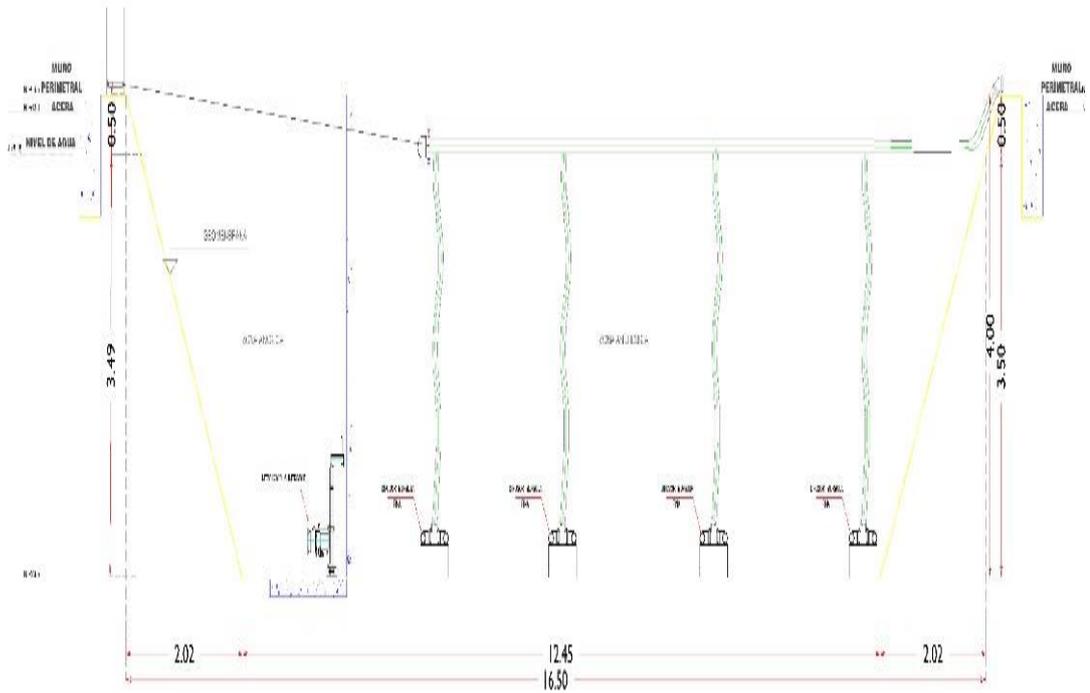
#### **2.2.3.2.5. Reactor aerobio de lodos activos**

**Función:** La función del reactor aerobio es degradar la carga orgánica presente en el agua residual por medio de la acción de bacterias aerobias, por lo que es fundamental la presencia de oxígeno en este componente, el cual es suplido por los blowers, a través de un sistema de difusores de burbuja fina instalados en el fondo del tanque.

En este reactor se produce también el proceso de NITRIFICACIÓN, por medio del cual, el amonio se oxida a nitratos. Las bombas neumáticas instaladas en el reactor aerobio, recirculan el agua con nitratos hacia el tanque anóxico, donde por ausencia de O<sub>2</sub>, se produce el proceso de DESNITRIFICACIÓN, por medio del cual se pierde nitrógeno, disminuyendo así, la concentración de este elemento en el efluente tratado.

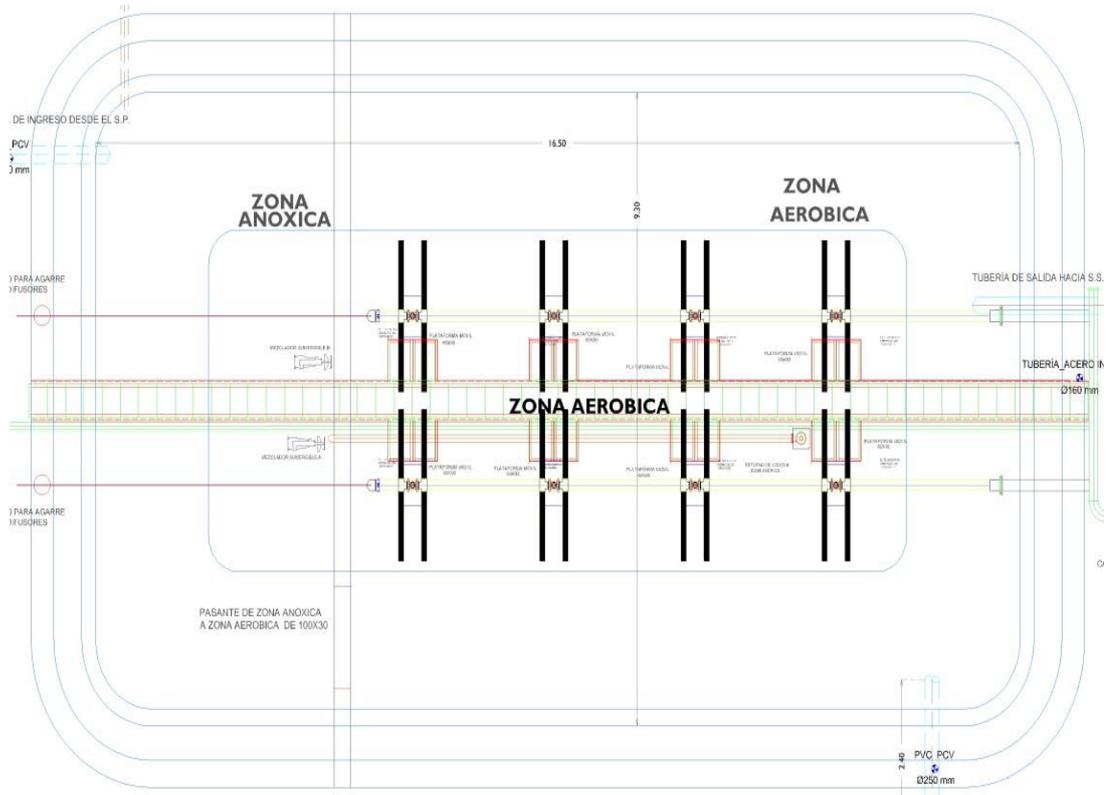
**Elementos:**

- Difusores de burbuja fina (32 u.)
- Bombas neumáticas de lodos tipo airlift (5 u.)
- Sistema de suministro de aire (2 Blowers)
- Juego de válvulas para el control de flujo de aire



**Figura 7.** Corte transversal del reactor aerobio.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)



**Figura 8.** Corte en planta del reactor aerobio.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

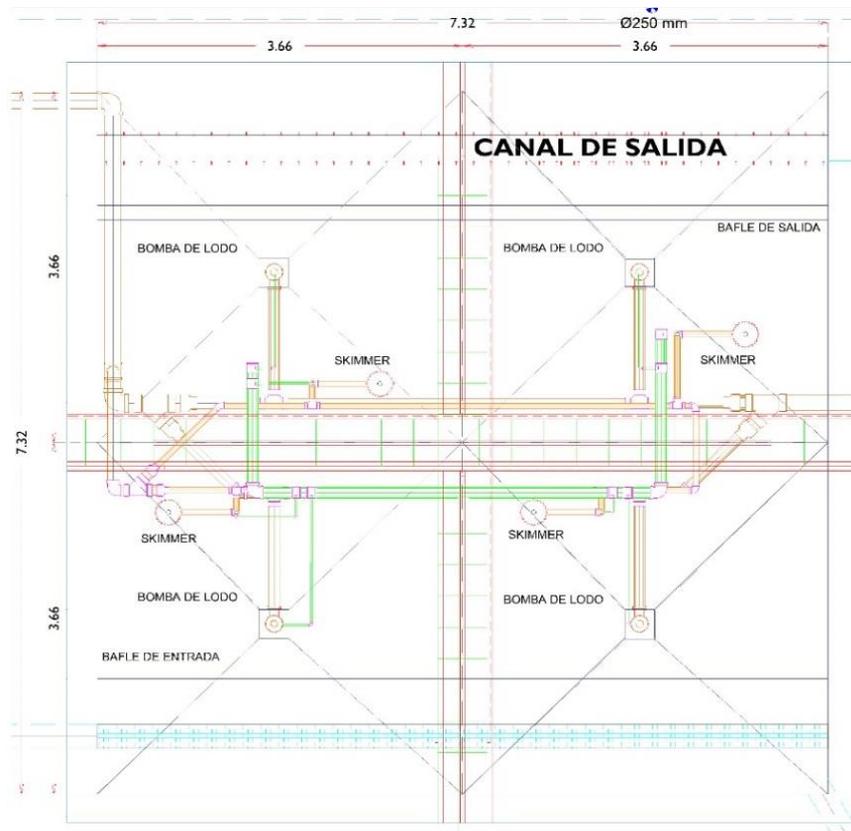
### 2.2.3.2.6. Clarificador secundario

**Función:** La función del clarificador secundario es sedimentar el lodo activo generado en el reactor aerobio, clarificando el efluente residual, el cual descarga a través del vertedero hacia el tanque de desinfección.

Los lodos sedimentados en el fondo del tanque se recirculan hacia el reactor anóxico (recirculación externa de lodos), a través de 4 bombas de lodos tipo airlift, con el fin de mantener una biomasa constante en el sistema de tratamiento. Natas y lodos flotantes contenidos en la superficie del clarificador retornan también al reactor aerobio por medio de un juego de skimmer.

#### **Elementos:**

- Baffle de entrada y salida de agua
- Bombas airlift (4 u.)
- Desnatadoras o skimmers (4 u.)
- Vertedero de salida de agua clarificada
- Juego de válvulas para el control de flujo de aire y flujo de lodos recirculados hacia el tanque anóxico



**Figura 9.** Clarificador secundario.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

### 2.2.3.2.7. Digestor de lodos

**Función:** Almacenamiento de lodos en exceso del sistema. Disminución de biomasa de lodos. Espesa lodos antes de purgar a lechos de secado. La planta cuenta con un solo tanque digestor.

Elementos:

- Bomba de lodos tipo airlift (1 u.)
- Difusores de burbuja gruesa (24 u.)

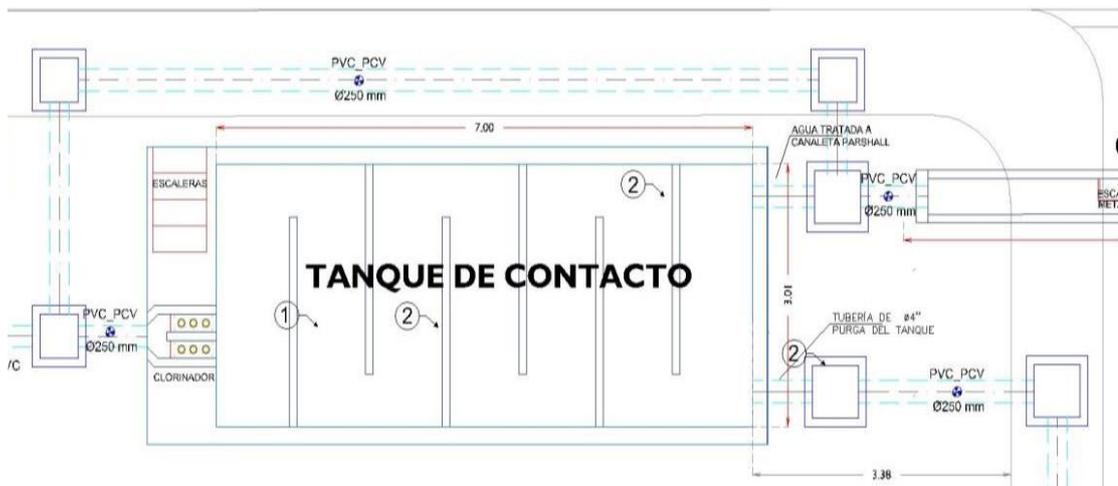
### 2.2.3.2.8. Tanque de desinfección

**Función:** Proporcionar el tiempo de retención requerido para que el cloro dosificado al agua tratada reaccione con los microorganismos patógenos y ocurra la eliminación de los mismos.

Al final del recorrido del agua por el tanque, ésta debe presentar valores de Coliformes fecales y cloro residual inferiores a los permitidos por la autoridad ambiental; es decir, menores que 2000 NMP/100 ml en el caso de los Coliformes fecales y 0,5 mg/L en el caso de cloro residual.

Elementos:

- Alimentador Tri-Max comprimido se utiliza para aplicar tabletas de productos químicos secos a grandes flujos de agua y de aguas residuales (2 u.)



**Figura 10.** Tanque de desinfección.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

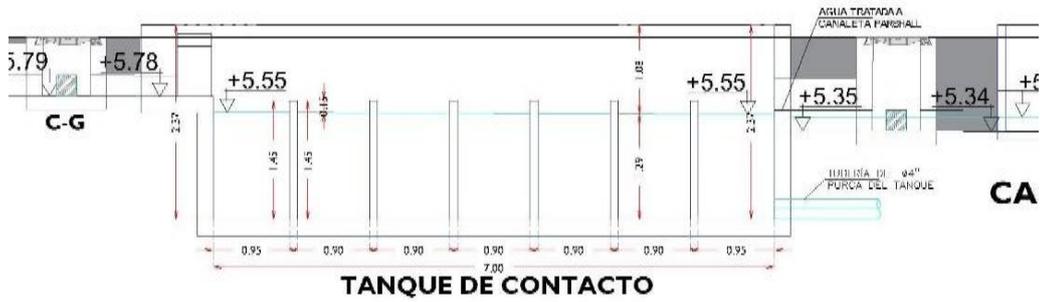


Figura 11. Corte transversal del tanque de desinfección

Elaborado por: Sánchez & Yungaicela (2020)

### 2.2.3.2.9. Lechos de secado

**Función:** Deshidratar lodos en exceso almacenados en el digestor de lodos.

Elementos:

- Eras de secado (4 u.)
- Área aproximada 140 m<sup>2</sup>



Figura 12. Corte transversal y plano de los lechos de secado.

Elaborado por: Sánchez & Yungaicela (2020)

#### 2.2.4. Sistema de tratamiento Biofiltro (lombrices californianas)

El objetivo primordial de este es de eliminar nutrientes de un agua residual doméstica con un biofiltro, que en esencia degradan la materia orgánica con la ayuda de las lombrices de tierra, la cual origina la estabilización del este sistema. Además que al pasa por el preceso digestivo de las lombrices se obtiene efecto cualitativo y cuantitativo en la agrupación microbiana causando la reducción de proteobacterias, y un aumento en la de Nitrospira.

Es un sistema de bajo costo en comparación de los sistemas de tratamientos aerobios de aguas residuales domésticas convencionales, no se producen lodos ya que las lombrices de tierra actúan como un biofiltro, además que las lombrices de tierra actúan en la aireación e infiltración del suelo y dan materia orgánica para otros organismos del suelo.

#### 2.2.5. Descripción del proceso de tratamiento Biofiltro con lombrices californianas (*Eisenia Foetida*)

El tratamiento de aguas servidas doméstica con biofiltro comienza al receptor la agua cruda en el desarenador en el cual los sólidos suspendidos se retienen, esta agua es dirigida por gravedad a un pozo de succión la cual, con bombas serán esparcidas en el lombrifiltro a través de aspersion. En este filtro retiene casi todos los contaminantes de distintos materiales.

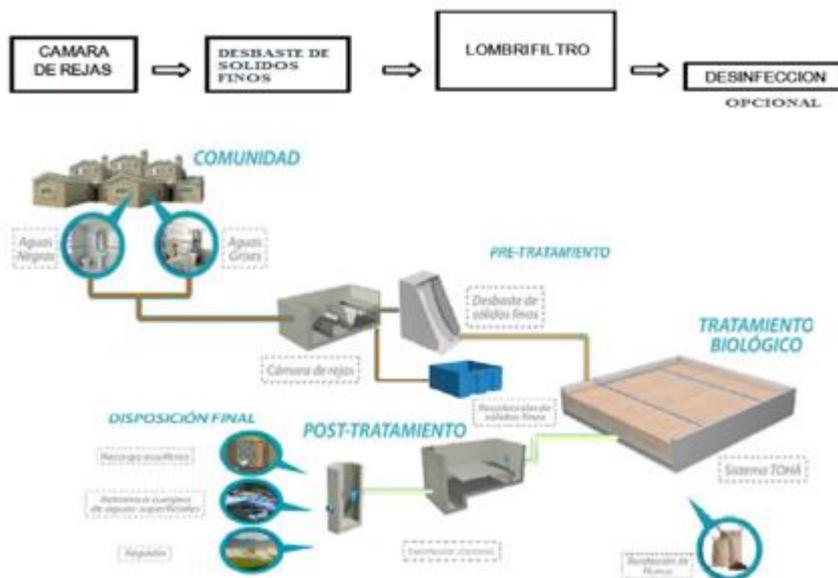


Figura 13. Representación del tratamiento con biofiltro

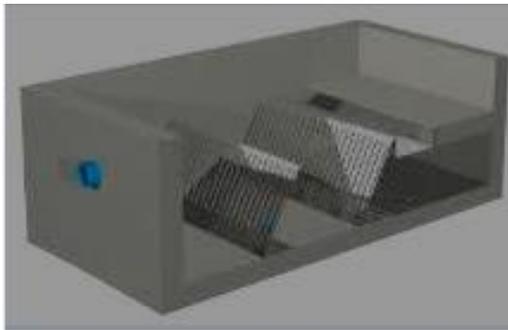
Fuente: Sistema Tohá, Chile.

Este sistema puede realizarse el riego de manera manual o automático, el riego manual usa la misma estructura hidráulica pero será necesario de un trabajador destinado activar el sistema dependiendo de las características y función del biofiltro. El riego automático es un riego programado durante periodos del día y elimina la necesidad de operadores, lo cual disminuye algún tipo de error humano y es más eficaz.

## **2.2.6. Componentes del sistema de tratamiento con Biofiltro**

### **2.2.6.1. Cámaras de Rejas de limpieza manual**

La cámara de rejas o canastillo tamiza las servidas domésticas para no permitir que ingres materiales como plásticos, basuras, etc.



*Figura 14.* Corte transversal de cámara de rejas.

*Fuente:* Sistema Tohá, Chile.

### **2.2.6.2. Trampa de grasas**

Para (Americas, 2017) se recomienda las siguientes especificaciones para el diseño de la trampa de grasa:

- La relación largo/ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendido entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad deberá ser mayor a 0,80 m y menor a 2.00 m.
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser mayor 0,30 m.
- La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento o desalojo de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual deberá estar a 0,05 m por encima del nivel de agua.
- Para caudales inferiores a 1l/s, el volumen máximo de tanque será de 2m<sup>3</sup>.

- El tiempo de retención hidráulico será menor a 45 minutos y permitirá regular un caudal constante a través de todo el sistema consecuente.



**Figura 15.** Trampa de grasas.

**Fuente:** Arquitectura, SA de CV.

### 2.2.6.3. Lombrifiltro

Posterior al paso por el desbaste de finos el agua residual doméstica es conducida al lombrifiltro, habitualmente se construye con hormigón armado, debe tener un fondo mínimo 1 metro, el ancho y el largo dependen de la cantidad de agua residual doméstica a tratar donde esta escurre por gravedad.

Esta combinado por un medio filtrante y un soporte, una capa de humus que contiene a las lombrices de la especie *Eisenia Foetida*. El biofiltro está compuesto por tres franjas:

- Aserrín o viruta (debajo del humus),
- Ripio o grava
- Bolones.

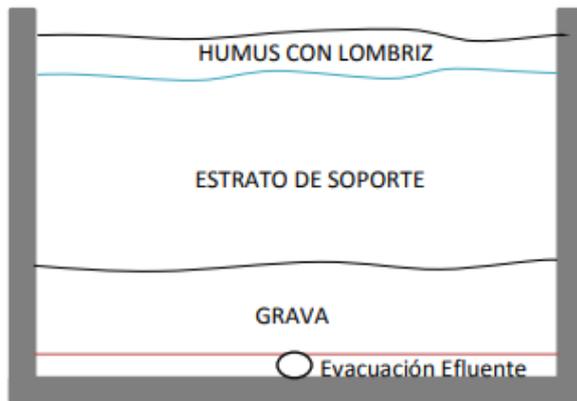
**La primera capa, el aserrín o viruta**, deben tener un grosor mínimo de 25 cm. para conseguir un área operativa indispensable para que la lombriz realice la limpieza adecuada de las aguas residuales y sirve como comestible a las lombrices si el caudal no es idóneo.

**La segunda franja** está formada por ripio o grava y la tercera capa serán piedras bolas con una dimensión de 25 cm., los bolones se colocan en la parte de abajo y las más pequeñas en la parte superior como desfogue y ventilación del sistemas, además que al pasar el tiempo se formaran floras bacterianas que digerirán el restante de materia orgánica del agua que no fuera absorbida en las otras capas.

Entre las franjas de aserrín y arena se coloca una malla para separar y retener el aserrín y las lombrices. Debajo de la última capa tendrá un fondo falso con una

pendiente que debe ser mínimo de 1% en el cual fluye el agua tratada hacia un canal de salida que deberá tener mínimo de pendiente 0.50%.

Este *fondo falso* además de soportar las capas del soporte y el estrato del filtro tiene la finalidad recolectar el agua filtrada. En la parte interna del lombrifiltro se colocan tubos que sobresalen 20 cm. de estrato filtrante que tienen la finalidad de que se ventile el fondo falso y la capa inferior.



**Figura 16.** Capas del biofiltro.

**Fuente:** A.V.F. Ingeniería Ambiental.

#### **2.2.6.3.1. Lombrices de tierra (*Eisenia Foetida*)**

Es nativa de Europa actualmente existen millones en Norteamérica y en Asia occidental, su tamaño suele medir entre 7 u 8 centímetros. Su cuerpo tiene fracciones llamados metámeros o anillos que están cubiertos pequeñas cerdas que utilizan como aparato de aferre durante el desplazamiento, desalojar y escarbar la tierra.



**Figura 17.** Lombriz Roja Californiana

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

Ésta especie son de fácil adaptación al confinamiento, viven aproximadamente más de quince años y no adquiere o pasa enfermedades. Hermafroditas pero no se auto fecundan sino que procrean por medio de la cópula aproximadamente cada 7 o 10 días, posterior a la copula cada lombriz. Luego cada individuo pone un huevo de alrededor de 2 mm en el terreno, después de la incubación de toma un tiempo de 14 a 21 días (el tiempo dependerá del pH, humedad y temperatura) surgieran de 2 a 6 lombrices alimentación y condiciones ambientales.

El hábitat óptimo para la lombriz debe tener una temperatura que oscilan en los 15° a 24° C, pH neutro 6.5 - 7.5; oxígeno; materia orgánica; baja luz y humedad disponible. Este último factor es de mucha importancia debido a que ejerce influencia para la reproducción. El ambiente más favorable es entre el 70% - 80% de humedad en caso de existir humedad mayor al 85% afecta la elaboración de humus o por lo contrario si la humedad es menor de 70% es una condición desfavorable que las llevara a la muerte.

La lombriz acepta sustratos con pH de 4.5 a 8.5. Fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Con un pH ácido en el sustrato (< 7) se desarrolla una plaga llamada Planaria (S.C.I.C.). Son color gris rojizo aunque en ocasiones tienen diferentes tonalidades partes del cuerpo pero generalmente son de un solo color de rojo pálido que cambian desde rosa a castaño claro. (Geographic, 2015)

La alimentación esencial de las lombrices *Eisenia Foetida* son porciones orgánicas que existe en la tierra que engulle y que luego excreta, generando excrementos los cuales tienen altos beneficios para la agricultura debido a que ventilan la tierra por los pequeños túneles que hacen al momento de excavar el suelo húmedo además de tener un gran beneficio de regeneración. (Edukativos, 2016)

Se las encuentran en terrenos húmedos, evitan la luz y se nutren de sustancias inorgánicas y restos orgánicos vegetales y animales en descomposición, por lo que son excelentes recuperadores de los suelos (Geographic, 2015)

Tienen la capacidad de alojar a millones de microbios descomponedores. Su cuerpo contiene 65% de proteína, 16% de grasa, 16% carbohidratos y 3% de cenizas. La distribución de las lombrices *Eisenia Foetida* dependerá de factores como la humedad del suelo, la disponibilidad de materia orgánica y el pH. (Sinha, 2018). Son tolerables a la salinidad moderada y a los productos químicos tóxicos en el medio ambiente.

Tienen bioacumulación de dioxinas en los tejidos, como también se ha comprobado que soportan altas concentraciones de metales pesados. (Sinha, 2018; Sinha, 2018)

Las principales características que las hacen idóneas para ser utilizadas en los sistemas son las siguientes:

- Son ubicuas y colonizan diversos residuos orgánicos de forma natural.
- Toleran amplios rangos de temperaturas y humedad
- Son fuertes, resistentes y fáciles de manejar.
- Poseen una elevada tasa de reproducción.
- Son colonizadoras efectivas de todo tipo de ambientes ricos en materia orgánica, pudiendo reemplazar a alguna de las especies nativas ya establecidas.
- Viven en cautiverio sin fugarse de su lecho, independientemente de las condiciones de clima y altitud.
- Migran con mucha velocidad y frecuencia con lo que evita que se produzcan malos olores, con lo cual evita que proliferen moscas u otros insectos similares.
- Consumen diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso. (SECRETARIA DE AGRICULTURA, 2016)

#### **2.2.6.4. Mantenimiento del sistema de Biofiltro.**

El mantenimiento del Biofiltro es fundamental para que funcione correctamente, es necesario:

- Extraer los sólidos que han sido retenidos en la canastilla, lo cual es recomendable hacerlo por lo menos una vez por semana, aunque si fuera necesario se puede aumentar la periodicidad.
- Se recomienda usar una horqueta para mover la vida que este más superficial con el fin de tener mejor filtración y evitar que se estanque el aguas, por lo menos una vez por semana.
- Mantener la saturación homogénea y controlada para no hacer perder la efectividad del biofiltro.
- Retirar la parte del filtro en la cual se encuentre algún crecimiento de planta.
- Incrementar cada 4 meses la capa de aserrín.
- Mantener limpios los regadores.

#### **2.2.6.5. Desinfección**

Es una fase del tratamiento por si es necesario para obtener mejor resultados en la limpieza del agua residual, se puede utilizar luz ultravioleta, ozono o cloro que eliminan patógenos que no hayan sido descompuestos del agua tratada. El agua tratada se conduce y descarga al afluente, pudiendo ser por medio de un canal artificial sin capa de hormigón.

#### **2.2.6.6. Desecho final (humus)**

El humus es el excremento de las lombrices, que es el 60% de la cantidad de alimento consumido por la lombriz, es un abono orgánico con una riqueza en flora bacteriana de prácticamente el 100% ( $2 \times 10^{12}$  colonias/gr.) con 2 billones de colonias de bacterias vivas y activas por gramo de humus producido con alto valor nutritivo (AGROFLOR, 2017)

El aspecto es similar a la tierra, suave, granulado e inodoro con altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micro elementos en cantidades al menos cinco veces superiores a las de un buen terreno fértil. Posee un pH neutro, lo cual se atribuye a la segregación de iones de calcio por las glándulas calcíferas de las lombrices y su uso en forma excesiva no daña ni quema las plantas como es el caso de los fertilizantes químicos (AGROFLOR, 2017)



*Figura 18.* Humus

*Fuente:* Lombricultura S.C.I.C

## 2.3. Marco Legal.

### 2.3.1. Leyes.

De acuerdo a la pirámide de Kelsen aplicada al Ecuador tenemos:



**Figura 19.** Pirámide de Kelsen

**Fuente:** Legislacion7 - blogspot.com

#### 2.3.1.1. Constitución de la República del Ecuador

Constitución de la República del Ecuador (2008) los siguientes artículos envuelven al medio ambiente:

Art. 14.- [Derecho a un ambiente sano].- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

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

Art. 15.- [Uso de tecnologías limpias y no contaminantes].- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

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

Art. 72.- [Derecho a la restauración].- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

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

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

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 396.- [Políticas, responsabilidad y sanción por daños ambientales].- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño.

En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Art. 397.- [Compromiso del Estado en caso de daños ambientales].- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Art. 404.- [Gestión del patrimonio natural del Ecuador].- El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción. Su gestión se sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo al ordenamiento territorial y una zonificación ecológica, de acuerdo con la ley.

Art. 411.- [Uso y aprovechamiento del agua].- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

Art. 413.- [Biosfera, ecología urbana y energías alternativas].- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y

que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. [...]

### **2.3.1.2. Código Orgánico del Ambiente**

Art. 4.- Disposiciones comunes. Las disposiciones del presente Código promoverán el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los cuales son inalienables, irrenunciables, indivisibles, de igual jerarquía, interdependientes, progresivos y no se excluyen entre sí.

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende: (...)

4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico;

5. La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración;

6. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales;

### **TITULO III RÉGIMEN DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL**

Art. 10.- De la responsabilidad ambiental. El Estado, las personas naturales y jurídicas, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, tendrán la obligación jurídica de responder por los daños o impactos ambientales que hayan causado, de conformidad con las normas y los principios ambientales establecidos en este Código.

Art. 11.- Responsabilidad objetiva. De conformidad con los principios y garantías ambientales establecidas en la Constitución, toda persona natural o jurídica que cause daño ambiental tendrá responsabilidad objetiva, aunque no exista dolo, culpa o negligencia.

## **TITULO II**

### **SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL**

#### **CAPITULO I**

##### **DEL RÉGIMEN INSTITUCIONAL**

Art. 161.- Criterios y normas técnicas. La Autoridad Ambiental Nacional, deberá dictar y actualizar periódicamente los criterios y normas técnicas que garanticen la calidad ambiental y de los componentes bióticos y abióticos, así como los límites permisibles; para ello coordinará con las autoridades nacionales competentes.

#### **CAPITULO V**

##### **CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS**

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia.

Art. 197.- Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 198.- Monitoreo y seguimiento de la calidad de sedimentos. La Autoridad Ambiental Nacional o los Gobiernos Autónomos Descentralizados Competentes, según corresponda, realizarán el seguimiento y monitoreo de la calidad ambiental por

medio del análisis de sedimentos, de conformidad con las normas técnicas expedidas para el efecto.

### **2.3.1.3. Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente**

#### **CAPÍTULO I DE LAS ÁREAS NATURALES**

Art. 168.- El establecimiento del sistema de áreas naturales del Estado y el manejo de la flora y fauna silvestres, se rige por los siguientes objetivos básicos:

- a) Propender a la conservación de los recursos naturales renovables acorde con los intereses sociales, económicos y culturales del país;
- b) Preservar los recursos sobresalientes de flora y fauna silvestres, paisajes, reliquias históricas y arqueológicas, fundamentados en principios ecológicos;
- c) Perpetuar en estado natural muestras representativas de comunidades bióticas, regiones fisiográficas, unidades biogeográficas, sistemas acuáticos, recursos genéticos y especies silvestres en peligro de extinción;
- d) Proporcionar oportunidades de integración del hombre con la naturaleza; y,
- e) Asegurar la conservación y fomento de la vida silvestre para su utilización racional en beneficio de la población.

#### **CAPITULO IV DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES**

Art. 27.- **Objetivo.-** Los estudios ambientales sirven para garantizar una adecuada y fundamentada predicción, identificación, e interpretación de los impactos ambientales de los proyectos, obras o actividades existentes y por desarrollarse en el país, así como la idoneidad técnica de las medidas de control para la gestión de sus impactos ambientales y sus riesgos; el estudio ambiental debe ser realizado de manera técnica, y en función del alcance y la profundidad del proyecto, obra o actividad, acorde a los requerimientos previstos en la normativa ambiental aplicable.

Art. 28.- **De la evaluación de impactos ambientales.-** La evaluación de impactos ambientales es un procedimiento que permite predecir, identificar, describir, y evaluar los potenciales impactos ambientales que un proyecto, obra o actividad pueda ocasionar al ambiente; y con este análisis determinar las medidas más efectivas para prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos ambientales negativos, enmarcado en lo establecido en la normativa ambiental aplicable. Para la evaluación

de impactos ambientales se observa las variables ambientales relevantes de los medios o matrices, entre estos: a) Físico (agua, aire, suelo y clima); b) Biótico (flora, fauna y sus hábitat); c) Socio-cultural (arqueología, organización socioeconómica, entre otros); Se garantiza el acceso de la información ambiental a la sociedad civil y funcionarios públicos de los proyectos, obras o actividades que se encuentran en proceso o cuentan con licenciamiento ambiental.

## **CAPITULO V DE LA PARTICIPACIÓN SOCIAL**

Art. 44.- De la participación social.- Se rige por los principios de legitimidad y representatividad y se define como un esfuerzo de las Instituciones del Estado, la ciudadanía y el sujeto de control interesado en realizar un proyecto, obra o actividad. La Autoridad Ambiental Competente informará a la población sobre la posible realización de actividades y/o proyectos, así como sobre los posibles impactos socio-ambientales esperados y la pertinencia de las acciones a tomar. Con la finalidad de recoger sus opiniones y observaciones, e incorporar en los Estudios Ambientales, aquellas que sean técnica y económicamente viables. El proceso de participación social es de cumplimiento obligatorio como parte de obtención de la licencia ambiental.

Art. 50.- Responsabilidad extendida.- Los productores o importadores, según sea el caso, individual y colectivamente, tienen la responsabilidad de la gestión del producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de los mismos, así como los relativos al uso y disposición final de estos luego de su vida útil. La Autoridad Ambiental Nacional, a través de la normativa técnica correspondiente, establecerá los lineamientos en cuanto al modelo de gestión que se establecerá para el efecto.

## **PARÁGRAFO VII DEL TRATAMIENTO**

Art. 74.- Del tratamiento.- Los generadores, empresas privadas y/o municipalidades en el ámbito de sus competencias son responsables de dar un adecuado tratamiento a los residuos sólidos no peligrosos. El tratamiento corresponde a la modificación de las características de los residuos sólidos no peligrosos, ya sea para incrementar sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana, previo a su disposición final. Para el tratamiento de residuos y/o

desechos sólidos no peligrosos se pueden considerar procesos como: mecánicos, térmicos para recuperación de energía, biológicos para el compostaje y los que avale la autoridad ambiental. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán proponer alternativas de tratamiento de residuos orgánicos, para así reducir el volumen de disposición final de los mismos. Además, deberán proponer tecnologías apropiadas para el aprovechamiento de residuos para generación de energía, mismas que deberán contar con la viabilidad técnica previo su implementación.

## **PRODUCCIÓN LIMPIA, CONSUMO SUSTENTABLE Y BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES**

Art. 232.- Consumo Sustentable.- Es el uso de productos y servicios que responden a necesidades básicas y que conllevan a una mejor calidad de vida, además minimizan el uso de recursos naturales, materiales tóxicos, emisiones de desechos y contaminantes durante todo su ciclo de vida y que no comprometen las necesidades de las futuras generaciones.

### **LIBRO VI ANEXO 1**

4.1.4 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma. Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación:

**Tabla 3.***Parámetros de Calidad admisible para uso en actividades agrícolas.*

Criterios de Calidad Admisibles para Uso Agrícola			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico Total	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,10
Boro Total	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes Fecales	Nmp/100ml		1000,0
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,10
Flúor	F	mg/l	1,00
Hierro	Fe	mg/l	5,00
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso	Mn	mg/l	0,20
Materiales Flotantes	Visible		Ausencia
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,20
Plomo	Pb	mg/l	5,00
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0,02
Zinc	Zn	mg/l	2,00

*Fuente:* CODIGO ORGANICO AMBIENTAL LIBRO VI, ANEXO 1 (2019)

Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado.

**Tabla 4.**

*Parámetros para uso en Riego.*

<b>PARAMETROS DE LOS NIVELES DEL AGUA PARA RIEGO</b>				
PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN *		
		Ninguno	Ligero -Moderado	Severo
<b>Salinidad: (1)</b>				
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7 - 3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450 - 2000	>2000
<b>Infiltración: (4)</b>				
RAS = 0 - 3 y CE		0,7	0,7 - 0,2	<0,2
RAS = 3 - 6 y CE		1,2	1,2 - 0,3	<0,3
RAS = 6 - 12 y CE		1,9	1,9 - 0,5	<0,5
RAS = 12 - 20 y CE		2,9	2,9 - 1,3	<1,3
RAS = 20 - 40 y CE		5,0	5,0 - 2,9	<2,9
<b>Toxicidad por ion específico: (5)</b>				
- Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)		3,0	3,0 - 9,0	>9
Aspersión	meg/l	3,0	3	
- Cloruros:				
Irrigación superficial	meg/l	4,0	4,0 - 10,0	>10
Aspersión	meg/l	3,0	3	
- Boro	mg/l	0,7	0,7 - 3,0	>3
<b>Efectos misceláneos: (7)</b>				
- Nitrógeno (N-NO3)	mg/l	5,0	5,0 - 30,0	>30
- Bicarbonato (HCO3)	meg/l	1,5	1,5 - 8,5	>8,5
pH	Rango Normal		6,5 - 8,4	

\* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos

(2) CE = Conductividad eléctrica del agua de riego (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm)

(3) SDT = Sólidos disueltos totales

(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos

(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada

(7) Afecta a los cultivos susceptibles

*Fuente:* CODIGO ORGANICO AMBIENTAL LIBRO VI, ANEXO 1 (2019)

4.2.2.3 Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación

**Tabla 5.**

*Límites de Descarga al sistema de alcantarillado público*

Límites de Descarga al sistema de alcantarillado público			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	solubles en	mg/l	50,0
Explosivos o infla	Sustancias	mg/l	0,0
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b>
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico Total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,0
Cianuro Total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Compuestos Fen	Fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalen	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	250,0
Demanda Química	D.Q.O.	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hierro Total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Tc	TPH	mg/l	20,0
Manganeso Tota	Mn	mg/l	10,0
Materia Flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,0
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados Totales	Concentración de Organofosforad	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Solidos Sedimentables		mg/l	20,0
Solidos Suspendidos Totales		mg/l	220,0
Solidos Totales		mg/l	1600,0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	400,0
Sulfuro de Carbono	Sulfuro de Carbon	mg/l	1,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		<45
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul	mg/l	2,0
Tetracloruro de C	Tetracloruro de Carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Zinc	Zn	mg/l	10,0

Fuente: CODIGO ORGANICO AMBIENTAL LIBRO VI, ANEXO 1 (2019)

4.2.3.7 Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación

**Tabla 6.**

*Parámetros para descargar en agua dulce.*

Límites de Descarga a un Cuerpo Dulce			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30,00
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b>
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico Total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro Total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,10
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1000,00
Cobre	Cu	mg/l	1,00
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100ml	mg/l	Remoción > al 99,9%
Color Real	Color Real	Unidades de color	Inapreciables en dilución: 1/20
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	50,0
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	100,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro Total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de P	TPH	mg/l	20,0
Manganeso Total	Mn	mg/l	2,0
Materia Flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Organoclorados Totales	Concentración de Organoclorados Totales	mg/l	0,1
Organofosforados Totales	Concentración de Organofosforados Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	5 - 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	80,0
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	1000,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		<35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de	mg/l	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	mg/l	1,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: CODIGO ORGANICO AMBIENTAL LIBRO VI, ANEXO 1 (2019)

#### **2.3.1.4. Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental**

Según la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (2004) los siguientes artículos envuelven al medio ambiente:

Art. 4.- Será responsabilidad de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, en coordinación con otras Instituciones, estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

Art. 8.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

#### **2.3.1.5. Ley de Gestión Ambiental**

Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 21.- Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos, el Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

Art. 23.- La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

- a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada.
- b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución.
- c) La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

#### **2.3.1.6. Ordenanzas municipales.**

##### **Ordenanza que regula la aplicación del subsistema de manejo ambiental, control y seguimiento ambiental en el cantón Guayaquil (Expedida el 29/11/2017)**

La Ley Orgánica de Régimen Municipal (LRM), publicada en la Gaceta Oficial No. 71 del 29 de noviembre del 2017 define como autónomas a las corporaciones edilicias y establece entre sus responsabilidades las de prever, dirigir, ordenar y estimular el desenvolvimiento del cantón en los órdenes social, económico, físico y administrativo. También se asigna a la municipalidad la obligación de elaborar programas y proyectos específicos a realizarse en el cantón (Sección 2.a, Parágrafo 1).

Las funciones del Municipio en principio, respecto a aspectos ambientales y ecológicos, se hallan relacionadas a:

Estudios medioambientales dentro de los Planes de Desarrollo Urbano, Artículo 214 de la Ley de Régimen Municipal.

Las referidas a la protección de la salud y al saneamiento ambiental, Artículo 164 de la misma Ley.

Los artículos del Capítulo I de la Ley de Régimen Municipal que se aplican al estudio son los siguientes:

Artículo 212, Literal d: Análisis de estructuras físicas fundamentales: morfología geología, naturaleza de los suelos; climatología, flora y fauna terrestre y acuática.

Artículo 215: Ordenanzas y reglamentaciones sobre el uso del suelo, condiciones de seguridad, materiales, condiciones sanitarias y de otras de naturaleza similar.

Artículo 216: Podrá contemplar estudios parciales para la conservación y ordenamiento de ciudades o zonas de ciudad de gran valor artístico e histórico o protección del paisaje urbano.

El Artículo 164 de la LRM, tiene relación con la salud y el saneamiento ambiental, ámbito dentro del cual el Municipio debe coordinar su actividad con otros entes públicos competentes, con los que actúa en forma compartida o excluyente, y en muchos de los casos subordinados a dichos Organismos. Así, el Artículo 164 establece:

Literal a, Inciso 1º.- "En materia de higiene y asistencia, la municipalidad coordinará su acción con la autoridad de salud, de acuerdo a lo dispuesto en el Título XIV del Código de la materia" y al efecto le compete.

Literal j.- Velar por el fiel cumplimiento de las normas legales sobre saneamiento ambiental y especialmente de las que tienen relación con ruidos, olores desagradables, humo, gases tóxicos, polvo atmosférico, emanaciones y demás factores que puedan afectar la salud y bienestar de la población".

### **2.3.1.7. Acuerdo ministerial n°061**

#### **Capítulo VI de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, y desechos peligrosos y/o especiales**

Art. 54 Prohibiciones.- Sin perjuicio a las demás prohibiciones estipuladas en la normativa ambiental vigente, se prohíbe:

a) Disponer residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales sin la autorización administrativa ambiental correspondiente.

b) Disponer residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales en el dominio hídrico público, aguas marinas, en las vías públicas, a cielo abierto, patios, predios, solares, quebradas o en cualquier otro lugar diferente al destinado para el efecto de acuerdo a la norma técnica correspondiente.

c) Quemar a cielo abierto residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales.

d) Introducir al país residuos y/o desechos no peligrosos y/o especiales para fines de disposición final.

e) Introducir al país desechos peligrosos, excepto en tránsito autorizado.

### **Sección I de la gestión de gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos**

Art. 55.- De la gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos.- La gestión integral constituye el conjunto de acciones y disposiciones regulatorias, operativas, económicas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación, que tienen la finalidad de dar a los residuos sólidos no peligrosos el destino más adecuado desde el punto de vista técnico, ambiental y socioeconómico, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación y aprovechamiento, comercialización o finalmente su disposición final. Está dirigida a la implementación de las fases de manejo de los residuos sólidos que son la minimización de su generación, separación en la fuente, almacenamiento, recolección, transporte, acopio y/o transferencia, tratamiento, aprovechamiento y disposición final.

Art. 76. Del plan de gestión integral de residuos sólidos no peligrosos.- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán elaborar y mantener actualizado un Plan para la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos en el ámbito local, enmarcado en lo que establece la normativa ambiental nacional emitida para la Gestión Integral de los residuos. El Plan deberá ser enviado a la Autoridad Ambiental Nacional, para su aprobación, control y seguimiento. La aprobación del Plan para la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos en el ámbito local no exime la responsabilidad de regularización ambiental establecida en este Libro.

Art. 77. Contenido del plan para la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos.- El contenido de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos será establecido por la Autoridad Ambiental Nacional, el cual contemplará plazos para su creación e implementación y deberá ser formulado considerando entre otros, los siguientes aspectos:

Diagnóstico y presentación de resultados de manejo de residuos sólidos no peligrosos.

Identificación de alternativas de manejo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, con énfasis en programas de separación en la fuente, presentación y almacenamiento, tratamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final.

Identificación y análisis de factibilidad de las mejores alternativas, para su incorporación como parte de los programas del Plan.

Descripción de los programas con los cuales se desarrollará el gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, que debe incluir entre otros, las actividades de divulgación, concientización y capacitación, separación en la fuente, recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento, reciclaje y disposición final.

Determinación de objetivos, metas, cronograma de actividades, presupuestos y responsables institucionales para el desarrollo de los programas que hacen parte del Plan de seguimiento y monitoreo.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Metodología.

Con el fin de identificar las exigencias de la calidad del agua que se va a tratar y poder direccionarlo a un cuerpo receptor o con el fin de reúso teniendo en cuenta la realidad local (actual y proyectada) se buscará obtener beneficio de salud pública, beneficios ambientales de los recursos hídricos y beneficio económico.

Para lo cual se deberá obtener la información básica necesaria para los estudios, especificaciones técnicas reguladas, parámetros de calidad del agua considerando la calidad del efluente teniendo una eliminación eficiente de patógenos y ajustándonos a los parámetros normalizados en el Ecuador.

#### 3.2. Tipo de investigación

Basado en lo que indica (Raffino, 2020) que la investigación es científica ya que es un procedimiento de reflexión, de control y de crítica que funciona a partir de un sistema, y que se propone aportar nuevos hechos, datos, relaciones o leyes en cualquier ámbito del conocimiento científico.

La información que resultará será de carácter relevante y fidedigna (digna de crédito), pero no podrá decirse que es absolutamente verdadera: la ciencia apunta a descubrir nuevos conocimientos, pero también a reformular los existentes, de acuerdo con los avances en la técnica, la tecnología y el pensamiento.

Según (Tamayo, 2019) indica que una investigación se caracteriza ser reflexiva, sistemática y metódica; tiene por finalidad obtener conocimientos y solucionar problemas científicos, filosóficos o empírico-técnicos, y se desarrolla mediante un proceso en la búsqueda intencionada de conocimientos o de soluciones a problemas de carácter científico; el método científico indica el camino que se ha de transitar en esa indagación y las técnicas precisan la manera de recorrerlo.

También indica que la investigación ayuda a mejorar el estudio porque permite establecer contacto con la realidad a fin de que la conozcamos mejor. Constituye un estímulo para la actividad intelectual creadora. Ayuda a desarrollar una curiosidad creciente acerca de la solución de problemas, además, contribuye al progreso de la lectura crítica.

Además, (Tamayo, 2019) indica que aunque en la realidad la investigación no se puede clasificar exclusivamente en alguno de los tipos que se señalaran, sino que generalmente en toda investigación se persigue un propósito señalado, se busca un determinado nivel de conocimiento y se basa en una estrategia particular o combinada.

Por lo cual las clasifica: por el propósito o finalidades perseguidas: básica o aplicada.

- **“Investigación básica”**: Se caracteriza porque parte de un marco teórico y permanece en él; la finalidad radica en formular nuevas teorías o modificar las existentes, en incrementar los conocimientos científicos o filosóficos, pero sin contrastarlos con ningún aspecto práctico.
- **“Investigación aplicada”**: Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico.

Además, las clasifica también por la clase de medios utilizados para obtener los datos: documental, de campo o experimental.

- **“Investigación documental”**: Este tipo de investigación es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie. Como subtipos de esta investigación encontramos la investigación bibliográfica, la hemerográfica y la archivística; la primera se basa en la consulta de libros, la segunda en artículos o ensayos de revistas y periódicos, y la tercera en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etcétera.
- **“Investigación de campo”**: Este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. Como es compatible desarrollar este tipo de investigación junto a la investigación de carácter documental, se recomienda que primero se consulten las fuentes de la de carácter documental, a fin de evitar una duplicidad de trabajos.
- **“Investigación experimental”**: Recibe este nombre la investigación que obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador

y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observarlo.

También, las clasifica por el nivel de conocimientos que se adquieren: exploratoria, descriptiva o explicativa.

- **“Investigación exploratoria”**: Recibe este nombre la investigación que se realiza con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de una problemática determinada y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar una investigación posterior. Es útil desarrollar este tipo de investigación porque, al contar con sus resultados, se simplifica abrir líneas de investigación y proceder a su consecuente comprobación.
- **“Investigación descriptiva”**: Mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Al igual que la investigación que hemos descrito anteriormente, puede servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.
- **“Investigación explicativa”**: Mediante este tipo de investigación, que requiere la combinación de los métodos analítico y sintético, en conjugación con el deductivo y el inductivo, se trata de responder o dar cuenta de los porqué del objeto que se investiga.
- **“Investigación científica”**: Es aquello a lo que se aplica el pensamiento. Cuando se trata de obtener nuevo conocimiento científico el objeto se erige en fortaleza que hay que conquistar con métodos que aseguren la garantía de obtención de una verdad contrastable por toda la comunidad científica.

En base a lo antes mencionado podemos indicar que el presente trabajo entra al campo de la Investigación científica ya que se aplicaran procesos con el fin evaluar las aguas residuales domésticas recolectadas y post tratamiento que se basan en análisis de datos obtenidos para proporcionar de forma teórica y práctica la solución más adecuada para este sector en estudio.

En cuanto a los medios para obtener datos, ingresa al tipo de investigación documental debido a que este trabajo se basa en documentos como tesis, libros, anotaciones de clases y ensayos realizados en otras partes del mundo.

También es una investigación de campo o experimental ya que se basa en un censo poblacional y recolección de muestras para la planta de lombrifiltro a escala de laboratorio. Además de entrevistas, con la que se obtuvo información de PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) cercanas como el funcionamiento, caudales, parámetros de ingreso del agua residual doméstica y egreso del efluente posterior al tratamiento.

Por el nivel de conocimientos, la investigación es también exploratoria ya que se tiene con el fin de destacar aspectos del grado de contaminación de las aguas residuales domésticas en el sector Colibrí y cual tratamiento sería más eficaz para realizar el respectivo tratamiento de estas aguas.

### **3.3. Técnica e instrumentos**

Las técnicas que se usó para la recolección de información fue: censo poblacional, en el cual se tomaron en consideración aspectos relevantes, como el tipo de predio y cantidad de personas por predio y metro cubico de consumo de agua potable. La investigación, recopilación de datos de la planta de tratamiento de aguas residuales más cercana al sector que está ubicada en la urbanización Olimpo a pocos kilómetros del sector de Colibrí. Se realizó la construcción de un sistema de tratamiento ecológico a escala de laboratorio para el muestreo y análisis físico – químico del agua tratada.

#### **3.3.1. PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) con reactor aerobio Urbanización Olimpo**

El proceso de tratamiento en condiciones de operación normal de la planta (1080 m<sup>3</sup>/d o 12.5 l/s), entendiéndose por normal las condiciones de flujo y carga para la cual la planta ha sido diseñada, es como sigue:

- El agua residual doméstica (ARD) generada por la población llega a la Estación de bombeo (EB) de la PTAR, desde donde por acción de bombas sumergibles (en total 3) es impulsada al sistema de tratamiento, cuyo primer componente es el filtro auto limpiante.
- El régimen de bombeo de la planta se realiza de acuerdo al volumen de agua residual que ingresa a la EB. Las bombas poseen sensores de nivel ubicados a distintas alturas, de tal forma que, durante el flujo mínimo, opera una bomba y, en flujo pico, operan dos. La operación de las bombas es de forma alternada, de

tal forma que, mientras una bomba se encuentra encendida, las otras dos descansan.

- El agua impulsada por las bombas de la EB descarga en el filtro auto limpiante, el cual posee una abertura de malla de aproximadamente 2.54 mm lo que permita la retención de prácticamente cualquier sólido que pueda ocasionar problemas en el tratamiento principal.
- Los sólidos separados por el filtro caen a una tolva adyacente al mismo y deben ser retirados en forma manual por el operador de la planta y colectados en sacos diariamente para su disposición final. El ARD ingresa por la parte superior del filtro y es filtrada en la malla del mismo para luego salir por su parte inferior.
- Además del filtro auto limpiante, la planta cuenta con rejillas de filtración o cribas, instaladas dentro de su respectivo contenedor de concreto y diseñadas para entrar en funcionamiento cuando se desee realizar un mantenimiento al filtro auto limpiante.
- El efluente filtrado entonces pasa por gravedad hacia el tanque de sedimentación primaria. En este tanque los sólidos sedimentables decantan en el fondo de los conos del tanque, desde donde por acción de bombas neumáticas, los lodos son retirados hacia el tanque digestor de lodos.
- Se debe accionar las bombas de lodos, de cuando en cuando, para purgar los lodos decantados en el fondo del tanque de sedimentación. Es recomendable purgar durante el periodo en el cual se observe presencia de lodos concentrados. La purga se detiene una vez que se observe lodos con bajas concentraciones de sólidos.
- Una vez el agua clarificada del sedimentador alcanza el nivel de descarga del tanque, ésta, por reboso, se vierte en el vertedero de salida del sedimentador, para dirigirse finalmente, a través de una tubería, al reactor anóxico.
- El reactor anóxico cuenta con dos mezcladores sumergibles. El operador debe observar siempre presencia de mezcla de agua en la superficie del tanque. Ausencia de mezcla es indicativo de fallos en los mezcladores. Se ha previsto la operación alternada de los mezcladores en intervalos de una hora; es decir, una hora opera el primero, a la segunda hora opera el segundo y así sucesivamente, de tal forma, que uno siempre se encuentra en operación mientras el otro descansa.
- El reactor anóxico recibe, además, los lodos provenientes de la recirculación interna y externa de los lodos. La recirculación interna proviene del reactor

aerobio contiguo al reactor anóxico, mientras que la recirculación externa, proviene del clarificador secundario.

- El agua residual proveniente del sedimentador primario se mezcla con los lodos recirculados en el reactor anóxico para luego pasar por reboso hacia el reactor aerobio.
- En el reactor aerobio es donde ocurre la mayor parte de la degradación de la carga orgánica del agua residual por acción de bacterias aerobias que se manifiestan en forma de lodos. Para la proliferación de estas bacterias y para que se lleve a cabo el proceso de biodegradación de la carga orgánica, es fundamental abastecer con aire a este componente.
- El aire es suplido al fondo del reactor por medio de una red de tuberías de distribución de aire que terminan en 32 difusores de aire de burbuja fina de forma tubular marca EDI. El flujo de aire se controla por medio de válvulas reguladoras de aire que son de fácil manipulación. Estas válvulas deben permanecer siempre abiertas para garantizar una buena aireación.
- El operador debe chequear que siempre haya una ligera turbulencia con presencia de una leve capa de espuma en la superficie del reactor aerobio. El aire suplido al reactor aerobio acciona también las bombas neumáticas (5 unidades) que se encargan de realizar la recirculación interna de los lodos. Cada bomba neumática se acciona con su respectiva válvula de regulación de flujo de aire.
- La planta de tratamiento se abastece de aire por medio de dos sopladores (blowers) AERZEN de 30 Kw., los cuales operan en forma alterna; es decir, uno opera, mientras el otro descansa. El periodo de operación de cada soplador es variable, pero se recomienda la operación durante 4 horas de corrido de cada blower. Lo importante es que nunca deje de haber abastecimiento de aire a la planta.
- Los blowers suplen de aire a todas las bombas neumáticas de la planta, a los skimmers de los tanques de sedimentación primaria y secundaria y, a los difusores del reactor aerobio y del tanque digestor.
- Por reboso y, a través de una tubería, el efluente del reactor aerobio, pasa al siguiente componente que es el clarificador secundario. Este componente cuenta con 4 conos, en cada uno de los cuales se ubica una bomba de lodos airlift con su respectivo skimmer. Las bombas de lodo, al igual que los skimmers, se accionan con aire suplido por los blowers a través de tuberías de distribución de aire.

- Cada bomba de lodo y cada skimmer posee su respectiva válvula de regulación de aire. Estas válvulas deben permanecer siempre abiertas para permitir la recirculación externa de lodos sedimentados desde el clarificador secundario al reactor anóxico y para retirar material flotante (lodos, natas, etc.) de la superficie del clarificador secundario.
- El efluente clarificado se colecta en el vertedero del clarificador, desde donde, por reboso descarga al tanque de desinfección, donde se somete a tratamiento químico de desinfección por cloro sólido (hipoclorito de calcio).
- El tanque de desinfección cuenta con una serie de septos (paredes internas) que permiten que el agua clarificada tenga un apropiado tiempo de retención hidráulica para que el cloro lleve a cabo su acción de eliminar microorganismos patógenos. En el extremo distante a la entrada de agua del tanque de desinfección, se ha instalado un medidor de turbiedad del agua.
- El operador debe llevar registros diarios del valor de este parámetro. El efluente desinfectado descarga a una canaleta Parshall, para posteriormente desembocar al cuerpo receptor de agua dulce. De esta forma el agua residual cumple con el proceso de tratamiento.
- Los lodos en exceso generados en el reactor aerobio y que sedimentan en el clarificador secundario deben purgarse de cuando en cuando hacia el digester de lodos. Para realizar la purga de los lodos secundarios se debe abrir la válvula de purga de lodos y cerrar la válvula de recirculación de lodos.
- Durante las primeras semanas de operación de la planta, no se requiere realizar purgas de lodos. Esto, para evitar deshacerse de biomasa. Sin embargo, una vez el sistema de tratamiento madure, se genera un excedente de lodos que se debe purgar.
- El criterio de purga se lo hace por medio del control de volumen de lodos que se lleva a cabo por medio del empleo del cono Imhoff. Volúmenes de lodo normales de operación se encuentran entre los 200 a los 600 ml/L.
- Los lodos purgados tanto desde el sedimentador primario, como del secundario descargan en el tanque digester de lodos, donde en forma aerobia, los lodos terminan de biodegradarse. El proceso de biodegradación de los lodos en el digester puede tomar entre 2 a 3 semanas.

- Luego de este periodo, los lodos se purgan hacia los lechos de secado. Para esto, el tanque digester cuenta con una bomba neumática de purga de lodos, la cual se acciona con su respectiva válvula de control de aire.
- Los lodos descargados en los lechos se deshidratan y se secan en su superficie. El agua de deshidratación retorna al pozo de bombeo, mientras que los lodos deshidratados se retiran de forma manual con pala y se disponen como desecho final, recolectado por la compañía de aseo Municipal.
- De esta forma, se cumple el proceso de tratamiento del agua residual doméstica que da como resultado dos productos: agua tratada que se descarga al cuerpo receptor de agua dulce en condiciones permitidas de descarga y, lodos que se deshidratan y secan para ser descartados como desecho sólido final.

**Tabla 7.**

***Características del agua residual de ingreso a la PTAR***

PARÁMETROS	Unidades	Valor	
		Condiciones Baja carga	Condiciones Proyectadas
Flujo diario:	m <sup>3</sup> /d	540	1080
	l/s	< 6.25	12,5
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	< 350	350
Demanda Química de oxígeno	mg/l DQO	< 500	560
Sólidos suspendidos totales	mg/l SST	< 500	400
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l NTK	< 50	50
Potencial hidrógeno	U. de pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
Coliformes fecales	NMP/100ml	10 <sup>^</sup> 7	10 <sup>^</sup> 7

*Fuente:* Resultados de laboratorio del Grupo Químico Marcos (nov 2019)

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

**Tabla 8.**

***Características del efluente tratado de la PTAR***

Contaminante	Expresado como	Unidad	Valores de Salida del Sistema	Valores de Normas Técnicas Municipales
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/L	30	100
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	30	100
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100mL	2000nMp	Remoción >al 99%
Nitrojeno Kjeldahl	NMP	mg/L	≤15	15

*Fuente:* Resultados de laboratorio del Grupo Químico Marcos (nov 2019)

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

### 3.3.1.1. Ventajas y desventajas del PTAR con reactor aerobio

#### *Ventajas:*

- Realiza tratamiento de aguas residuales domésticas biodegradables.
- Tiene un gran rendimiento ya que de un gr de materia orgánica obtenemos 0.4 gr de biomasa.
- Facilidad de operación.
- Minimiza producción de olores.
- Reduce los coliformes y organismos patógenos, así como las grasas.
- Produce sobrenadante clarificado.
- Pueden emplearse un mayor número de tipos de bacterias para la digestión.
- Reduce la tasa de respiración de los lodos.

#### *Desventajas:*

- Gasto energético elevado.
- Costos altos de operación.
- Necesidad de gran espacio físico.
- Necesidad de cercado vegetación para disminuir impacto ambiental.

### 3.3.2. Biofiltro experimental

#### 3.3.2.1. Recolección de las aguas residuales domésticas

El lugar donde se realizó el experimento fue en la parroquia Chongón sector colibrí manzana 602 solar 5. El agua residual doméstica se la obtuvo de los tanques sépticos de varias casas, y así contar con un caudal funcional para la planta prototipo, esto se lo realizó con ayuda de una bomba de extracción de diámetro de tubería de succión de 3" colocándola en el recipiente de plástico para su conservación y tratamiento.





**Figura 20.** Recolección de aguas residuales domésticas en sector Colibrí

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

### 3.3.2.2. Preparación de terreno y adaptación de las lombrices *Eisenia Foetida*

En el solar indicado se preparó el espacio para acomodar el área con techo para que este se mantenga bajo sombra, fresco y que no permita el ingreso de aves, ni pueda ingresar ningún tipo de lluvia.



**Figura 21.** Limpieza y adaptación de área

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

Para realizar este experimento se consideró un balance en base a la cantidad de lombrices *Eisenia Foetida* que pueden vivir juntas, por el área, materia orgánica que pueden nutrirse y la tasa máxima de riego que soportan para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, que corresponde a 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (Tecnológica., 2016)

Se consideró el número de lombrices que puede coexistir, cantidad de materia orgánica con la que puedan alimentarse y la tasa de riego que puedan soportar las capas con el fin de lograr que no se mueran las lombrices por carencia de oxígeno, la cual es de 1.000lt/m<sup>2</sup> por día, es decir 1m<sup>2</sup> de biofiltro para 1m<sup>3</sup> de aguas residuales domésticas.

Para seleccionar las lombrices de tipo *Eisenia Foetida*, se escogieron las más grandes y fueron colocadas en una cajón plástico para que se aclimataran al agua residual doméstica, basada en Tesis de pregrado (Mejía, 2016) que indica que la aclimatación toma entre 10 a 12 días, pero se pudo observar que a los 8 días las lombrices estaban aclimatadas para realizar el tratamiento del agua residual doméstica.

Para este proceso experimental se usaron los siguientes materiales:

- Un cajón plástico
- Un balde de 4 lts.
- Mascarilla
- Geomalla
- Tierra de la tienda de lombrices para que se conserve y se facilite la adaptación.
- 1 Kg de lombriz del tipo *Eisenia Foetida*

En la base se hicieron pequeños orificios en el cajón plástico para que la tierra no se empara, se colocó una geomalla en el fondo del cajón plástico, se acomodó un sustrato fino de piedras pequeñas, 600 gramos de aserrín y se esparció el volumen de 1500 ml de agua residual en un periodo de 2 horas, para finalmente colocar las lombrices *Eisenia Foetida* para su adaptación a una temperatura de 20°C, la cual tardo 8 días.



**Figura 22.** Conteo y adaptación de lombrices

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

**Tabla 9.**

**Resultados del proceso de adaptación de la lombriz**

Nº de días	Cantidad de preparado	Cantidad de Lombrices	Temperatura media °C	Humedad media%	Peso de lombrices
1	1 kg	1200	20,68	80	1kg
2		1180	21,35	79,3	0,98
3			21,45	79,4	
4			20,66	79,1	
5			21,32	78,9	
6			21,39	78,7	
7			21,45	78,5	
8		1100	21,8	78,3	0,92 kg

*Fuente:* Recolección de datos

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

En la tabla 10 se observa que inicialmente se colocaron 1200 lombrices *Eisenia Foetida*, al segundo día se encontraron 1180 vivas con un peso de 0.98 kg, luego al octavo día se encontraron 1100 lombrices vivas con un peso de 0.92 kg, además se observó aumento de la biomasa es decir que el resultado es efectivo. También se pudo observar que las lombrices que murieron eran la mayoría adulta tal vez al no resistir el cambio de temperaturas y diferente alimentación.

### **3.3.2.3. Materiales usados en la construcción del prototipo de tratamiento de aguas residuales domésticas.**

Para construir el prototipo de tratamiento se utilizaron los siguientes componentes:

- Tanque de almacenamiento. Se usó un tanque de plástico de 208 lts., para almacenar el agua residual doméstica recolectada de pozos sépticos del sector Colibrí.
- La cámara de rejillas. Se construyó de hormigón simple de 60 cm de profundidad, 50 cm de ancho y 80 cm de largo y se colocó una reja de metal con una separación de 1cm.
- Trampa de grasa. Se construyó de hormigón simple de 60 cm de profundidad, 50 cm de ancho y 80 cm de largo.
- Paso de agua. Para el paso de agua entre el tanque plástico – cámara de rejillas – trampa de grasa se utilizó una tubería de PVC de diámetro 2”, con llaves de control de ingreso del caudal y un medidor de agua para controlar el caudal de ingreso. Entre la trampa de grasa y el biofiltro se usó tubo de PEAD de diámetro ½” con llave de control.
- Biofiltro. Para realizar el diseño experimental a escala de laboratorio se basó en estudios realizados previamente por (Tarun, 2015) y (Alexander & Nelson, 2015) que indican que para tener una eficiencia de remoción DQO= 72,3%; DBO= 80,7%: SDT=53%: SST= 75% las medidas óptimas para la cama de lombrices *Eisenia Foetida* sería de 50 cm de profundidad, 40 cm de ancho y 60 cm de largo para los caudales entre 0,050 a 0,846 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d durante 20 días por lo que se consiguió un estanque de vidrio con 6 mm de grosor con las medidas ya indicadas.
- Capa pétreo. Se usó piedra bola y grava de grosor aproximado de 1.5 cm, esta capa tuvo una altura de 12cm

- Capa de Aserrín. Se consiguió aserrín fino y virutas, 23 cm de altura.
- Separación entre capas. Se colocó una geomalla entre la capa pétreo y la capa de aserrín con la finalidad que los restos de aserrín y las lombrices pasen a la capa pétreo.
- Lombrices *Eisenia Foetida*. Las lombrices fueron adquiridas en Lombrices Californianas Ecuador pequeña empresa dedicada a la cría, venta de lombrices californianas y humus (<http://www.lombricesecuador.com/>) ubicada en Quito, para obtener las lombrices Rojas Californianas (*Eisenia Foetida*) tomando en cuenta que para un 1m<sup>3</sup> de aguas residuales domésticas es necesario requieren dos kilogramos (kg) de lombriz es decir que se obtuvieron aproximadamente 1200 lombrices *Eisenia Foetida* (peso aproximado de lombriz joven es de 0.6 y de lombriz adulta de 1 gr.).
- Se usó tubería de PEAD perforada estratégicamente para que esparza las aguas residuales equitativamente sobre el biofiltro.

#### **3.3.2.4. Relleno del tanque de biofiltrado**

El tanque tiene un fondo falso de 5 cm en el cual cae el agua tratada es conducida por un tubo de plástico al exterior del biofiltro, además se dejó 5 cm libres en el borde superior para que la tubería permita esparcir el agua residual.

De forma manual se colocó un estrato de piedras que constituye el 30% del biofiltro, este estrato se lo separó con una geomalla posteriormente se colocó una capa de aserrín y por último la capa con las lombrices *Eisenia Foetida* previamente adaptadas que corresponde al 70% del biofiltro.

##### **3.3.2.4.1. Calculo de capa de piedra. (PAZMIÑO, 2015)**

$$x = \frac{\% \text{ total del estrato de piedra} * \text{altitud util del biofiltro}}{100}$$

$$x = \frac{30 * 40}{100}$$

$$x = 12 \text{ cm}$$

### 3.3.2.4.2. Calculo capa de aserrín, viruta y humus

$$x = \frac{\% \text{ total del estrato de aserrin, viruta y humus} * \text{altitud util del biofiltro}}{100}$$

$$x = \frac{70 * 40}{100}$$

$$x = 28 \text{ cm}$$

#### Tabla 10.

*Resultados de los cálculos de los estratos que constituyen el biofiltro.*

ESTRATOS	%	Altura en cm
Piedra	30	12
Aserrin - viruta - humus	70	28
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>40</b>

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

### 3.3.2.4.3. Calculo del porcentaje de la capa de humus

$$x = \frac{\text{estrato de humus en cm} * 100}{\text{altitud de la capa de aserrin, viruta y humus}}$$

$$x = \frac{5 * 100}{28}$$

$$x = 17.86\%$$

### 3.3.2.4.4. Calculo de la capa de aserrín

$$x = \frac{\% \text{ estrato de aserrin} * \text{altitud de la capa de aserrin, viruta y humus}}{100}$$

$$x = \frac{60.71 * 28}{100}$$

$$x = 17 \text{ cm}$$

### 3.3.2.4.5. Calculo de capa de viruta

$$x = \frac{\% \text{ estrato de Viruta} * \text{altitud de la capa de aserrin, viruta y humus}}{100}$$

$$x = \frac{21.43 * 28}{100}$$

$$X = 6 \text{ cm}$$

**Tabla 11.**

**Resultados de los cálculos de los estratos que constituyen los estratos aserrín- viruta-humus.**

<b>ESTRATOS</b>	<b>%</b>	<b>Altura en cm</b>
Aserrín	60,71	17
Viruta	21,43	6
Humus	17,86	5
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>28</b>

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

Para la construcción del biofiltro se usó:

- Piedra bola # 3
- Piedra bola #2
- Grava #2 (piedra de aproximadamente 1.5 cm de diámetro)
- Grava #1 (piedra de aproximadamente 1 cm de diámetro)
- Geomalla
- Aserrín (17 cm)
- Viruta (6cm)
- Compost de *Eisenia Foetida* (5 cm)

En el fondo del tanque de vidrio se colocó primeramente una geomalla en el fondo para retener cualquier viruta, posteriormente se colocaron la capa de piedra bola #3 y #2, luego se añadió la grava #2 y #1.

Después de colocar las capas de piedra y grava se colocó otra geomalla y encima se colocó la capa de aserrín - viruta, y por último la capa de compost y tierra con lombrices *Eisenia Foetida* previamente adaptadas al agua residual doméstica recogida del sector, y finalmente se empezó a regar el agua residual doméstica.

#### **3.3.2.4.6. Cálculo del área efectiva del tanque de biofiltrado**

$$\text{Área} = L * A$$

Dónde:

L = largo del tanque

A = ancho del tanque

$$\text{Área} = (0.60\text{m} * 0.40\text{m})$$

$$\text{Área} = 0.24 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = 2400 \text{ cm}^2$$

### **Cálculo del volumen útil del tanque**

Dónde:

L = Largo del tanque

A = Ancho de Tanque

AE = Altura de los estratos

$$V \text{ útil} = L * A * AE$$

$$V \text{ útil} = 0.60\text{m} * 0.30\text{m} * 0.40\text{m}$$

$$V \text{ útil} = 0.07 \text{ m}^3$$

$$V \text{ útil} = 70 \text{ L}$$

$$V \text{ útil} = 70000 \text{ mL}$$

### **3.3.2.4.7. Cálculo de la carga hidráulica**

La medición del caudal de entrada fue realizado por medio de un cronometro y un medidor volumétrico de chorro único, resultando un ingreso de 155 mL/min (0.22m<sup>3</sup>/d), con este dato se realizó los cálculos para conocer el tiempo de retención hidráulica y la carga hidráulica, procesos que fueron monitoreados por 15 días, tiempo en el cual se vertieron 20L de agua residual doméstica tratada en el biofiltro.

### **Carga hidráulica**

$$CH = \frac{\text{caudal de entrada}}{\text{área útil}}$$

$$CH = \frac{155 \text{ mL/min}}{2400\text{cm}^2}$$

$$CH = \frac{155 \text{ cm}^3/\text{min}}{2400\text{cm}^2}$$

$$CH = \frac{0.0645 \text{ cm}^3}{\text{cm}^2 \text{ min}}$$

### Cálculo del tiempo de retención hidráulico.

$$TRH = \frac{\text{volumen útil}}{\text{caudal de entrada}}$$

$$TRH = \frac{70000 \text{ mL}}{155 \text{ mL/min}}$$

$$THR = 451,61 \text{ min.}$$

$$THR = 7,52 \text{ horas}$$

#### 3.3.2.5. Proceso

- Se llenó con agua residual proveniente del tanque de almacenamiento la cámara de rejas, la cual posee una abertura de malla que permite retener cualquier sólido como un filtro auto limpiante.
- Posteriormente, el agua residual pasa a través de la trampa de sedimentos y grasas, donde se observó la retención de sólidos sedimentables y natas de grasas.
- Finalizada esta etapa el agua residual pasó al Biofiltro con *Eisenia Foetida* para el tratamiento por parte de las lombrices reteniendo y degradando la materia orgánica presente en el agua con un caudal de entrada al tanque de 155 mL/min, área superficial de 0.24 m<sup>2</sup>, volumen útil de biofiltración de 60 Litros, carga hidráulica de 0.0645 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>min, retención hidráulica de 7,52 horas.
- El agua tratada se depositaba en parte inferior y salía por un tubo de diámetro 3/4" el cual fue recolectado como muestras del proceso.



**Figura 23.** Biofiltro

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

### 3.3.2.6. Mantenimiento de Biofiltro

Para realizar la limpieza del biofiltro y retiro de humus es necesario que se lo realice aproximadamente cada 4 meses, este proceso se debe realizar en fecha y hora en la cual las descargas de aguas servidas sea baja o nula, por lo cual es necesario:

- Realizar un cronograma programando el retiro del humus ya que es necesario que no se riegue parte de la cama de lombrices *Eisenia Foetida*.
- Suspender el riego, con una horquilla de punta redonda separar las lombrices *Eisenia Foetida* del material que se va a sacar.
- Retirar la capa superior en forma manual.
- Colocar el material que se va retirando en una superficie seca, recuperar lombrices *Eisenia Foetida* que puedan quedarse en el material retirado y colocarlas nuevamente a la cama del biofiltro.
- Dejar secar el material.

Este humus puede ser usado, sin ningún otro componente, en forma de abono agrícola incluyendo las plantaciones de viviendas.

### 3.3.2.7. Ventajas y desventajas de Biofiltro

#### ***Ventajas:***

- No produce lodos inestables.
- El lecho filtrante, ya que las lombrices *Eisenia Foetida* crean canales dando una alta permeabilidad al filtro.
- Diseño modular - facilidad de dimensionamiento mediante módulos.
- Sistema ecológico - no se usan aditivos químicos, no producen lodos, poco consumo de energía.
- Eficiente - alto grado de purificación de aguas residuales.
- Requiere poco espacio para el tratamiento.
- Operación del sistema es simple – se puede contratar a personas del sector rural.
- No genera olores.
- Produce abono agrícola – gran calidad sin químicos.

### ***Desventajas:***

- Dependen mucho del clima – muy frío afecta a la proliferación, muy caliente afecta la mortalidad de las lombrices *Eisenia Foetida*.
- Es necesario realizar horqueto diario lo que se complica si las camas son de grandes dimensiones.
- Es necesario realizar el retiro del humus y agregar aserrín y viruta cada 4 meses para mantener la efectividad del tratamiento.

### **3.4. Muestreo del agua tratada**

Los muestreos se realizan con el objetivo de verificar que el agua tratada este dentro de los parámetros permitidos por la normativa ambiental. Para apreciar la eficiencia se tomaron muestras del agua cruda y la segunda el efluente del biofiltro.

El muestreo fue realizado el 22/2/2020, la muestra fue recolectada en envase de vidrio esterilizado, el cual se encuentra acreditado por el SAE (Servicio de acreditación ecuatoriana). Se realizó el análisis al agua residual doméstica recolectada de los pozos sépticos y al efluente del lombrifiltro recolectada a los 15 días de monitoreo.

En base a lo indicado (ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISL, 2019) en las disposiciones generales para el tratamiento de aguas residuales domésticas es necesario que se consideren en las muestras los siguientes parámetros: DBO - DQO - Coliformes totales y fecales - Parásitos (principalmente nematodos intestinales) - Sólidos totales y en suspensión incluyendo el componente volátil - Nitrógeno amoniacal y orgánico

### **3.5. Cálculo del número de casas donde se recolectó el agua residual**

Utilizando como base los antecedentes censales, evolución histórica de la población, y la aplicación de la densidad habitacional actual, se proyecta la población mediante modelos matemáticos validados para encontrar la proyección de demanda del alcantarillado y la base para el dimensionamiento del proyecto.

La demanda base está constituida preliminarmente por los 4.682 habitantes de la zona urbana de Colibrí 1 y Colibrí 2, agrupados en 1.660 viviendas, (aproximadamente 2.8 persona por predio).

### 3.6. Muestra

Se utilizó agua residual de uso doméstico para realizar el tratamiento de las muestras recolectadas en los Biofiltros experimentales.

Para obtener la muestra se usa la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{e^2 (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

N	= Población	= 4682
P	= Probabilidad de Éxito	= 0,5
Q	= Probabilidad de Fracaso	= 0,5
P*Q	= Varianza de la Población	= 0,25
E	= Margen de error	= 5%
NC(1- $\alpha$ )	= Confiabilidad	= 95%
Z	= Nivel de Confianza	= 1,96

$$n = \frac{4496,5928}{11,704901}$$

$$n = 384,163249 \text{ Personas}$$

$$n = 137,20116 \text{ Casas}$$

## CAPÍTULO IV 4. INFORME FINAL

### 4.1. Efectividad en Remoción fisicoquímicos y microbiológicos.

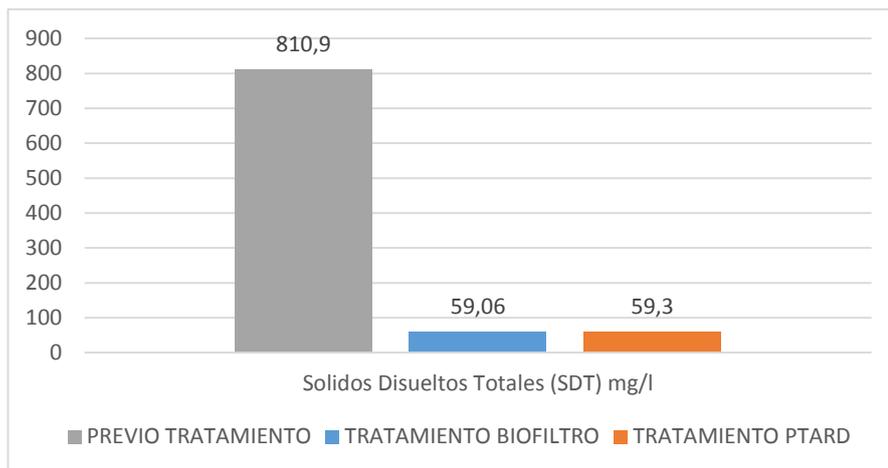
**Tabla 12.**

*Remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.*

PARÁMETRO	PREVIO TRATAMIENTO	AGREGADOS/COMPONTE FISICOS				
		TRATAMIENTO BIOFILTRO	EFICIENCIA BIOFILTRO	TRATAMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO AEROBIO	EFICIENCIA PLANTA DE TRATAMIENTO AEROBIO	LIMITE MAXIMO PERMITIDO
Solidos Disueltos Totales (SDT)	810,9 mg/l	59,06 mg/l	92,72%	59,3 mg/l	92,69%	1600 mg/l
Solidos Suspendidos Totales (SST)	140,32 mg/l	4,18 mg/l	97,02%	4,29 mg/l	96,94%	80 mg/l
Coliformes fecales	16000000 NMP/100ML	1867000 NMP/100ML	98,83%	121100 NMP/100ML	99,92%	remocion< 99,9%
Escherichia Coli	78670000 NMP/100ML	849650 NMP/100ML	98,92%	51006 NMP/100ML	99,98%	remocion< 99,9%
Coliformes Totales	160000000 NMP/100ML	1912750 NMP/100ML	98,80%	110453 NMP/100ML	99,93%	remocion< 99,9%
Nitrogeno total Kjeldahl	37,07 mg/l	2,87 mg/l	92,26%	2,93 mg/l	92,10%	50 mg/l
Nitratos	45,3 mg/l	5,083 mg/l	88,78%	5,28 mg/l	88,34%	10 mg/l
Fosforo total	13,7 mg/l	3,12 mg/l	77,23%	3,14 mg/l	77,08%	10 mg/l
Sulfatos	175,25 mg/l	8,95 mg/l	94,89%	9,03 mg/l	94,85%	1000 mg/l
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	145,78 mgO <sub>2</sub> /l	5,06 mgO <sub>2</sub> /l	96,53 %	8,07 mgO <sub>2</sub> /l	94,46%	50 mgO <sub>2</sub> /l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	336,46 mgO <sub>2</sub> /l	14,37 mgO <sub>2</sub> /l	95,73 %	17,18 mgO <sub>2</sub> /l	94,89%	100 mgO <sub>2</sub> /l
PH	7,25 u.pH	7,22 u.pH		7,13 u.pH		5,0 - 9,0 u.pH
Aceites y Grasas	44,24 mg/l	2,99 mg/l	93,24%	3,01 mg/l	93,20%	30 mg/l
Temperatura	25,7° C	22,4° C		-		<35° C
Detergentes	1,579 mg/L	0,16 mg/L	91,13%	0,2 mg/L	87,33%	0,5 mg/L

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

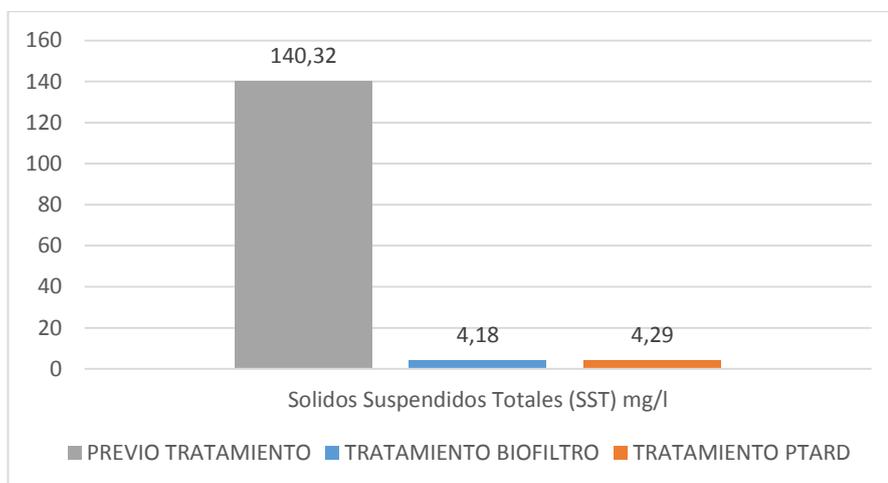
En la tabla 12 se muestran los resultados del análisis de laboratorio agua residual doméstica del afluente y efluente cada tratamiento, también encontramos el porcentaje de eficiencia de cada tratamiento.



**Figura 24.** Remoción de Solidos disueltos Totales (SDT).

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

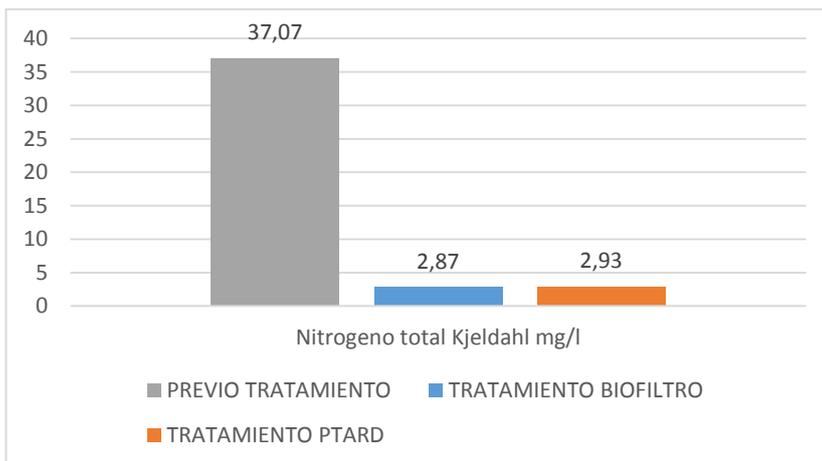
La concentración de los Sólidos disueltos totales en el afluente fue de 810.9 mg/l, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 59.3 mg/l con una efectividad del 92.69% y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 59.06 mg/l con una efectividad del 92.72% siendo el tratamiento con el biofiltro más efectivo en un 0.03%.



**Figura 25.** Remoción de Solidos Suspendidos Totales (SDT).

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

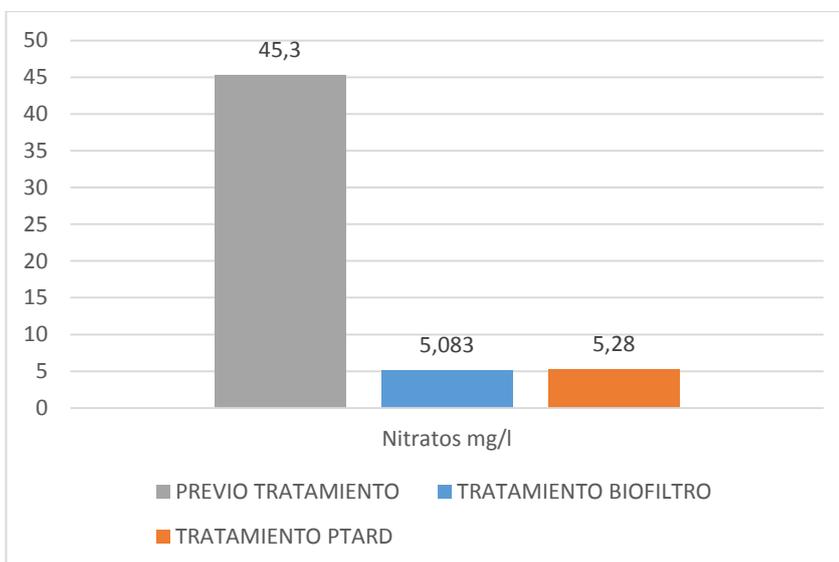
Los Sólidos suspendidos totales en el afluente fue 140.32 mg/l, el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 4.29 mg/l con una efectividad del 99.94% y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 4.18 mg/l con una efectividad del 97.02% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 0.08%.



**Figura 26.** Remoción de Nitrógeno Total Kjeldahl.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

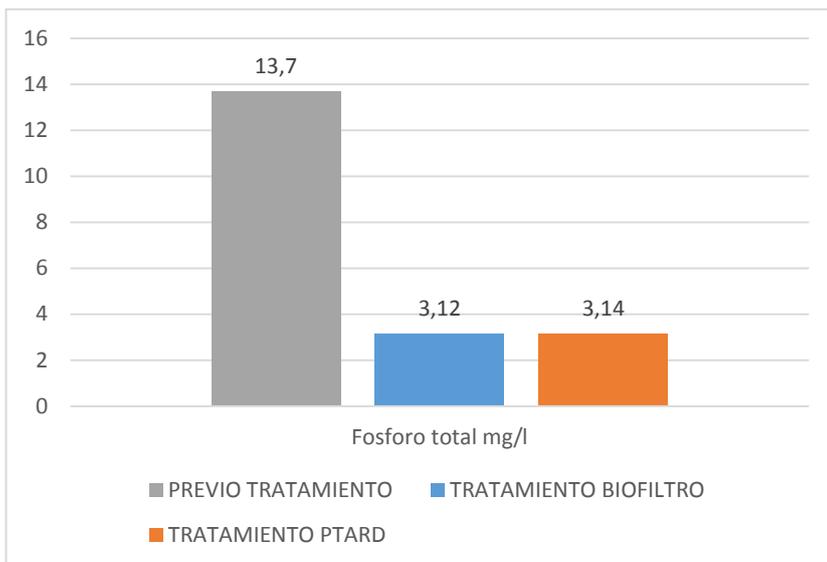
El nitrógeno total Kjeldahl la concentración en el afluente fue de 37.07 mg/l, el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 2.93 mg/l con una efectividad del 92.10% y biofiltro *Eisenia Foetida* se redujo a 2.87 mg/l con una efectividad del 92.26% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 0.16%.



**Figura 27.** Remoción de Nitratos.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

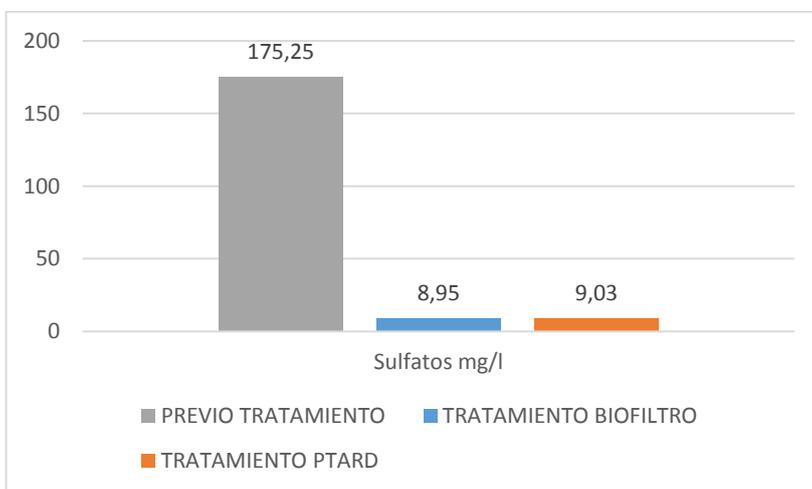
Los nitratos presentes en el afluente fue de 45.3 mg/l, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 5.28 mg/l con una efectividad del 88.34% y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 5.083 mg/l con una efectividad del 88.78% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 0.43%.



**Figura 28.** Remoción de Fosforo total.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

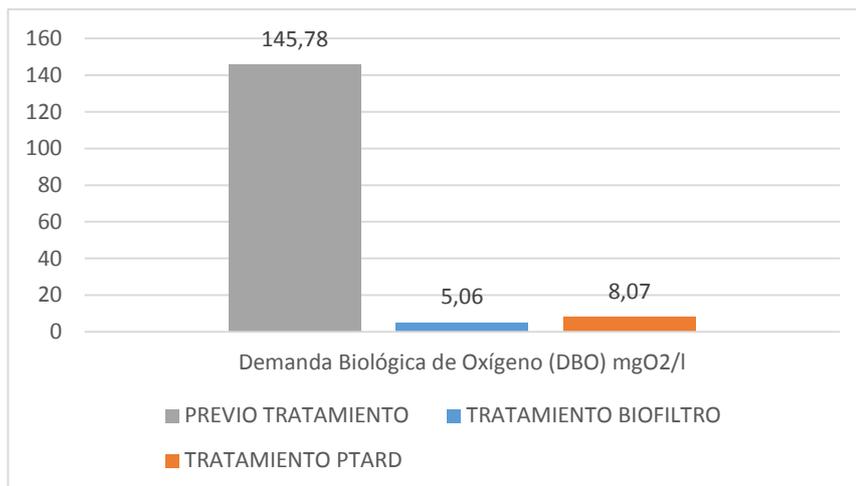
La concentración de fosforo total en el afluente fue de 13.7 mg/l, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyo a 3.14 mg/l con una efectividad del 77.08, y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 3.12 mg/l con una efectividad del 77.23% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 0.15%.



**Figura 29.** Remoción de Sulfatos.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

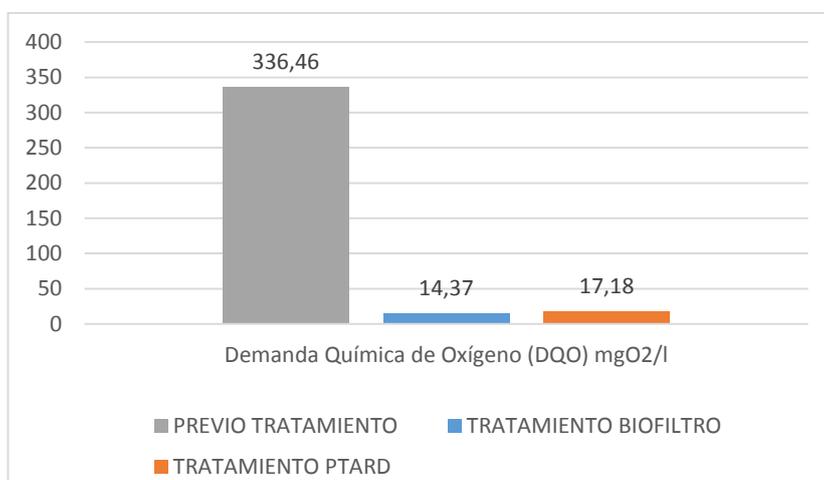
En cuanto a los sulfatos, en el afluente de ingreso tuvo una concentración de 175.25 mg/l; en el sistema de tratamiento aerobio disminuyo a 9.03 mg/l con una efectividad del 94.85%, y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 25.12 mg/l con una efectividad del 94.89% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 0.05%.



**Figura 30.** Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

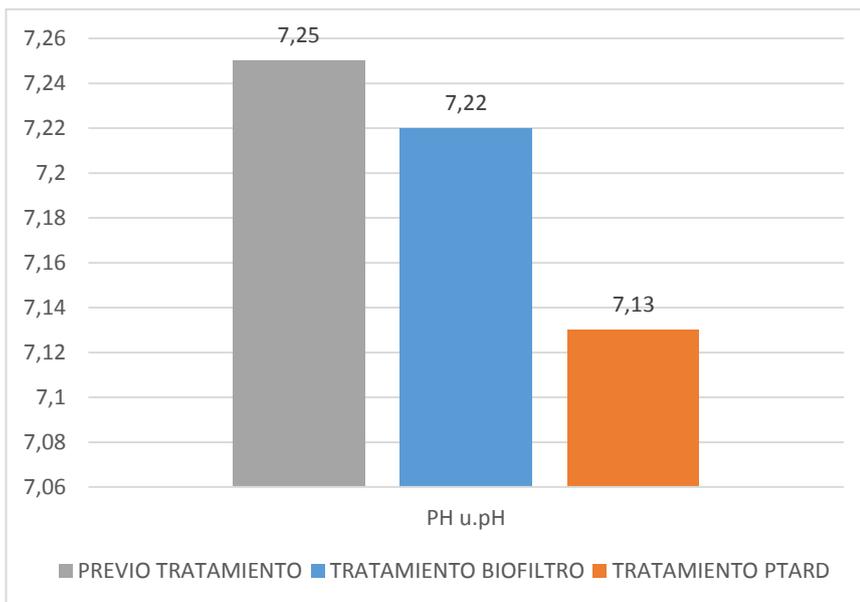
La concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el afluente fue de 145.78 mg/l, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 8.07 mg/l con una efectividad del 94.46%, y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 5.06 mg/l con una efectividad del 96.53% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 2.06%.



**Figura 31.** Remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

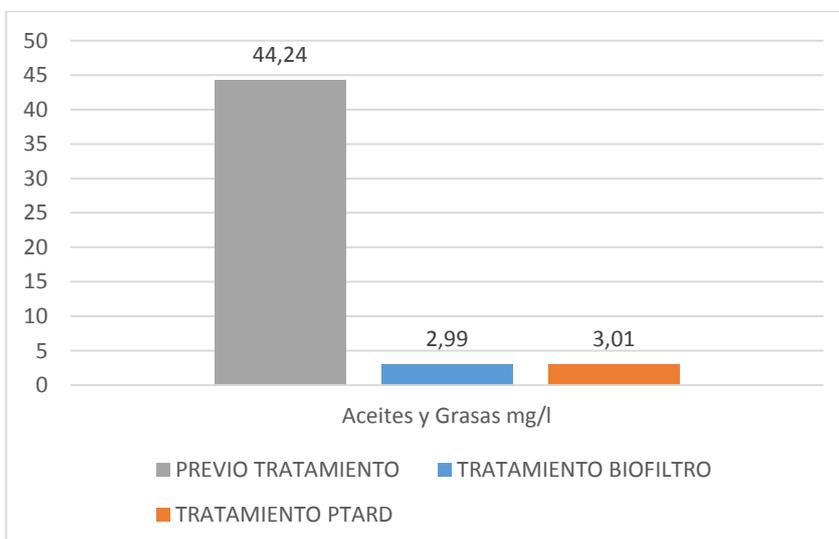
En lo que respecta a la concentración de demanda química de oxígeno en el afluente fue de 336.46mg/l, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 17.18 mg/l con una efectividad del 94.89%, y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 14.37 mg/l con una efectividad del 95.73% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 0.84%.



**Figura 32.** Remoción de pH.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

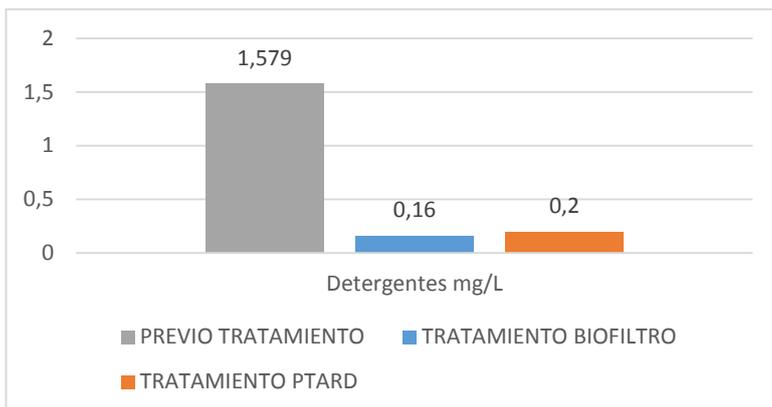
El pH en efluente fue de 7.25, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 7.13, mientras que el biofiltro con *Eisenia Foetida* redujo a 7.22.



**Figura 33.** Remoción de Aceites y Grasas.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

Los aceites y grasas en el afluente fue de 44.24 mg/l, sin embargo, el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 3.01 mg/l con una efectividad del 93.19%, y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 2.99 mg/l con una efectividad del 93.24% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 0.05%.

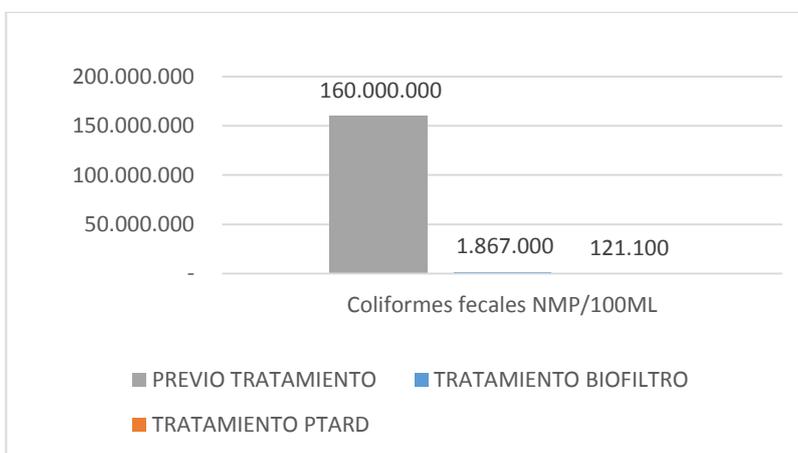


**Figura 34.** Remoción de Detergentes.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

Los detergentes en el afluente fue de 1.579 mg/L, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 0.2 mg/L con una efectividad del 87.33%, mientras el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 0.16 mg/L con una efectividad del 89.87% siendo el tratamiento con el biofiltro con *Eisenia Foetida* más efectivo en un 2.53%.

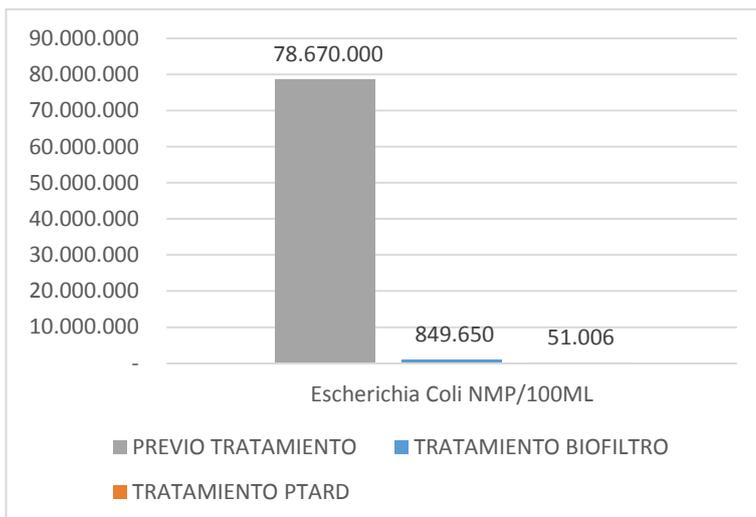
La temperatura inicial del agua residual doméstica sin tratamiento fue de 25,07°C mientras la temperatura del efluente del biofiltro bajó a 22,4°C, no fue posible medir la temperatura a la salida del tratamiento aerobio.



**Figura 35.** Remoción de Coliformes Fecales.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

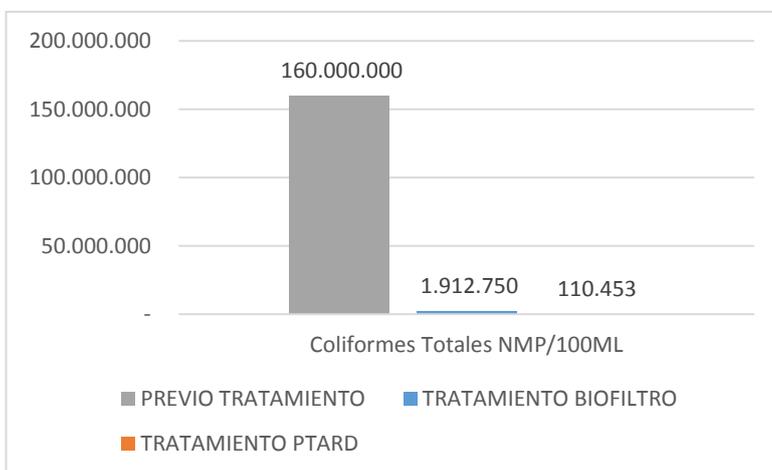
En coliformes fecales en el afluente fue de 160.000.000 NMP/100ml, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 121.100 NMP/100ml con una efectividad del 99.92% y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 667.000 NMP/100ml con una efectividad del 98.83% siendo el tratamiento aerobio más efectivo en un 1.09%.



**Figura 36.** Remoción de Escherichia Coli.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

En la cantidad de Escherichia Coli en el afluente fue de 78.670.000 NMP/100ml; en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 60.956 NPM/100ml con una efectividad del 99.93% y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 289.650 NMP/100ml con una efectividad del 98.92% siendo el tratamiento aerobio más efectivo en un 1.02%.



**Figura 37.** Remoción de Coliformes Totales.

**Elaborado por:** Sánchez & Yungaicela (2020)

En los parámetros microbiológicos la cantidad de coliformes totales en el afluente fue de 160.000.000 NMP/100ml, en el sistema de tratamiento aerobio disminuyó a 110.453 NPM/100ml con una efectividad del 99.93%, y el biofiltro con *Eisenia Foetida* se redujo a 1.912.750 NPM/100ml con una efectividad del 98.80% siendo el tratamiento aerobio más efectivo en un 1.13%.

Se puede comprobar que el Biofiltro con lombrices *Eisenia Foetida* cumplen con la mayoría de los límites permitidos a excepción de 3 (coliformes fecales, *Escherichia Coli* y coliformes totales) por los que para obtener mejores resultados se deberá considerar una cámara de desinfección con pastillas de cloro o radiación ultravioleta.

#### **4.2. Costos**

De acuerdo a la entrevista realizada en la planta de tratamiento de la Urbanización Olimpo indicaron que el costo de construcción fue aproximadamente \$1'742.400,00 para un caudal de 12.5 l/s y tiene costo mensual de funcionamiento aproximado a \$7.266,00 que incluye costo eléctrico, operativo, seguridad, mantenimientos de equipos, químicos y pruebas de laboratorios para el control de calidad.

En cuanto a la planta de tratamiento con biofiltro el costo de construcción aproximado es de \$126.076,71 para un caudal de 12.9 l/s. En base (INEC, ÍNDICES DE PRECIOS DE MATERIALES, 2020) y (CONTRALORÍA GENERAL DEL ESTADO, 2020) se en lista materiales y cantidades para obtener un presupuesto estimado para la construcción sistema de Biofiltro.

**Tabla 13.**

*Presupuesto estimado de construcción de cámaras del sistema del biofiltro.*

RUBRO N°	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO	m2	270	0,94	\$ 253,13
2	REPLANTEO Y NIVELACION	km	7	58,62	\$ 410,33
3	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA HASTA 3.00 m (SUELO SIN CLASIFICAR) INCLUIDO RAZANTEO	M3	245	9,03	\$ 2.212,35
4	PIEDRA BOLA e=15 cm EMPORADO CON SUB-BASE	M2	210	4,49	\$ 942,38
5	ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 kg/cm2	M3	7196	3,77	\$ 27.101,94
6	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO RECTO	M2	100	20,08	\$ 2.008,31
7	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO ESPECIAL	M2	48	13,32	\$ 639,15
8	HORMIGON SIMPLE f'c=210 kg/cm2	M3	45	121,72	\$ 5.477,57
9	HORMIGON SIMPLE f'c=180 kg/cm2	M3	25	99,50	\$ 2.487,47
10	HORMIGON CICLOPEO 60% HS f'c=180 kg/cm2 40% PIEDRA	M3	26	101,00	\$ 2.625,97
11	ENLUCIDO VERTICAL	M2	148	15,36	\$ 2.273,65
12	RELLENO COMPACTADO A MAQUINA	M3	180	2,86	\$ 513,90
13	CAJA DE REVISION 60 X 60 HS f'c=180 kg/cm2 + TAPA DE HORMIGÓN ARMADO e=7 cm	U	2	122,49	\$ 244,97
14	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=600 mm	M	20	49,63	\$ 992,60
15	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=200 mm	M	5	126,92	\$ 634,61
16	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE	M	7	21,73	\$ 152,11
17	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE	M	10	10,14	\$ 101,40
18	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE	M	80	6,12	\$ 489,90
19	SUM. TRANS. E INSTALACION REDUCTORES PVC DESAGUE D=160 mm A 110 mm	U	1	21,14	\$ 21,14
20	SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D=110 mm 300 MPA	U	1	131,44	\$ 131,44
21	SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D=150 mm 300 MPA	U	1	212,16	\$ 212,16
22	SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D=200 mm 300 MPA	U	1	286,97	\$ 286,97
23	PINTURA CON CEMENTO BLANCO	M2	74	6,67	\$ 493,43
24	MALLA HEXAGONAL 5/8" h=1,00 m	M2	100	31,20	\$ 3.119,75
25	MALLA HEXAGONAL 5/8" h=1,50 m	M2	150	54,52	\$ 8.178,56
26	MALLA ELECTRO SOLDADA R-65	M2	225	12,11	\$ 2.723,63
27	CERRAMIENTO 0,60 cm DE MAMPOSTERIA, 1,4 M DE MALLA	M	110	53,58	\$ 5.893,94
28	TUBO POSTE ESTRUCTURAL GALVANIZADO D=2" e=2,00 cm	M	40	43,25	\$ 1.730,15
29	PUERTA DE ACCESO DE TUBO Y MALLA	U	1	543,85	\$ 543,85
30	MATERIAL GRANULAR TRITURADO PARA FILTRO	M3	337,5	105,48	\$ 35.600,77
31	Lombrices Eisenia Foetida	KG	1	90,00	\$ 90,00
32	Bombas sumergibles de aguas negras	U	1	547,23	\$ 547,23
33	Tablero de control (automatización e instalación)	U	1	1180,23	\$ 1.180,23
34	Equipo de cloración (automatización e instalación)	U	1	1623,02	\$ 1.623,02
35	Pastillas de Cloro 200 gramos	U	10	1,35	\$ 13,50
36	Aspersor de aguas negras	U	45	7,38	\$ 332,10
36	Tablero eléctrico	U	1	284,93	\$ 284,93
				SUB-TOTAL	\$ 112.568,50
				12% IVA	\$ 13.508,22
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 126.076,71</b>

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

Se considera además un costo de mensual aproximado de \$3.516.41, en este valor incluye pago de personal, aserrín, viruta, pastillas de cloro, electricidad para el sistema automatizado de riego y pruebas de laboratorios para el control de calidad.

**Tabla 14.***Presupuesto estimado de Costo mensual de operaciones.*

PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE MANTENIMIENTO DE BIOFILTRO			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. PARTIDA
Bombas sumergibles	1	U	\$ 177,90
Equipo automático de cloración	1	U	\$ 104,75
Reparación de módulo	1	U	\$ 33,33
Tablero eléctrico	1	U	\$ 284,93
PRESUPUESTO OPERATIVO			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. PARTIDA
Sustrato filtrante	5	m3	\$ 527,40
Pastillas de Cloro 200 gramos	10	u	\$ 73,80
Geotextil	5	m	\$ 70,90
SUELDOS MENSUALES			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. PARTIDA
Salario básico unificado 2020	2	pers	\$ 800,00
Fondos de reserva (8.33 %)	2	pers	\$ 66,64
OTROS GASTOS			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. PARTIDA
Electricidad	1	U	\$ 100,00
Puebas de laboratorio	1	U	\$ 900,00
			<b>SUB-TOTAL \$ 3.139,65</b>
			<b>12 % IVA \$ 376,76</b>
			<b>TOTAL \$ 3.516,41</b>

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

### 4.3. Comparación de alternativas

Se encuadra las alternativas para una mejor comparación con los siguientes criterios con un prorrateo de puntajes. Se prorratea los puntajes intermedios según la afectación que se produzca:

**Impacto Ambiental 30%:** 0 a la afectación total al ambiente, se asignará 10 a ninguna afectación al ambiente.

**Utilización de Área 10%:** 10 al mínimo uso de terreno y 0 al máximo uso de terreno.

**Costos de inversión 10%:** 10 al costo mínimo y 1 al costo máximo.

**Costos de Operación y Mantenimiento y Energía 10%:** 10 al costo mínimo y 1 al costo máximo.

**Eficiencia de Operación, 10%:** 0 mínima eficiencia y 10 máxima eficiencia en remoción de contaminantes.

**Factor Social 30%:** 0 mínima aceptación y 10 a la máxima aceptación de la comunidad.

**Tabla 15.**

**Matriz de comparación de alternativas bajo el formato exigido por el Ministerio de Medio Ambiente.**

		<b>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS</b>	
<b>ASPECTO A ANALIZAR</b>	<b>PESO RELATIVO</b>	<b>Sistema Aerobio</b>	<b>Sistema Biofiltro</b>
Impacto al Ambiente	30%	Genera malos olores, genera lodos activados, gas no reutilizables por lo que impacta a la atmósfera	No genera malos olores, no genera lodos activados, no contamina aguas subterráneas ni superficiales, no afecta a la biodiversidad
Puntaje		7	10
Area Requerida	10%	Necesita gran espacio	No necesita gran espacio
Puntaje		4	10
Costo de inversion	10%	El costo medio	El costo medio
Puntaje		8	8
Costo operativo	10%	El costo medio	Costo bajo debido a la generación de subproductos
Puntaje		8	9
Eficiencia del sistema y calidad de Efluente	10%	Cumple con las normativas en SST, DBO Y DQO	Cumple con las normativas en SST, DBO Y DQO
Puntaje		10	10
Aceptacion Social	30%	Baja debido al alto impacto ambiental por la generación de malos olores y lodos, necesidad de contar personal calificado.	Sistema con bajos impactos negativos u altos impactos positivos que potencializa la ecología
Puntaje		7	10
Puntaje Final	100%	72	97

*Elaborado por:* Sánchez & Yungaicela (2020)

## CONCLUSIONES

Al finalizar el proceso de comparaciones se puede concluir que el mejor tratamiento de aguas residuales domésticas en el sector Colibrí sería el tratamiento con el biofiltro de lombrices *Eisenia Foetida* por los siguientes motivos:

Las características físicas, químicas y biológicas del agua residual doméstica tratada en el Biofiltro experimental se encuentran por debajo de los límites permisibles de los parámetros medidos y que se indican en el TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE dando un mejor resultado que el tratamiento con el sistema aerobio a excepción de tres parámetros coliformes fecales, *Escherichia Coli* y coliformes totales.

La efectividad en el tratamiento con el biofiltro de lombrices *Eisenia Foetida* fue: Sólidos disueltos totales 92.72%, Sólidos suspendidos totales 97.02%, nitrógeno total Kjeldahl 92.26%, nitratos 88.78%, fósforo total 77.23%, sulfatos 94.89%, demanda bioquímica de oxígeno 96.53%, demanda química de oxígeno 95.73%, aceites y grasas 93.24%, detergentes 89.87%, coliformes fecales 98.83%, *Escherichia Coli* 98.92%, coliformes totales 98.80%.

En el transcurso del proyecto se observó que la lombriz roja californiana se adapta fácilmente a los cambios de alimentación, presentando buen desarrollo y resistencia, además de obtener el beneficio económico para los habitantes de sector por la venta de humus producido por las lombrices.

También se pudo constatar que el Biofiltro con lombriz roja californiana *Eisenia Foetida* no emite malos olores, no produce lodos inestables, no requiere aditivos químicos, no produce lodos, poco consumo de energía, alto grado de purificación de aguas residuales, requiere poco espacio para el tratamiento, produce abono agrícola sin químicos.

Pero tiene de desventaja que dependen mucho del clima – muy frío afecta a la proliferación, muy caliente afecta la mortalidad de las lombrices *Eisenia Foetida*, es necesario realizar horqueto diario lo que se complica si las camas son de grandes dimensiones y es necesario realizar el retiro del humus y agregar aserrín y viruta cada 4 meses para mantener la efectividad del tratamiento.

En cuanto al sistema de tratamiento aerobio tiene de ventaja que realiza tratamiento de aguas residuales domésticas biodegradables, tiene un gran rendimiento ya que de un gr de materia orgánica se obtiene 0.4 gr de biomasa, posee facilidad de operación,

reduce los coliformes y organismos patógenos, pueden emplearse un mayor número de tipos de bacterias para la digestión.

Tiene como desventaja que los gastos energéticos son elevados, costos altos de operación, necesidad de gran espacio físico, necesidad de cercado vegetación para disminuir impacto ambiental.

Analizando los costos se puede indicar que los costos de una planta de tratamiento con sistema aerobio tiene un costo alto como el de la Urbanización Olimpo que fue de \$1'742.400,00 para un caudal de 12.5 l/s con costo mensual de funcionamiento aproximado a \$7.266,00, en comparación del costo de construcción de la planta de tratamiento con biofiltro aproximado es de \$126.076,71 para un caudal de 12.9 l/s. En base (INEC, ÍNDICES DE PRECIOS DE MATERIALES, 2020) y (CONTRALORÍA GENERAL DEL ESTADO, 2020) se enlista materiales y cantidades del presupuesto estimado para la construcción sistema de Biofiltro.

Y se considera además un costo de mensual aproximado de \$3.516.41, en este valor incluye pago de personal, aserrín, viruta, pastillas de cloro, electricidad para el sistema automatizado de riego y pruebas de laboratorios para el control de calidad.

## RECOMENDACIONES

Después de finalizar este proyecto se recomienda la implementación del biofiltro con lombrices *Eisenia Foetida* por ser más ecológico y tener beneficio económico para el tratamiento de aguas residuales domésticas del sector Colibrí.

Para que el sistema del biofiltro con lombrices *Eisenia Foetida* cumpla con los parámetros establecidos por las Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario se recomienda una cámara de desinfección con pastillas de cloro o radiación ultravioleta.

Se recomienda que se estudie la construcción de cubierta y cerramiento para la climatización del Biofiltro con el fin de mejorar la habitabilidad de las lombrices además de protegerlas del sol y de aves.

Se recomienda la planta de tratamiento con biofiltro especialmente porque no genera malos olores ni lodos residuales sino que genera humus, el cual además de ser un gran fertilizante mejora la capacidad de producción de la tierra, previene erosión, ayuda al desarrollo, nutrición y rendimiento de las plantas además que sí se lo comercializa es una fuente económica alterna.

En este estudio no fue realizado análisis de metales pesados en el humus, por lo que se recomienda realizar este análisis antes de ser usado para que sea usado en el suelo agrícola sin riesgos basado en los parámetros establecidos que debe tener el abono agrícola.

Sería beneficioso antes de implementar el proyecto que se efectuó un estudio completo e instalaciones del sistema de alcantarillado sanitario en el sector Colibrí, pese que en este estudio se incluye diseño de la planta, no incluye los procesos constructivos ni planos.

## GLOSARIO

- **Aerobio**

Proceso que se utiliza el oxígeno para la oxidación de una capa o estrato.

- **Adsorción.**

Paso por el cual algún líquido es atraído a otro material tanto por fuerzas físicas como químicas.

- **Afluente.**

Agua residual u otro líquido que ingrese a algún proceso de tratamiento.

- **Agua servida tratada.**

Agua servida tratada previamente antes de su disposición final en cuerpos de agua.

- **Agua servida.**

Agua residual no tratada de diferentes tipos de usuarios.

- **Ambiente.**

Sistema integrado por componentes naturales, sociales, elementos biofísicos, en interacción con el ser humano.

- **Biodegradable.**

Sustancia y materiales que se deshacen rápidamente por acción de organismos tales como bacterias y hongos.

- **Biofiltro.**

Filtros biológicos que utilizan materiales orgánicos e inorgánicos reteniendo materia orgánica que será consumida y degradada por la actividad microbológica.

- **Bacterias.**

Microorganismos que se encuentran en aguas residuales.

- **Bacteria Coliforme.**

Bacterias que se alojan en los intestinos, también conocida como Escherichia Coli, su presencia en los análisis indica presencia de heces

- **Coagulación.**

Fase en la que pequeñas partículas suspendidas en el agua forman grupos grandes para sedimentarse con ayuda de sustancias coagulantes, los más usados son sales de aluminio o hierro, tales como sulfato de aluminio, el cloruro férrico y el sulfato férrico.

- **Coloides.**

Sólidos que no se sedimentan por gravedad, pero se pueden eliminar mediante coagulación, filtración o acción biológica.

- **Contaminación.**

Modificación física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos.

- **Cloro Activo.**

Cuantía de cloro que físicamente va a desinfectar el agua.

- **Cloro Residual.**

Cuantía de cloro que permanece en el agua después transcurrir un tiempo aproximado de 30 minutos de contacto con el agua a purificar.

- **Contaminación.**

Alteración negativa de un ecosistema.

- **Contaminante.**

Elementos, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, que dañen al ecosistema.

- **Conexión de alcantarillado sanitario.**

Es la instalación del predio con las instalaciones del servicio público de alcantarillado.

- **Decloración.**

Proceso en el que se remueve restos de cloro para que antes de su descarga deje de ser toxica para la vida acuática, usualmente se usan compuestos químicos como el dióxido de sulfuro, el sulfito de sodio.

- **DQO**

Cantidad de oxígeno necesario para que oxide la materia orgánica del agua, bajo agentes oxidantes, temperatura y tiempo

- **DBQ**

Cantidad de oxígeno usado por microorganismos en estabilización de materia orgánica biodegradable.

- **Daño ambiental.**

Alteración que produce efectos negativos al ambiente y afecta a las especies, la conservación y equilibrio de los ecosistemas.

- **Desecho.**  
Residuo que se elimina por falta de utilidad.
- **Ecosistema.**  
Sistema biológico constituido por seres vivos y medio natural que conviven con variables ambientales bióticas y abióticas de un área determinada.
- **Efluente.**  
Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Estepa**  
Vegetación compuesta de plantas aisladas y adaptadas a la sequedad.
- **Impacto ambiental.**  
Cambios causados al medio ambiente, pueden ser positivas, negativas, directas, indirectas, generadas por una actividad obra, proyecto público o privado.
- **Filtración.**  
Proceso donde se eliminan las partículas y microorganismos a través de un manto poroso.
- **Floculación.**  
Añadida de compuestos químicos de sales de aluminio y de hierro para formar flóculos, agregado insoluble que puede atraer a la materia orgánica coloidal y depositarse fácilmente.
- **Flóculos**  
Acumulación de partículas suspendidas
- **Lodos.**  
Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas.
- **Lodos Activados.**  
Procedimiento biológico en ambiente químico aerobio, donde se retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.
- **Lombricultura.**  
Biotecnología que utiliza a una especie de lombriz domesticada.
- **Lombriz *Eisenia Foetida*.**  
Conocida como lombriz roja californiana que recicla toda clase de materia orgánica.

- **Microorganismo Patógeno.**

Bacteria, virus u otros organismos de tamaño microscópico que causan enfermedades.

- **Nivel Freático.**

Zona inundada con agua subterránea que está ubicada debajo del nivel de terreno.

- **Neutralización.**

Proceso en la que una solución ácida o básica pasa a ser neutra

- **Oxidación.**

Conversión de materia orgánica en formas más simples y estables con liberación de energía. Esto se puede lograr con medios químicos o biológicos.

- **Oxidación biológica.**

Proceso mediante el cual los organismos vivos en presencia de oxígeno convierten la materia orgánica en una forma más estable o mineral.

- **Percolar.**

Acción por la que el agua atraviesa el suelo hacia abajo.

- **Permeabilidad.**

Capacidad de un material para transmitir un fluido.

- **Predio.**

Inmueble al cual se sirve las conexiones de alcantarillado sanitario.

- **Red intradomiciliaria.**

Conjunto de tuberías, accesorios y equipos que componen a un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales de un predio.

- **Riego por Aspersión.**

Es la aplicación del agua con la forma de lluvia en cantidades pequeñas para evitar que se empoce el agua en una zona seleccionada.

- **Sedimentación.**

Proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de gravedad. Asentamiento de los sólidos suspendidos en el agua.

- **Sistemas de tratamientos convencionales.**

Sistemas que involucran mecanización y se dividen a su vez según el tipo de cultivo que se trate, a saber cultivo fijo como biomasa adherida en forma de película en un medio de soporte, o cultivo suspendido biomasa. Estos pueden clasificarse como: 1)

Cultivo Suspendido como Lodos activados en todas sus modalidades; 2) Lagunas Aireadas.

- **Sistemas de tratamientos no convencionales.**

No involucran mecanización. Dentro de este sistema no convencional se encuentra el Sistema con Biofiltro.

- **Solubilidad.**

La cantidad de masa de un compuesto que puede disolverse por unidad de volumen de agua.

- **SST**

Fracciones de sólidos totales retenidos en un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado en una temperatura específica.

- **SSV**

Sólidos que pueden ser incinerados o volatizados cuando los sólidos suspendidos totales son calcinados a temperaturas de  $500 \pm 50 \text{ C}^\circ$  la concentración de sólidos volátiles suele considerarse como una medida aproximada del contenido de materia orgánica

- **VF**

Sistema de filtración con materiales granulares y lombrices de tierra.

- **Zona marginal.**

Sector identificado con un nivel socio económico con ingresos bajos carente de infraestructura de servicios básicos (agua potable, alcantarillado sanitario y/o energía eléctrica)

## BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Obtenido de <http://www.encyclopediadelecuador.com/geografia-del-ecuador/chongon/>
- AGROFLOR. (2017). *Técnicas de Lombricultura. Manual Técnico*.
- Alexander, R. J., & Nelson, L. J. (2015). Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie *Eisenia Foetida*. Vol 5. MUTIS.
- AMBIENTAL, A. I. (2016). A.V.F. *INGENIERÍA AMBIENTAL. Fundación para la Transferencia Tecnológica. Universidad de Chile. "Programa de Descontaminación de Aguas, Biofiltro"*.
- Americas, W. Q. (2017). *Especificaciones Técnicas para el diseño de trampa de grasa*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/>.
- ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISL. (2019). *NORMAS TÉCNICAS. NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUA RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. ECUADOR*.
- Arzate, J. A. (MARZO de 2015). Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/24418/UAEM-FAPUR-TESIS-AYALA%2CJORGE%20pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AyA, S. E. (2017). *AyA invierte en Saneamiento de Aguas*. Costa Rica.
- CONTRALORÍA GENERAL DEL ESTADO. (ENERO de 2020). *REAJUSTE DE PRECIOS Y SALARIOS MÍNIMOS POR LEY*.
- Edukativos. (2016).
- Geographic, N. (2015).
- grasa, E. T. (2017). *OPS-CEPIS de lima*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/>.
- Guevara, J. C. (2017 - 2018). Obtenido de <file:///C:/Users/katty/Downloads/Juan%20Rivera%20-%20tesis%20final.pdf>
- IGM. (s.f.). [www.igm.gob.ec](http://www.igm.gob.ec). Obtenido de [http://www.igm.gob.ec/work/files/cartabase/m/MV\\_B4.htm](http://www.igm.gob.ec/work/files/cartabase/m/MV_B4.htm)
- INEC. (2010).
- INEC. (ENERO de 2020). *ÍNDICES DE PRECIOS DE MATERIALES*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/IPCO/IPCO-Publicaciones/2020/ipco\\_238\\_Enero\\_2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/IPCO/IPCO-Publicaciones/2020/ipco_238_Enero_2020.pdf)
- INTERAGUA. (ENERO de 2019).
- Jiménez, I. D. (s.f.).

- Mejía, F. P. (2016). Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas. *Tesis de pregrado*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ministerio del Interior y Seguridad de Chile. (2017). *Innovacion Provincial de Chile*. Obtenido de <http://www.innovacionprovincial.gob.cl/proyectos-2017/>
- Naciph Mora, K. A. (diciembre de 2016). Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6127>
- OMS. (2016).
- PAZMIÑO, N. P. (2015). Tesis: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN A ESCALA DE UN BIOFILTRO TOHÁ EN LA ESPOCH PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROCEDENTES DE LA COMUNIDAD LANGOS LA NUBE. Riobamba, Ecuador.
- Raffino, M. E. (23 de Febrero de 2020). *conceptode*. Obtenido de <https://conceptode/investigacion-cientifica/>.
- ROCA, J. P. (2017). *LEYENDAS, TRADICIONES Y PAGINAS DE LA HISTORIA DE GUAYAQUIL*. S.C.I.C., L. (s.f.). *Centro de Investigación y Desarrollo en la ciudad de Quito, Ecuador*. Obtenido de <http://www.lombricultura.net>.
- SALAZAR, P. (2017). Sistema Tohá: Una Alternativa Ecológica para Tratamiento de Aguas Residuales en Sectores Rurales. Chile.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA, G. D. (2016). *Lombricultura*. Mexico.
- SENAGUA. (2016).
- Sinha. (2018).
- Spellman, F. (2017). *Handbook of water & wastewater treatment plant operations*. Florida: CRC Press LLC.
- Tamayo, M. T. (5 de noviembre de 2019). *El Proceso de la Investigación*. Limusa Noriega Editores.
- Tarun, K. (2015). Evaluation of vermifiltration process using natural ingredients vol. 75. Tecnológica., F. p. (2016). *Programa de Descontaminación de Aguas, Biofiltro*.
- Toha, s. (s.f.). 2014. Obtenido de <http://sistematoha.cl/newSistematoha/escuela-amazonia-yasuni-2014/>
- UNESCO. (2017).
- Yarlequé, P. C. (2018). *Repositorio Institucional Pirhua*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/3636>
- A.V.F. INGENIERÍA AMBIENTAL. Fundación para la Transferencia Tecnológica. Universidad de Chile. “Programa de Descontaminación de Aguas, Biofiltro”
- Registro Oficial – Edición especial – año II n° 522 agosto 22 de 2019

Robert V. Labaree (2017). Organizing Your Social Sciences Research Paper: Independent and Dependent Variables. University of Southern California – USC Libraries – Research Guides. Recuperado de [libguides.usc.edu](http://libguides.usc.edu)

<https://blogdelagua.com/actualidad/tratamiento-aguas-residuales-con-lombrices/>

<https://definicion.org>

<https://documentos.arq.com.mx>

<https://explorable.com/es/variables-de-investigacion>

[https://issuu.com/albertozaldivarcabanillas/docs/ingenier\\_\\_a\\_de\\_aguas\\_residuales](https://issuu.com/albertozaldivarcabanillas/docs/ingenier__a_de_aguas_residuales)

<https://issuu.com/viictorialira/docs/revista-aguasresiduales>

<http://legislacion7.blogspot.com/2016/02/piramide-de-kelsen.htm>

<http://lombrizrojaurbana.blogspot.com/2015/06/planta-de-tratamiento-partir-de.html>

<https://prezi.com/dxuufszsvgtajerarquia-normati-va-y-reforma-de-la-constitucion/?webg>

<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6085>

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiacionCientifica.pdf>

<https://sistematoha.cl/newSistematoha/>

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Cálculos para planta a escala real

### Cálculo de población a 25 años

Para realizar el cálculo poblacional futuro se basa en la tabla del INEN 2010, en la que indica que en Guayaquil se tiene un crecimiento poblacional de 1,54%, se usa la fórmula:

$$Pf = Po(1 + \alpha)t$$

Dónde:

**Pf** = Población futura

**Po** = Población actual

**$\alpha$**  = Tasa de crecimiento poblacional

t = Tiempo (Vida útil del sistema)

$$Pf = 4682 \text{ personas } (1+1,54\%)^{25}$$

$$Pf = 6860,57 \approx 6861 \text{ personas}$$

### Cálculo de Dotación Futura

Para este proyecto se ha considerado una población futura de 6861 personas, por consiguiente es necesario obtener el consumo medio en a los 25 años que se proyectaría el sistema de tratamiento, lo obtendremos con la fórmula:

$$Df = Do(1+\alpha)t$$

Siendo:

**Do** = Dotación presente

t = tiempo

**$\alpha$**  = Incremento poblacional

$$Df = 138,723 \text{ litros/día/persona } (1+1,54\%)^{25}$$

$$Df = 203,27 \text{ litros/día/persona}$$

### Cálculo del caudal medio diario (Qmed)

Es el caudal a que aportará la población al sistema de tratamiento, se lo calcula a través de la siguiente fórmula:

$$Q_{med} = \frac{80\% * Pf * Df}{86400}$$

Dónde:

**80%** Porcentaje de retorno (aguas residuales domésticas)

**Pf** Población futura = 6861 *habitantes*

**Df** Dotación futura de agua potable = 203,27 litros/día/persona

$$Q_{\text{medio}} = \frac{0,80 \times 6861 \text{ personas} \times 203,27 \text{ litros. persona. día}}{86400}$$

**Caudal medio diario = 12,91 l/s**

### **Cálculo del caudal Máximo (Q<sub>máx</sub>)**

Este es el caudal máximo que se presentará en cierto punto del día, para (Spellman, 2017) el caudal puede calcularse con la fórmula:

$$Q_{\text{máx}} = Q_{\text{med}} * \left( 1,2 + \frac{2,6}{\sqrt[4]{Q_{\text{med}}}} \right)$$
$$Q_{\text{máx}} = 12,91 * \left( 1,2 + \frac{2,6}{\sqrt[4]{12,91}} \right)$$

Q<sub>máx</sub> = 33,31 l/s

### **Cálculo del caudal Mínimo (Q<sub>min</sub>)**

Es el caudal mínimo con el que trabajará la planta y se lo obtiene con la fórmula:

$$Q_{\text{min}} = 0,3 Q_{\text{med}}$$

$$Q_{\text{min}} = 0,3 * 12,91 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{min}} = 3,87 \text{ l/s}$$

### **Homogenización**

Es un tanque que tendrá como finalidad almacenar y homogenizar las aguas residuales domésticas, por lo cual debe impermeable de hormigón armado de 1.5 m profundidad, 2 m de ancho y 3.5 m de largo en el cual podrá retener 10.5 m<sup>3</sup> de agua residual doméstica, la misma que será dirigida a las siguientes cámaras.

### **Cámara de rejillas**

La cámara de rejillas es el primer proceso que se realizará con la finalidad de disminuir sólidos en suspensión que contienen las aguas residuales crudas para evitar taponamiento en los conductos.

Basada en las especificaciones indicadas (Americas, 2017) la cámara de tendrá una profundidad de 1.5 m, acho de 1 m y largo de 2 m, con capacidad de almacenamiento de 3 m<sup>3</sup>.

### Área útil de la rejilla

$$AR = Bc * \frac{L}{L + b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

Dónde:

AR = Área útil en la zona de la rejilla,

Bc = Ancho del canal

L = Espacio entre barrotes

b = Diámetro de barrotes

G = Grado de colmatación usualmente se adopta un valor de 30%

$$AR = 1,2 * \frac{0,40}{0,40 + 0,012} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

AR = 0.65 m<sup>2</sup>

### Número de barrotes

Para el conocer la cantidad de barrotes necesarios usamos la fórmula:

$$N = \frac{Bc - L}{b + L}$$

Dónde:

N = Número de barrotes

Bc = Ancho del canal

L = Espacio entre barrotes

b = Diámetro de barrotes

$$N = \frac{1,2 - 0,04}{0,012 + 0,04}$$

N = 22,31 ≈ 22 barrotes

### Trampa de grasa.

Para (Americas, 2017) se recomienda las siguientes especificaciones para el diseño de la trampa de grasa:

- La relación largo/ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendido entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad deberá ser mayor a 0,80 m y menor a 2.00 m.

- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser mayor 0,30 m.
- La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento o desalojo de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual deberá estar a 0,05 m por encima del nivel de agua.
- Para caudales inferiores a 1l/s, el volumen máximo de tanque será de 2m<sup>3</sup>.
- El tiempo de retención hidráulico será menor a 45 minutos y permitirá regular un caudal constante a través de todo el sistema consecuente.

En base a lo antes indicado la cámara de grasa tendrán una profundidad de 1.5 m, ancho de 2 m y largo de 4 m, con capacidad de almacenamiento de 12 m<sup>3</sup>.

### **Biofiltro**

Tomando en consideración el experimento realizado, se considera que para un caudal medio diario de 12.9 l/s se puede construir un módulo de profundidad de 1.5 m, ancho de 15 m y largo de 15 m. El cual será construido con muros de bloques con columnas de hormigón armado e impermeabilizante. El contra piso será de 12 cm de espesor con malla electro soldada, con drenaje para evacuar el agua tratada.

### **Red de riego**

El sistema de riego del Biofiltro será realizado con aspersores, se debe considerar el que tengan un riego de poca uniforme para evitar que se empoce el agua a tratar además que tenga baja trayectoria con el fin de evitar que el agua salga del módulo.

**Anexo 2. APUS**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO : DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO					
UNIDAD: m2					
HOJA 1 DE 28					
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,03	0,03
SUBTOTAL A					0,03
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	2	3,60	7,20	0,10	0,72
SUBTOTAL B					0,72
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
					0,00
SUBTOTAL C					0,00
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					0,75
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	0,19
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,94
VALOR OFERTADO					0,94
Son: NOVENTA Y CUATRO CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	REPLANTEO Y NIVELACION				
UNIDAD:	km				
			HOJA	2	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			1,5	1,5
APARATOS DE TOPOGRAFIA,	1	1	3	4	12
NIVEL	1	1	1	4	4
SUBTOTAL A					17,5
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
TOPOGRAFO	1	4,04	4,04	2,00	8,08
CADENERO	1	3,60	3,60	2,00	7,20
PEON	1	3,60	3,60	2,00	7,20
SUBTOTAL B					22,48
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
PINTURA ANTICORRISIVA		GL	0,10	19,15	1,92
ESTACAS 2.50X2.50 CM.		U	50,00	0,10	5,00
SUBTOTAL C					6,92
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					46,90
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5					25 11,72
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					58,62
VALOR OFERTADO					58,62
Son: CINCUENTA Y OCHO DOLARES CON SESENTA Y DOS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA HASTA 3.00 m (SUELO SIN CLASIFICAR) INCLUIDO				
	RAZANTEO				
UNIDAD:	M3				
			HOJA	3	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,10	0,10
RETROEXCAVADORA	1	30	30	0,20	6,00
SUBTOTAL A					6,10
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE DE MAQUINAF	1	3,60	3,60	0,10	0,36
OPERADOR DE RETROEXC/	1	4,04	4,04	0,10	0,40
PEON	1	3,60	3,60	0,10	0,36
SUBTOTAL B					1,12
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
SUBTOTAL C					0,00
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					7,22
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	1,81
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9,03
VALOR OFERTADO					9,03
Son: NUEVE DOLARES CON TRES CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO : PIEDRA BOLA e=15 cm EMPORADO CON SUB-BASE					
UNIDAD: M2					
HOJA 4 DE 28					
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,07	0,07
SUBTOTAL A					0,07
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	2	3,60	7,20	0,20	1,44
Albañil	1	3,65	3,65	0,20	0,73
SUBTOTAL B					2,17
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
PIEDRA BOLA		m3	0,12	9,00	1,08
SUB-BASE		m3	0,03	9,00	0,27
SUBTOTAL C					1,35
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					3,59
INDIRECTOS Y UTILIDADES( 25					0,90
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4,49
VALOR OFERTADO					4,49
Son: CUATRO DOLARES CON CUARENTA Y NUEVE CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO : ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 kg/cm2					
UNIDAD: M3					
HOJA 5 DE 28					
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,01	0,01
CIZALLA	1	2,8	2,8	0,03	0,08
SUBTOTAL A					0,094
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	1	3,60	3,60	0,03	0,11
Albañil	1	3,65	3,65	0,03	0,11
FIERRERO	1	3,65	3,65	0,03	0,11
SUBTOTAL B					0,33
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Varilla corrugada		Kg	1,02	2,50	2,55
Alambre galvanizado # 18		Kg	0,03	1,40	0,04
SUBTOTAL C					2,59
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					3,01
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	0,75
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3,77
VALOR OFERTADO					3,77
Son: TRES DOLARES CON SETENTA Y SIETE CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO RECTO				
UNIDAD:	M2				
			HOJA	6	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,08	0,08
SUBTOTAL A					0,08
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	3	3,60	10,80	0,17	1,84
Albañil	1	3,65	3,65	0,17	0,62
SUBTOTAL B					2,46
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
TABLAS DE MONTE 0,23X2,20 M (2 USOS)		U	1,10	2,65	2,92
PINGOS DE EUCALIPTO L=2,50 M		U	2,50	0,95	2,38
LISTONES DE 5X5 CM RECTOS		M	1,00	1,25	1,25
CLAVOS DE 2 Y 3"		KG	0,50	5,80	2,90
SEPARADORES e=15 cm		U	1,20	0,80	0,96
CUARTONES DE MADERA DE 7X7 cm		M	1,00	2,85	2,85
ALAMBRE DE AMARRE N°18		KG	0,20	1,40	0,28
SUBTOTAL C					13,53
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					16,07
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					25 4,02
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					20,08
VALOR OFERTADO					20,08
Son: VEINTE DOLARES CON OCHO CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ESPECIAL				
UNIDAD:	M2				
	HOJA	7	DE	28	
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,20	0,20
SUBTOTAL A					0,20
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	2	3,60	7,20	0,15	1,08
Albañil	3	3,65	10,95	0,15	1,64
SUBTOTAL B					2,72
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
TABLAS DE MONTE 0,23X2,20 M (2 USO:		U	1,10	1,65	1,82
PINGOS DE EUCALIPTO L=2,50 M		U	2,50	0,75	1,88
LISTONES DE 5X5 CM RECTOS		M	1,00	0,75	0,75
CLAVOS DE 2 Y 3"		KG	0,50	1,50	0,75
SEPARADORES e=15 cm		U	1,20	0,80	0,96
CUARTONES DE MADERA DE 7X7 cm		M	1,00	1,30	1,30
ALAMBRE DE AMARRE N°18		KG	0,20	1,40	0,28
SUBTOTAL C					7,73
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					10,65
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	2,66
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					13,32
VALOR OFERTADO					13,32
Son: TRECE DOLARES CON TREINTA Y DOS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	HORMIGON SIMPLE f'c=210 kg/cm2				
UNIDAD:	M3				
			HOJA	8	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,37	0,37
Concretera	1	25	3,13	0,50	1,57
Vibrador	1	15	1,88	0,50	0,94
SUBTOTAL A					2,88
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	4	3,60	14,40	0,50	7,20
Albañil	2	3,65	7,30	0,50	3,65
SUBTOTAL B					10,85
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
CEMENTO PORTLAND		SACO	8,00	8,24	65,92
ARENA NEGRA		M3	0,60	10,00	6,00
RIPIO TRITURADO		M3	0,90	13,00	11,70
AGUA		M3	0,20	0,17	0,03
SUBTOTAL C					83,65
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					97,38
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5					25 24,34
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					121,72
VALOR OFERTADO					121,72
Son: CIENTO VEINTIUN DOLARES CON SETENTA Y DOS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	HORMIGON SIMPLE f'c=180 kg/cm2				
UNIDAD:	M3				
			HOJA	9	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,37	0,37
Concreteira	1	25	3,13	0,50	1,57
Vibrador	1	15	1,88	0,50	0,94
SUBTOTAL A					2,88
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	4	3,60	14,40	0,50	7,20
Albañil	2	3,65	7,30	0,50	3,65
SUBTOTAL B					10,85
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
CEMENTO PORTLAND		SACO	6,00	8,24	49,44
ARENA NEGRA		M3	0,60	10,00	6,00
RIPIO TRITURADO		M3	0,80	13,00	10,40
AGUA		M3	0,20	0,17	0,03
SUBTOTAL C					65,87
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					79,60
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					25 19,90
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					99,50
VALOR OFERTADO					99,50
Son: NOVENTA Y NUEVE DOLARES CON CINCUENTA CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	HORMIGON CICLOPEO 60 % HS f'c=180 kg/cm2 40% PIEDRA				
UNIDAD:	M3				
			HOJA	10	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,37	0,37
Concretera	1	25	3,13	0,50	1,57
Vibrador	1	25	1,88	0,50	0,94
SUBTOTAL A					2,88
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	4	3,60	14,40	0,50	7,20
Albañil	2	3,65	7,30	0,50	3,65
SUBTOTAL B					10,85
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
CEMENTO PORTLAND		SACO	6,00	8,24	49,44
ARENA NEGRA		M3	0,60	10,00	6,00
RIPIO TRITURADO		M3	0,80	13,00	10,40
AGUA		M3	0,20	0,17	0,03
PIEDRA		M3	0,20	6,00	1,20
SUBTOTAL C					67,07
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					80,80
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5					25 20,20
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					101,00
VALOR OFERTADO					101,00
Son: CIENTO UN DOLARES CON CERO CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	ENLUCIDO VERTICAL				
UNIDAD:	M2				
			HOJA	11	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,16	0,16
SUBTOTAL A					0,16
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	2	3,60	7,20	0,44	3,17
Albañil	1	3,65	3,65	0,44	1,61
SUBTOTAL B					4,77
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
CEMENTO PORTLAND		SACO	0,50	8,24	4,12
ARENA		M3	0,12	10,00	1,20
AGUA		M3	0,20	0,17	0,03
ADITIVO		GL	1,00	2,00	2,00
SUBTOTAL C					7,35
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					12,29
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	3,07
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15,36
VALOR OFERTADO					15,36
Son: QUINCE DOLARES CON TREINTA Y SEIS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	RELLENO COMPACTADO A MAQUINA				
UNIDAD:	M3				
			HOJA	12	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,05	0,05
Compactador mecánico	1	2,50	2,50	0,30	0,75
SUBTOTAL A					0,80
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	1	3,60	3,60	0,20	0,72
Albañil	1	3,65	3,65	0,20	0,73
SUBTOTAL B					1,45
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
AGUA		M3	0,20	0,17	0,03
SUBTOTAL C					0,03
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					2,28
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5				25	0,57
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,86
VALOR OFERTADO					2,86
Son: DOS DOLARES CON OCHENTA Y SEIS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO : CAJA DE REVISION 60 X 60 HS f'c=180 kg/cm2 + TAPA DE HORMIGÓN ARMADO e=7 cm					
UNIDAD: U					
HOJA 13 DE 28					
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,30	0,30
SUBTOTAL A					0,30
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	2	3,65	7,30	1,00	7,30
MAESTRO MAYOR	2	4,04	8,08	1,00	8,08
SUBTOTAL B					15,38
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
CEMENTO PORTLAND		SACO	6,00	8,24	49,44
ARENA		M3	1,20	10,00	12,00
RIPIO TRITURADO		M3	1,60	13,00	20,80
AGUA		M3	0,40	0,17	0,07
SUBTOTAL C					82,31
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					97,99
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 25					24,50
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					122,49
VALOR OFERTADO					122,49
Son: CIENTO VEINTIDOS DOLARES CON CUARENTA Y NUEVE CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=600 mm				
UNIDAD:	M				
		HOJA	14	DE	28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,05	0,05
SUBTOTAL A					0,05
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,12	0,43
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,12	0,48
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,12	0,44
SUBTOTAL B					1,35
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Tubería PVC D=600 mm		U	1,05	36,16	37,97
Pegamento		LT	0,10	2,81	0,28
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
SUBTOTAL C					38,30
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					39,70
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					25 9,93
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					49,63
VALOR OFERTADO					49,63
Son: CUARENTA Y NUEVE DOLARES CON SESENTA Y TRES CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=200 mm				
UNIDAD:	M				
			HOJA	15	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,05	0,05
SUBTOTAL A					0,05
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,12	0,43
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,12	0,48
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,12	0,44
SUBTOTAL B					1,35
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Tubería PVC D=200 mm		U	1,05	95,05	99,80
Pegamento		LT	0,10	2,81	0,28
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
SUBTOTAL C					100,14
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSF.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					101,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	25,38
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					126,92
VALOR OFERTADO					126,92
Son: CIENTO VEINTISEIS DOLARES CON NOVENTA Y DOS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE D=110 mm				
UNIDAD:	M				
	HOJA	16	DE	28	
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,02	0,02
SUBTOTAL A					0,02
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,05	0,18
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,05	0,20
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,05	0,18
SUBTOTAL B					0,56
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Tubería PVC D=110 mm		U	1,05	15,68	16,46
Pegamento		LT	0,10	2,81	0,28
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
SUBTOTAL C					16,80
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					17,38
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5					25 4,35
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					21,73
VALOR OFERTADO					21,73
Son: VEINTIUN DOLARES CON SETENTA Y TRES CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE D=50 mm				
UNIDAD:	M				
			HOJA	17	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,02	0,02
SUBTOTAL A					0,02
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,05	0,18
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,05	0,20
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,05	0,18
SUBTOTAL B					0,56
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Tubería PVC D=50 mm		U	1,05	6,85	7,19
Pegamento		LT	0,10	2,81	0,28
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
SUBTOTAL C					7,53
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					8,11
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	2,03
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10,14
VALOR OFERTADO					10,14
Son: DIEZ DOLARES CON SEIS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE D=20 mm				
UNIDAD:	M				
		HOJA	18	DE	28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,02	0,02
SUBTOTAL A					0,02
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,05	0,18
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,05	0,20
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,05	0,18
SUBTOTAL B					0,56
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Tubería PVC D=20 mm		U	1,05	3,79	3,98
Pegamento		LT	0,10	2,81	0,28
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
SUBTOTAL C					4,32
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					4,90
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					25
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6,12
VALOR OFERTADO					6,12
Son: SEIS DOLARES CON DOCE CENTAVOS					

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO : SUM. TRANS. E INSTALACION REDUCTORES PVC DESAGUE D=160 mm A 110 mm

UNIDAD: U

HOJA 19 DE 28

**ESPECIFICACIONES:**

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,02	0,02

**SUBTOTAL A** 0,02

MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,05	0,18
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,05	0,20
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,05	0,18

**SUBTOTAL B** 0,56

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
REDUCTORES PVC DESAGUE D=160 mm /	U	1,05	15,23	15,99
Pegamento	LT	0,10	2,81	0,28
Lija	PLIEGO	0,10	0,55	0,06

**SUBTOTAL C** 16,33

TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
				0,00

**SUBTOTAL D** 0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)	16,91
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	25 4,23
OTROS INDIRECTOS(%)	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	21,14
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>21,14</b>

Son: VEINTIUN DOLARES CON CATORCE CENTAVOS

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D=110 mm 300 MPA				
UNIDAD:	U				
	HOJA	20	DE	28	
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			1,12	1,12
SUBTOTAL A					1,12
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	3,00	10,80
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	3,00	12,12
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	3,00	10,95
SUBTOTAL B					33,87
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Válvula de compuerta d=110 mm, 300 l		U	1,05	66,50	69,83
Pegamento		LT	0,10	2,81	0,28
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
SUBTOTAL C					70,16
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					105,15
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5)					26,29
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					131,44
VALOR OFERTADO					131,44
Son: CIENTO TREINTA Y UN Y CINCO DOLARES CON CUARENTA Y CUATRO CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO : SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D=150 mm 300 MPA					
UNIDAD: U					
HOJA 21 DE 28					
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			1,12	1,12
SUBTOTAL A					1,12
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	3,00	10,80
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	3,00	12,12
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	3,00	10,95
SUBTOTAL B					33,87
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Válvula de compuerta d=150 mm, 300 l		U	1,05	128,00	134,40
Pegamento		LT	0,10	2,81	0,28
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
SUBTOTAL C					134,74
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					169,72
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					25 42,43
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					212,16
VALOR OFERTADO					212,16
Son: DOCIENTOS DOCE DOLARES CON DIECISEIS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D=200 mm 300 MPA				
UNIDAD:	U				
	HOJA	22	DE	28	
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			1,12	1,12
SUBTOTAL A					1,12
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	3,00	10,80
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	3,00	12,12
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	3,00	10,95
SUBTOTAL B					33,87
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Válvula de compuerta d=200 mm, 300 l		U	1,05	185,00	194,25
Pegamento		LT	0,10	2,81	0,28
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
SUBTOTAL C					194,59
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					229,57
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5 25					57,39
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					286,97
VALOR OFERTADO					286,97
Son: DOSCIENTOS OCHENTA Y SEIS DOLARES CON NOVENTA Y SIETE CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	PINTURA CON CEMENTO BLANCO				
UNIDAD:	M2				
			HOJA	23	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,08	0,08
SUBTOTAL A					0,08
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,25	0,90
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,25	1,01
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,25	0,91
SUBTOTAL B					2,82
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Carbonato de calcio		KG	0,20	0,85	0,17
Cemento blanco		KG	0,10	10,00	1,00
Resina		GL	0,10	12,00	1,20
Lija		PLIEGO	0,10	0,55	0,06
Agua		M3	0,07	0,17	0,01
SUBTOTAL C					2,44
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSF.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					5,33
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	1,33
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6,67
VALOR OFERTADO					6,67
Son: SEIS DOLARES CON SESENTA Y SIETE CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	MALLA HEXAGONAL 5/8" h=1,00 m				
UNIDAD:	M2				
			HOJA	24	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,12	0,12
SUBTOTAL A					0,12
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,50	1,80
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,50	1,83
SUBTOTAL B					3,63
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Malla hexagonal 5/8" h=1,00 m		M	0,20	105,00	21,00
Alambre de amarre galvanizado		KG	0,15	1,40	0,21
SUBTOTAL C					21,21
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					24,96
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5					25 6,24
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					31,20
VALOR OFERTADO					31,20
Son: TREINTA Y UN DOLARES CON VEINTE CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	MALLA HEXAGONAL 5/8" h=1,50 m				
UNIDAD:	M2				
			HOJA	25	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,18	0,18
SUBTOTAL A					0,18
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,50	1,80
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,50	1,83
SUBTOTAL B					3,63
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Malla hexagonal 5/8" h=1,00 m		M	0,30	132,00	39,60
Alambre de amarre galvanizado		KG	0,15	1,40	0,21
SUBTOTAL C					39,81
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					43,62
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					25 10,90
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					54,52
VALOR OFERTADO					54,52
Son: CINCUENTA Y CUATRO DOLARES CON CINCUENTA Y DOS CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	MALLA ELECTRO SOLDADA R-65				
UNIDAD:	M2				
			HOJA	26	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,18	0,18
SUBTOTAL A					0,18
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	0,50	1,80
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,50	1,83
SUBTOTAL B					3,63
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Malla electro soldada R-65		M	1,10	5,15	5,67
Alambre de amarre galvanizado		KG	0,15	1,40	0,21
SUBTOTAL C					5,88
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSF.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					9,68
INDIRECTOS Y UTILIDADES( 25)					2,42
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					12,11
VALOR OFERTADO					12,11
Son: DOCE DOLARES CON ONCE CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO : CERRAMIENTO 0,60 cm DE MAMPOSTERIA, 1,4 M DE MALLA					
UNIDAD: M					
			HOJA	27	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5%	1			0,19	0,19
Soldadora	1	8,0	8,0	0,50	4,00
SUBTOTAL A					4,19
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	2	3,60	7,20	0,50	3,60
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,50	1,83
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,50	2,02
PEON	1	3,60	3,60	0,50	1,80
SUBTOTAL B					9,25
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Bloque hueco e=12 cm		M	20,00	0,60	12,00
Cemento		SACO	1,00	7,05	7,05
Arena		M3	0,25	10,00	2,50
Agua		M3	30,00	0,12	3,51
Malla de cerramiento 50/12		M	1,00	3,50	3,50
Electrodos		KG	0,25	3,50	0,88
SUBTOTAL C					29,44
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSF.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					42,87
INDIRECTOS Y UTILIDADES(?) 25					10,72
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					53,58
VALOR OFERTADO					53,58
Son: CINCUENTA Y TRES DOLARES CON CINCUENTA Y OCHO CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	TUBO POSTE ESTRUCTURAL GALVANIZADO D=2 " e=2,00 cm				
UNIDAD:	M				
			HOJA	28	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,31	0,31
Soldadora	1	8,0	8,0	0,50	4,00
SUBTOTAL A					4,31
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	2	3,60	7,20	0,50	3,60
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	0,50	1,83
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	0,50	2,02
PEON	1	3,60	3,60	0,50	1,80
SUBTOTAL B					9,25
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Tubo de poste estructural galvanizado		U	1,00	20,00	20,00
Electrodos		KG	0,30	3,50	1,05
SUBTOTAL C					21,05
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					34,60
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5					25 8,65
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					43,25
VALOR OFERTADO					43,25
Son: CUARENTA Y TRES DOLARES CON VEINTICINCO CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO :	PUERTA DE ACCESO DE TUBO Y MALLA				
UNIDAD:	U				
			HOJA	29	DE 28
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,74	0,74
Soldadora	1	8,0	8,0	2,60	20,80
SUBTOTAL A					21,54
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	1,50	5,40
ALBAÑIL	1	3,65	3,65	1,50	5,48
MAESTRO MAYOR	1	4,04	4,04	1,50	6,06
PEON	1	3,60	3,60	1,50	5,40
SUBTOTAL B					22,34
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Tubo de 2"		U	12,00	26,35	316,20
Malla de cerramiento # 12 H=1,00 m		M	30,00	2,50	75,00
SUBTOTAL C					391,20
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					435,08
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)				25	108,77
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					543,85
VALOR OFERTADO					543,85
Son: QUINIENTOS CUARENTA Y TRES DOLARES CON OCHENTA Y CINCO CENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO : MATERIAL GRANULAR TRITURADO PARA FILTRO					
UNIDAD: M3					
HOJA 30 DE 28					
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de	1			0,74	0,74
SUBTOTAL A					0,74
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AYUDANTE	1	3,60	3,60	1,50	5,40
PEON	1	3,60	3,60	1,50	5,40
SUBTOTAL B					10,80
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO
Piedra bola # 3		M3	0,50	9,00	4,50
Piedra bola #2		M3	0,50	7,00	3,50
Grava #2 piedra de 1.5 cm de diámetro		M3	0,50	6,00	3,00
Grava #1 piedra de 1 cm de diámetro		M3	0,50	6,25	3,13
Geotextil		M2	4,00	14,18	56,72
Aserrín		M3	0,50	2,00	1,00
Viruta		M3	0,50	2,00	1,00
SUBTOTAL C					72,85
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRASP.	COSTO
					0,00
SUBTOTAL D					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (A+B+C+D)					84,39
INDIRECTOS Y UTILIDADES(5)					21,10
OTROS INDIRECTOS(%)					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					105,48
VALOR OFERTADO					105,48
Son: CIENTO CINCO DOLARES CON CUARENTA Y OCHO CENTAVOS					

### Anexo 3. PRESUPUESTO APROXIMADO DE CONSTRUCCIÓN

RUBRO N°	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO	m2	270	0,94	\$ 253,13
2	REPLANTEO Y NIVELACION	km	7	58,62	\$ 410,33
3	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA HASTA 3,00 m (SUELO SIN CLASIFICAR) INCLUIDO RAZANTEO	M3	245	9,03	\$ 2.212,35
4	PIEDRA BOLA e= 15 cm EMPORADO CON SUB-BASE	M2	210	4,49	\$ 942,38
5	ACERO ESTRUCTURAL fy= 4200 kg/cm2	M3	7196	3,77	\$ 27.101,94
6	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO RECTO	M2	100	20,08	\$ 2.008,31
7	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO ESPECIAL	M2	48	13,32	\$ 639,15
8	HORMIGON SIMPLE f'c= 210 kg/cm2	M3	45	121,72	\$ 5.477,57
9	HORMIGON SIMPLE f'c= 180 kg/cm2	M3	25	99,50	\$ 2.487,47
10	HORMIGON CICLOPEO 60 % HS f'c= 180 kg/cm2 40% PIEDRA	M3	26	101,00	\$ 2.625,97
11	ENLUCIDO VERTICAL	M2	148	15,36	\$ 2.273,65
12	RELLENO COMPACTADO A MAQUINA	M3	180	2,86	\$ 513,90
13	CAJA DE REVISION 60 X 60 HS f'c= 180 kg/cm2 + TAPA DE HORMIGÓN ARMADO e= 7 cm	U	2	122,49	\$ 244,97
14	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=600 mm	M	20	49,63	\$ 992,60
15	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D= 200 mm	M	5	126,92	\$ 634,61
16	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE	M	7	21,73	\$ 152,11
17	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE	M	10	10,14	\$ 101,40
18	SUM. TRANS. E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC DESAGUE	M	80	6,12	\$ 489,90
19	SUM. TRANS. E INSTALACION REDUCTORES PVC DESAGUE D=160 mm A 110 mm	U	1	21,14	\$ 21,14
20	SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D= 110 mm 300 MPA	U	1	131,44	\$ 131,44
21	SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D= 150 mm 300 MPA	U	1	212,16	\$ 212,16
22	SUM. TRANS. E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA DE PVC D= 200 mm 300 MPA	U	1	286,97	\$ 286,97
23	PINTURA CON CEMENTO BLANCO	M2	74	6,67	\$ 493,43
24	MALLA HEXAGONAL 5/8" h= 1,00 m	M2	100	31,20	\$ 3.119,75
25	MALLA HEXAGONAL 5/8" h= 1,50 m	M2	150	54,52	\$ 8.178,56
26	MALLA ELECTRO SOLDADA R-65	M2	225	12,11	\$ 2.723,63
27	CERRAMIENTO 0,60 cm DE MAMPOSTERIA, 1,4 M DE MALLA	M	110	53,58	\$ 5.893,94
28	TUBO POSTE ESTRUCTURAL GALVANIZADO D= 2" e= 2,00 cm	M	40	43,25	\$ 1.730,15
29	PUERTA DE ACCESO DE TUBO Y MALLA	U	1	543,85	\$ 543,85
30	MATERIAL GRANULAR TRITURADO PARA FILTRO	M3	337,5	105,48	\$ 35.600,77
31	Lombrices Eisenia Foetida	KG	1	90,00	\$ 90,00
32	Bombas sumergibles de aguas negras	U	1	547,23	\$ 547,23
33	Tablero de control (automatización e instalación)	U	1	1180,23	\$ 1.180,23
34	Equipo de cloración (automatización e instalación)	U	1	1623,02	\$ 1.623,02
35	Pastillas de Cloro 200 gramos	U	10	1,35	\$ 13,50
36	Aspersor de aguas negras	U	45	7,38	\$ 332,10
36	Tablero eléctrico	U	1	284,93	\$ 284,93
				SUB-TOTAL	\$ 112.568,50
				12 % IVA	\$ 13.508,22
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 126.076,71</b>

#### Anexo 4. PRESUPUESTO APROXIMADO DE GASTOS MENSUALES

PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE MANTENIMIENTO DE BIOFILTRO			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. PARTIDA
Bombas sumergibles	1	U	\$ 177,90
Equipo automático de cloración	1	U	\$ 104,75
Reparación de módulo	1	U	\$ 33,33
Tablero eléctrico	1	U	\$ 284,93
PRESUPUESTO OPERATIVO			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. PARTIDA
Sustrato filtrante	5	m3	\$ 527,40
Pastillas de Cloro 200 gramos	10	u	\$ 73,80
Geotextil	5	m	\$ 70,90
SUELDOS MENSUALES			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. PARTIDA
Salario básico unificado 2020	2	pers	\$ 800,00
Fondos de reserva (8.33 %)	2	pers	\$ 66,64
OTROS GASTOS			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. PARTIDA
Electricidad	1	U	\$ 100,00
Puebas de laboratorio	1	U	\$ 900,00
		SUB-TOTAL	\$ 3.139,65
		12 % IVA	\$ 376,76
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.516,41</b>

# Anexo 5. RESULTADOS DE LABORATORIO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA SIN TRATAMIENTO



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL SAE  
CON ACREDITACIÓN No.  
SAE-LEN-005-001

KATTY JOHANA YUNGAICELA MERA Y JASVA SANARI SANCHEZ VALLEJO  
Representantes Legales  
Dirección: Colibrí Manzana 002 Solar 5 - Chongón  
Parroquia San Pedro de Chongón, Cantón Guayaquil, Provincia Guayas  
Atención: Sra. Katty Yungaicela y Sra. Jasva Sánchez

Guayaquil, 6 DE ENERO DEL 2020

## DATOS DE MUESTREO

Punto e identificación de la Muestra: EFLENTE DE TRATAMIENTO CON BIOFILTRO  
Matriz de la muestra: Agua Residual Doméstica

AGREGADOS/COMPONENTES FISICOS						
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR	
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	59,3	mg/l	—	PEE-GQM-FQ-06	2019/12/28 NS	
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	4,29	mg/l	—	PEE-GQM-FQ-07	2019/12/28 NS	
INORGANICOS NO METALIS						
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR	
Nitrógeno total Kjeldahl	2,93	mg/l	—	PEE-GQM-FQ-42	2019/12/28 ER	
Nitratos	5,28	mg/l	—	PEE-GQM-FQ-43	2019/12/28 ER	
Fosforo total	3,14	mg/l	—	PEE-GQM-FQ-44	2019/12/28 ER	
Sulfatos	9,03	mg/l	—	PEE-GQM-FQ-45	2019/12/28 ER	
MICROBIOLOGÍA						
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR	
Coliformes fecales	121,100	NMF/100ML	—	PEE-GQM-MS-59	2019/12/28 ER	
Escherichia Coli	51,005	NMF/100ML	—	PEE-GQM-MS-70	2019/12/28 ER	
Coliformes Totales	119,453	NMF/100ML	—	PEE-GQM-MS-71	2019/12/28 ER	
AGREGADOS ORGANICOS						
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR	
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	8,07	mgO <sub>2</sub> /l	—	PEE-GQM-FQ-18	2019/12/28 CT	
AGREGADOS QUIMICOS						
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	17,18	mgO <sub>2</sub> /l	—	PEE-GQM-FQ-17	2019/12/28 CT	
AGREGADOS/COMPONTE QUIMICO						
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR	
PH	7,13	u pH	—	PEE-GQM-FQ-23	2019/12/28 LP	
Aceites y Grasas	3,01	mg/l	—	PEE-GQM-FQ-24	2019/12/28 LP	
Detergentes	0,2	mg/L	—	PEE-GQM-FQ-24	2020/03/03 LP	

### SIMBOLOGÍA:

— No Aplica  
<L Menor al Límite Detectable  
N.E. No Detectado

U K=2 Inadecuado  
E.P.A. Environmental Protection Agency  
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible  
P.E.E. Procedimiento Específico de Ensayo

### NOMENCLATURA

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetros acreditados cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO: ver alcance en [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

Q.F. FERNANDO MARCOS V.  
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUIM  
Coordinadora de Calidad

### ¡IMPORTANTE!

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicable a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM



**KATTY JOHANNA YUNGAICELA MERA Y JASVA SANARI SANCHEZ VALLEJO**  
 Representantes Legales  
 Dirección: Colibri Manzana 602 Solar 5 - Chongón  
 Parroquia San Pedro de Chongón, Cantón Guayaquil, Provincia Guayas  
 Atención: Sra. Katty Yungacela y Sra. Jasva Sánchez

Guayaquil, 6 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE MUESTREO**

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo:	2019/10/23 / 08:00 / CHONGON
Fecha/Hora Recepción de Muestras:	2019/10/04 / 09:38
Punto e identificación de la Muestra	DESCARGA DE POCOS SEPTICOS
Matriz de la muestra:	Aguas Residual
Muestreador Por/Muestreador/Tipo de Muestreo:	GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA / Itacul / Compuesto
Duración de Muestreo:	08:05 A 20:00
Coordenadas Geográficas	985839 17 MO633446
Norma Técnica de muestreo	INEN 2169-2178: 3012-PG-QQM-06
Temperatura de Recepción de Muestras:	21.0° / EI-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR QQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICION DEL CLIENTE

Datos adicionales:

Muestreo Actividad Acreditada Muestreo de Aguas Residuales. Parámetros: DBO, DQOI, Acidez y Grasas, TPH Fenoles, ST y SST

**MEMORIA FOTOGRÁFICA**



  
**Q.F. FERNANDO MARCOS V.**  
 Director Técnico

  
**Q.F. LAURA YANQUI M.**  
 Coordinadora de Calidad

**¡IMPORTANTE!**  
 Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicable a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de QQM.  
**NOTA DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO:**  
 En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una declaración de responsabilidad:  
**DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:**  
 La información del lugar de muestreo, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a QQM previo a su monitoreo o recepción.  
 Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

## Anexo 6. RESULTADOS DE LABORATORIO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA SIN TRATAMIENTO



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL SAE  
CON ACREDITACIÓN No.  
SAE-LEN-005-001

**KATTY JOHANNA YUNGAICELA MERA Y JASVA SANARI SANCHEZ VALLEJO**  
Representantes Legales  
Dirección: Colibri Manzana 802 Solar 5 - Chongón  
Parroquia San Pedro de Chongón, Cantón Guayaquil, Provincia Guayas  
Atención: Sra. Katty Yungaicela y Sra. Jasva Sánchez

Guayaquil, 13 DE MARZO DEL 2020

### DATOS DE MUESTREO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K+2	MÉTODO	ANALIZADO POR
<b>AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS</b>					
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	59,06	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-06	2020/03/03 NS
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	4,18	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-07	2020/03/03 NS
<b>INORGANICOS NO METALES</b>					
Nitrógeno total Kjeldahl	2,87	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-42	2020/03/05 ER
Nitratos	5,983	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-43	2020/03/05 ER
Fosforo total	3,12	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-44	2020/03/06 ER
Sulfatos	8,95	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-45	2020/03/05 ER
<b>MICROBIOLOGÍA</b>					
Coliformes fecales	1.867.000	NMP/100ML	---	PEE-GQM-MB-69	2020/03/02 ER
Escherichia Coli	849.650	NMP/100ML	---	PEE-GQM-MB-70	2020/03/02 ER
Coliformes Totales	1.912.750	NMP/100ML	---	PEE-GQM-MB-71	2020/03/02 ER
<b>AGREGADOS ORGANICOS</b>					
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	5,06	mgO <sub>2</sub> /l	---	PEE-GQ.M-FQ-16	2020/03/06 CT
<b>AGREGADOS QUIMICOS</b>					
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	14,37	mgO <sub>2</sub> /l	---	PEE-GQM-FQ-17	2020/03/04 CT
<b>AGREGADOS/COMPONTE QUIMICO</b>					
pH	7,22	u pH	---	PEE-GQM-FQ-23	2020/03/05 LP
Aceites y Grasas	2,99	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-24	2020/03/02 LP
Detergentes	0,16	mg/L	---	PEE-GQM-FQ-24	2020/03/04 LP

**SIMBOLOGÍA:**  
--- No. Activo  
<LD Menor al Límite Detectable  
N.E. No Efectuado  
**NOMENCLATURA:**

U K+2 Incertidumbre  
E.P.A. Environmental Protection Agency  
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible  
P.E.E Procedimiento Especifico de Ensayo

(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE  
(2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM  
(3) Parámetros acreditados cuyo resultado está FUERA DEL EL ALCANCE de acreditación  
(4) Parámetro subcontratado ACREDITADO: ver alcance en [www.acreditacion.gub.ec](http://www.acreditacion.gub.ec)

Q.F. FERNANDO MARCOS V.  
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.  
Coordinadora de Calidad

**IMPORTANTE**  
Los resultados de este Informe de ensayo solo son aplicable a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM



**KATTY JOHANNA YUNGAICELA MERA Y JASVA SANARI SANCHEZ VALLEJO**  
Representantes Legales  
Dirección: Colibrí Manzana 602 Solar 5 - Chongón  
Parroquia San Pedro de Chongón, Cantón Guayaquil, Provincia Guayas  
Atención: Sra. Katty Yungaicela y Sra. Jasva Sánchez

Guayaquil, 13 DE MARZO DEL 2020

**DATOS DE MUESTREO**

Fecha/Lugar de Muestreo:	2020/02/22 / 08:30 / CHONGON
Fecha/Hora Recepción de Muestras:	2020/02/22 / 11:00
Punto e identificación de la Muestra:	EFLUENTE DE TRATAMIENTO CON BIOFILTRO
Matriz de la muestra:	Agua Residual Domestica Tratada
Muestreador Por/Muestreador/Tipo de Muestreo:	GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA / Icajape / Compuesto
Duración de Muestreo:	08:30 A 09:40
Coordenadas Geográficas:	9742070 17 MO583390
Norma Técnica de muestreo:	INEN 2189-2178 3012-PG-QQM-09
Temperatura de Recepción de Muestras:	22.4 C° / EL-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR QQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICION DEL CLIENTE
Datos adicionales:	

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Residuales Tratadas. Parámetros: DBO, DQOI, Aceites y Grases, TPH Fenoles, ST y SST

**MEMORIA FOTOGRÁFICA**



*[Signature]*  
Q.F. FERNANDO MARCOS V.  
Director Técnico

*[Signature]*  
Q.F. LAURA YANQUI M.  
Coordinadora de Calidad

**¡IMPORTANTE!**  
Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicable a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de QQM.  
**NOTA DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO:**  
En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una derivación de responsabilidad:  
**DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:**  
La información del lugar de muestreo, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a QQM previo a su monitoreo o recepción.  
Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

## Anexo 7. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Preparación de terreno



Conteo de lombrices *Eisenia Foetida*



## Construcción de Camaras de Rejas y Trampa de Grasa



## Construcción de Biofiltro



## Funcionamiento de Biofiltro

