

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y SANITARIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“Diseño de un Sistema Integrado de Tratamiento de las Aguas Residuales para  
Mitigar la Contaminación del Río Mayo, Sector Juan Antonio –  
Moyobamba, 2014.”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO SANITARIO**

**AUTORES:**

**Bach. Violeta del Aguila Valles**

**Bach. Percy Igord Zamora Saavedra**

**ASESOR:**

**Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza**

**MOYOBAMBA – PERÚ**

**2016**

**Registro N° 06050915**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO**  
**PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las **Siete** de la Noche del día Lunes 11 de Julio del Dos Mil Dieciséis, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

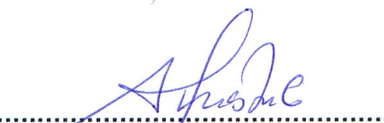
Ing. MSc. <b>SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA</b>	<b>PRESIDENTE</b>
Ing. <b>ÁNGEL TUESTA CASIQUE</b>	<b>SECRETARIO</b>
Blgo. MSc. <b>ALFREDO IBAN DIAZ VISITACIÓN</b>	<b>MIEMBRO</b>
Ing. M.Sc <b>YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA</b>	<b>ASESOR</b>


Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado "**DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO MAYO, SECTOR JUAN ANTONIO - MOYOBAMBA**"; presentado por los Bachilleres en Ingeniería Sanitaria **VIOLETA DEL AGUILA VALLES** y **PERCY IGORD ZAMORA SAAVEDRA**, según Resolución Consejo de Facultad N° **008-2015-UNSM-T-FE-CO** de fecha **22 de Abril del 2015**.

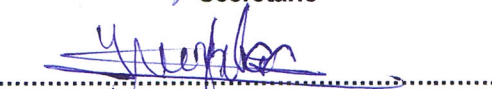
Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **20:45pm** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

  
.....  
Ing. M.Sc Santiago Alberto Casas Luna  
Presidente

  
.....  
Ing. Angel Tuesta Casique  
Secretario

  
.....  
Blgo. M.Sc Alfredo Iban Díaz Visitación  
Miembro

  
.....  
Ing. M.Sc Yrwin Francisco Azabache Liza  
Asesor

## **DEDICATORIA**

En primer lugar damos gracias a Dios por darnos la vida y guiarnos en el camino del éxito para cumplir nuestras metas trazadas.

Dedicamos este trabajo a nuestros padres por sus grandes sacrificios y dedicación que han hecho posible nuestra formación profesional y el desarrollo del presente trabajo de investigación.

*Los Autores.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Martín–Tarapoto, por su contribución en nuestra formación profesional.

Al Ing. M.Sc. Yrwin Azabache Liza, asesor, por su orientación en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A cada uno de nuestros jurados que con sus observaciones hacen de esta investigación cumpla con los objetivos trazados.

A todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la culminación del presente trabajo de investigación.

*Los Autores.*

## INDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Resumen	vii
Abstract	viii
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>01</b>
1.1. Planteamiento del problema	01
1.2. Objetivos	03
1.2.1. General	03
1.2.2. Específicos	03
1.3. Fundamentación teórica	04
1.3.1. Antecedentes de la investigación	04
1.3.2. Bases teóricas	06
1.3.3. Definición de términos	34
1.4. Variables	36
1.5. Hipótesis	37
<b>CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>38</b>
2.1. Tipo de investigación	38
2.2. Diseño de la investigación	38
2.3. Población y muestra	38
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	40
<b>CAPITULO III: RESULTADOS</b>	<b>48</b>
3.1. Resultados	48
3.1.1. Caracterización del estado actual de la descarga del agua residual	48
3.1.2. Dimensionamiento del sistema	55
3.1.3. Niveles de eficiencia del sistema de tratamiento	74
3.2. Discusión	79
3.3. Conclusiones	82
3.4. Recomendaciones	83
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>86</b>

## INDICE DE GRAFICOS

1. Gráfico N° 1. Tecnologías de tratamiento de aguas residuales en el Perú	05
2. Gráfico N° 2. Secuencia completa de tratamiento de aguas residuales domésticas	29
3. Gráfico N° 3. Potencial de hidrógeno	49
4. Gráfico N° 4. Demanda Bioquímica de Oxígeno	50
5. Gráfico N° 5. Sólidos totales en suspensión	51
6. Gráfico N° 6. Coliformes termotolerantes	51
7. Gráfico N° 7. Dimensionamiento final	65
8. Gráfico N° 8. Diseño de la laguna primaria	73
9. Gráfico N° 9. Diseño de la laguna secundaria	73
10. Gráfico N° 10. Proyección de la eficiencia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	75
11. Gráfico N° 11. Proyección de la eficiencia de Coliformes Termotolerantes	77

## INDICE DE TABLAS

1.	Tabla N°1. Relación entre algunos contribuyentes inorgánicos y el agua residual	10
2.	Tabla N° 2. Composición típica de un agua residual domestica	13
3.	Tabla N° 3. Factores por considerar en la selección y evaluación de las operaciones y procesos unitarios	32
4.	Tabla N° 4. Ensayo fisicoquímico del agua residual vertido al río Mayo	48
5.	Tabla N° 5. Ensayo microbiológico del agua residual vertido al río Mayo	49
6.	Tabla N° 6. Datos censales de población y vivienda de los últimos años	52
7.	Tabla N° 7. Método geométrico para el cálculo de “r”	53
8.	Tabla N° 8. Proyección de la población según método de cálculo	53
9.	Tabla N° 9. Caudal de aguas residuales a ser tratada por la planta de tratamiento	54
10.	Tabla N° 10. Proyección de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Coliformes Termotolerantes	54
11.	Tabla N° 11. Resumen de cálculo y esquematización de lagunas facultativas	71
12.	Tabla N° 12. Remoción calculada a 1, 5, 10, 15 y 20 años	74
13.	Tabla N° 13. Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno	74
14.	Tabla N° 14. Remoción de Coliformes Termotolerantes	76
15.	Tabla N° 15. Datos de la investigación	79
16.	Tabla N° 16. Datos del proyecto de Pacayzapa	79
17.	Tabla N° 17. Datos del proyecto de Japelacio	79

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Diseño de un sistema integrado de tratamiento de las aguas residuales para mitigar la contaminación del río Mayo, sector Juan Antonio – Moyobamba, 2014” se desarrolló en el sector Juan Antonio, área donde es vertida las aguas residuales domesticas producidas en la ciudad de Moyobamba. Se tiene como objeto principal de estudio el diseñar un sistema integrado para el tratamiento de las aguas residuales vertidos al río Mayo, sector Juan Antonio; el cual se realizó a través de la caracterización del agua residual descargado al río Mayo para así proponer un sistema de tratamiento, evaluando cuantitativamente los niveles de eficiencia del tratamiento. Para dicha acción fue necesario tomar muestras, para luego ser analizadas y conocer los valores de los parámetros a tratar. Los mismos que nos permitieron contrastarlos con los límites máximos permisibles establecidos en la norma nacional vigente.

El estado actual de la descarga de las aguas residuales vertidas al río Mayo, sector Juan Antonio, obteniendo una concentración de DBO<sub>5</sub> 472 mgDBO/L y Coliformes Termotolerantes 17333333.33 NMP/100ML superando los Límites Máximos Permisibles.

Mediante el cálculo teórico utilizados en esta investigación, se realizó el dimensionamiento de cámara de rejas, desarenador, lagunas primaria facultativas y lagunas secundarias facultativas, con las cuales se garantiza el vertimiento de las aguas residuales de acuerdo a la normatividad peruana.

Se evaluó cuantitativamente los niveles de eficiencia del sistema para tratamiento de aguas residuales vertidos al río Mayo, sector Juan Antonio, la DBO<sub>5</sub> con 472 mg/l que pasa los límites máximos permisibles, realizando el cálculo teórico de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones que nos indica calcular con 50gDBO/hab obtenemos una remoción de 98.14% (9.68 mg/l).

Los Coliformes Termotolerantes con 17333333.33 NMP/100ML, que también superan los límites máximos permisibles se redujo hasta 509 NMP/100ML.

Finalmente, se elaboró el informe final de dicha investigación con los cálculos teóricos de cada tratamiento. En donde se indica la eficiencia en la remoción de los parámetros a tratar.

Palabras claves: Diseño, tratamiento, río, límites, sistema, eficiencia.





## CENTRO DE IDIOMAS

---

### ABSTRACT

The present research work entitled "Design a wastewater treatment system to mitigate the pollution of the river May, Juan Antonio Sector - Moyobamba, 2014" was developed in the Juan Antonio sector, area where is poured domestic wastewater produced in the Moyobamba city. It's main object study to design a system for treating wastewater discharges into the river Mayo, Juan Antonio sector ; which it was conducted through the characterization of wastewater discharged to the Mayo River in order to propose a treatment system quantitatively evaluating the efficiency treatment levels. For such action was necessary to take samples, for then to be analyzed and to know the values of the parameters to treat. The same that allowed us to contrasting with the maximum permissible limits laid down in the national standard in force.

The current state of the discharge of wastewater discharged into the river Mayo, Juan Antonio sector, getting a concentration of  $DBO_5$  472 mg DBO/L and thermotolerant coliforms 17333333.33 NMP/100ml exceeding the maximum permissible limits.

Using the theoretical calculation used in this research was conducted for the dimensioning of bars camera, sand remover, primary lagoons optional and secondary lagoons optional, with which ensures the dumping of waste water according to the Peruvian normativity.

Levels of system efficiency for wastewater treatment effluent to the river Mayo, Juan Antonio sector was assessed quantitatively ,  $DBO_5$  472 mg / l passing the maximum permissible limits , performing the theoretical calculation according to the National Building Regulations that indicates calculate 50gDBO / hab obtain a removal of 98.14 % (9.68 mg / l).

The thermotolerant coliforms with 17333333.33 NMP/100ml, which also exceeds the maximum permissible limits was reduced to 509 NMP/100ml.

Finally, the final report of the investigation with theoretical calculations of each treatment was developed. Where the removal efficiency of the parameters indicated to treat.

Key words: Design, treatment, river, limits, system efficiency.

## CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

El agua es el patrimonio para todas las actividades humanas pero a pesar de su importancia es uno de los recursos más deficientemente administrados en nuestro planeta, se la desperdicia, contamina y hay poco interés en ponerla disponible y aprovechable, el agua es uno de los recursos vitales que más se ha sobre-explotado de manera irracional.

El agua es un recurso muy importante que forma parte del estilo de vida del ser humano; se le da diversos usos: alimentación, higiene personal, recreación, turismo, entre otros (Araujo, 2011).

El agua una vez utilizada contiene una gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos, metales pesados, sólidos en suspensión, y otros elementos que al ser liberados sin un previo tratamiento conducen a un deterioro ambiental. Generalmente estas aguas residuales son descargadas directamente en las corrientes y cuerpos superficiales alterando su calidad y generando problemas ambientales a tal grado que el agua queda inutilizable, para la cual, la ejecución de un proceso de tratamiento del agua residual permite disminuir la contaminación al ecosistema y la mejora de la salud de los habitantes del sector (Romero, 2004).

De acuerdo al banco mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades producen 225 000 toneladas de residuos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas residuales de las ciudades reciben tratamiento. Con la ausencia de tratamiento, las aguas negras son vertidas a las aguas superficiales, creando un riesgo para la salud humana, ambiente y los animales. En Latinoamérica muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales.

El tema de saneamiento en el Perú es una problemática que tiene como principales características la desactualización de plantas de tratamiento, tuberías en mal estado en las pequeñas y grandes ciudades, mínimo convenio del estado con universidades para la investigación en busca de mejoras, autoridades con mínima capacidad de gestión en temas de agua residual, entre otros.

En la ciudad de Moyobamba las aguas residuales van a parar directamente al río Mayo, con elevadas concentraciones de contaminantes, disminuyendo la capacidad de autodepuración del río, generando malos olores y un deterioro del paisaje. En tal sentido con esta investigación brindamos un amplio panorama para resolver, tal vez la interrogante que muchos pobladores e investigadores se han planteado con respecto a esta realidad.

**¿En qué medida la propuesta de un sistema integrado de tratamiento de las aguas residuales contribuirá para mitigar la contaminación del río Mayo sector Juan Antonio – Moyobamba, 2014?**

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Diseñar un sistema integrado para el tratamiento de las aguas residuales vertidos al río Mayo, sector Juan Antonio - Moyobamba.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el estado actual de la descarga de las aguas residuales vertidas al río Mayo, sector Juan Antonio.
- Dimensionar el sistema integrado para el tratamiento de las aguas residuales vertidas al río Mayo, sector Juan Antonio.
- Evaluar cuantitativamente los niveles de eficiencia del sistema integrado para el tratamiento de aguas residuales vertidos al río Mayo, sector Juan Antonio.

## **1.3 Fundamentación Teórica**

### **1.3.1 Antecedentes de la investigación**

Las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que provienen de edificios, industrias, comercios e instituciones, que se agregan eventualmente al agua residual.

Zamorano (2003). Las aguas residuales son normalmente vertidas a ríos y quebradas, sin recibir un adecuado tratamiento. En la actualidad dichos cuerpos de agua, principalmente ríos han reducido notablemente su capacidad de dilución debido a muchos factores, relacionados principalmente con la carencia del recurso hídrico "agua", y están contaminados.

Seguí (2004). En el pasado, primero llamó mayor atención la contaminación por los desechos industriales dentro del agua. Los organismos mundiales se pusieron de pie para establecer medidas de régimen contra las industrias o fábricas que generaban contaminación. Es así que en la actualidad, se cuentan con normas y estándares que generan orden en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

A pesar que el tema de aguas residuales domésticas se tomaba con un poco más de flexibilidad, en la actualidad se vio afectada por el área de pérdida y las zonas infecciosas generadas por las plantas de tratamiento mal manejadas. Por ello muchos países han invertido millones de dólares en generar tecnologías muy avanzadas para diferentes vías de reutilización, por ejemplo, el riego de parques y jardines hasta la potabilización de las aguas residuales para consumo humano de la más alta calidad.

En Israel, el tema de tratamiento de aguas es un negocio rentable y por ello, gran parte de sus inversiones las destinan a investigaciones. Esto tiene como producto, tecnología moderna para fortalecer unidades de negocio importantes como la agricultura, ganadería, entre otros, Uno de los ejemplos es el Sistema de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales (SRRAR) de "Dan", el más grande de Israel. Produce diariamente aproximadamente 330,000 m<sup>3</sup> de aguas

tratadas a partir de las aguas residuales generadas por una población aproximada de 2 millones de personas.

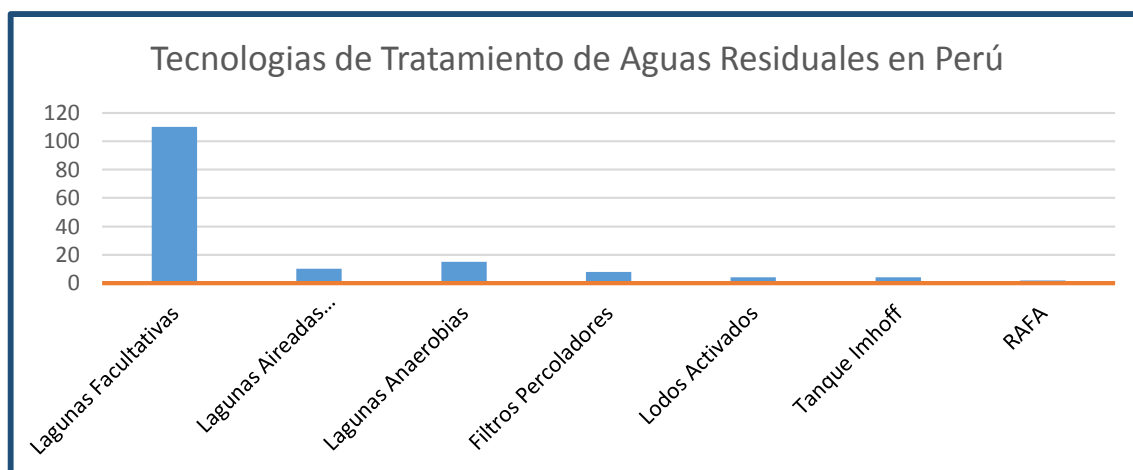
Quiroz (2009). En México se cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales, donde la tecnología adoptada en su mayoría son lodos activados. En los años 80 se comenzó a ver la problemática acerca del mal mantenimiento que se le daban a las plantas de tratamiento existentes. Poco a poco fueron a través de la historia, mejorando su calidad de funcionamiento e ideando nuevas formas de tecnologías.

Singapur es un ejemplo mundial donde no solamente genera nuevas tecnologías en tratamiento de aguas residuales y adquiere altas ganancias en inversiones empresariales dentro de sistemas olvidados dentro de la sociedad, sino también le da mucha importancia al aspecto social. El área de responsabilidad social y marketing trabajaron en conjunto, buscando generar amistad entre la tecnología y el público.

Un caso singular se encuentra en la comunidad de Lomas de Pagador en Bolivia, cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales que no solo integra a esta sociedad a adquirir un sistema básico, sino que brinda mejoras en su calidad de vida generando paisajismo con áreas verdes.

Quiroz (2009). En el Perú, en el año 2008 la SUNASS reportó el inventario nacional de tecnologías de plantas de tratamiento el cual se detalla a continuación:

**Gráfico N° 1. Tecnologías de tratamiento de aguas residuales en Perú**



Fuente: PERUSAN, 2008 (citado por Quiroz, 2009)

Se sabe actualmente que el uso de lagunas es un método pasado, del siglo XIX, que impacta fuertemente tanto visual como socialmente a la población. Su capacidad de remoción de patógenos, sin uso de la desinfección, genera que las lagunas (en especial las lagunas de estabilización) sean la alternativa más usada en el país.

### 1.3.2 Bases teóricas

#### A.- Aguas residuales.

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (Romero, 2004.).

Las aguas residuales más comunes corresponden a:

- **Aguas residuales domésticas (aguas servidas).**

Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Esta agua tiene un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos. (Romero, 2004).

- **Aguas residuales industriales (residuos industriales líquidos).**

Son aguas provenientes de los procesos industriales y la cantidad y composición de ellas es bastante variable, dependiente de la actividad productiva y de muchos otros factores (tecnología empleada, calidad de la materia prima, etc.). Así estas aguas pueden variar desde aquellas con alto contenido de materia orgánica biodegradable (mataderos, industria de alimentos), otras con materia orgánica y compuestos químicos (curtiembre, industria de celulosa) y finalmente industrias cuyas aguas residuales contienen sustancias inorgánicas u orgánicas no degradables (metalúrgicas, textiles, químicas, mineras). (Romero, 2004).

- **Aguas de lluvias.**

La escorrentía generada por aguas de lluvias es menos contaminada que las aguas residuales domésticas e industriales, y su caudal mayor. La contaminación mayor se produce en las primeras aguas que lavan las áreas por donde escurre. (Romero, 2004.).

## **B.- Principales características de las aguas residuales**

Estas características de las aguas residuales son parámetros importantes para el tipo de tratamiento, así como para la gestión técnica de la calidad ambiental.

### **a. Características físicas**

- **Temperatura:** La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura.
- **Turbidez:** La turbidez, medida de la propiedad de transmisión de la luz del agua, es otro ensayo utilizado para indicar la calidad de los vertidos de aguas residuales con respecto a la materia suspendida.
- **Color:** El color es un indicativo de la edad de las aguas residuales. El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce y el color cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual es séptica.
- **Olor:** El olor es debido a los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica, sobre todo, a la presencia de ácido sulfhídrico y otras sustancias volátiles. El agua residual reciente tiene un olor peculiar algo desagradable, pero más tolerable que el del agua residual séptica.
- **Sólidos Totales:** Los sólidos totales presentes en el agua residual se clasifican según su tamaño o presentación en sólidos suspendidos y sólidos filtrables.



- Sólidos suspendidos: son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc., y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen dentro de los sólidos suspendidos se pueden distinguir los sólidos sedimentables, que se depositarán por posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos sencillos.
- Sólidos filtrables: esta fracción se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10 y 1 micra. Esta fracción no puede eliminarse por sedimentación. Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, moléculas inorgánicas e iones que se encuentran disueltos en el agua. (Quiroz, 2009).

#### **b. Características químicas.**

Las características químicas de las aguas residuales son principalmente el contenido de materia orgánica e inorgánica, y los gases presentes en el agua residual. La medición del contenido de la materia orgánica se realiza por separado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

- **Materia Orgánica:** Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40 % de los sólidos filtrables de una agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos de origen animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y grasas y aceites (10%).
- **Medida del Contenido Orgánico:** Los diferentes métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en:
  - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
  - Demanda química de oxígeno (DQO)
  - Carbono orgánico total (COT)

Demanda Bioquímica de Oxígeno: El parámetro de contaminación orgánica más empleado, que es aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días. La determinación de este, está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- Dimensionar las instalaciones de tratamiento del agua residual.
- Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

Las características químicas estarán dadas, principalmente, en función de los desechos que ingresan al agua servida. (Quiroz, 2009).

- **Materia inorgánica:** Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por el agua residual, tratada o sin tratar, que a ella se descargan. Las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua. Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables. (Quiroz, 2009).

**Tabla N° 1. Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual.**

<b>Elementos</b>	<b>RELACION CON EL AGUA RESIDUAL</b>
Hidrógeno (pH)	El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos. Por lo general pH óptimo para el crecimiento de los organismos se encuentran entre 6.5 y 8.
Cloruros	Proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua salada (zonas costeras), agua residual doméstica, agrícola e industrial. Suministra información sobre el grado de concentración del agua residual.
Nitrógeno	Nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Básico para síntesis de proteínas.
Fósforo	Incrementa la tendencia de proliferación de algas en el receptor, íntimamente ligado, igual que el nitrógeno, al problema de la eutrofización.
Azufre	Requerido en síntesis de las proteínas y liberado en su degradación.

Fuente: Quiroz 2009.

### c. Gases.

Las aguas residuales contienen diversos gases con diferente concentración.

- **Oxígeno disuelto:** Es el más importante, y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual evita la formación de olores desagradables. La cantidad de oxígeno disuelto depende de muchos factores, como temperatura, altitud, actividad biológica, actividad química, etc.
- **Ácido sulfhídrico:** Se forma por la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre o por la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su

presencia, que se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, es un indicativo de la evolución y estado de un agua residual.

- **Anhídrido carbónico:** Se produce en la fermentación de los compuestos orgánicos de las aguas residuales negras.
- **Metano:** Se forma en la descomposición anaerobia de la materia orgánica por la reducción bacteriana del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). (Quiroz, 2009).

#### d. Características Biológicas.

Estas características están definidas por la clase de microorganismos presentes en el agua, entre los cuales tenemos:

- **Bacterias:** Juegan un papel fundamental en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Pueden clasificarse, en base a su metabolismo, en heterótrofas y autótrofas.

Las bacterias autótrofas son aquellas que se nutren de compuestos inorgánicos, tomando la energía necesaria para sus biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas: familia *Thiorhodaceae*, *Chlorobiaceae*) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas: *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Hydrogenomonas*, *Thiotrix*).

En el tratamiento biológico de las aguas residuales, las bacterias heterótrofas constituyen el grupo más importante, por su necesidad de compuestos orgánicos para el carbono celular. Las bacterias autótrofas y heterótrofas pueden dividirse, a su vez, en anaerobias, aerobias, o facultativas, según su necesidad de oxígeno.

- Bacterias anaerobias: son las que consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan son anaerobios, caracterizados por la presencia de malos olores.
- Bacterias aerobias: son aquellas que necesitan oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica son procesos aerobios, caracterizados por la ausencia de malos olores.

- Bacterias facultativas: algunas bacterias aerobias y anaerobias pueden llegar a adaptarse al medio opuesto, es decir, las aerobias a medio sin oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.
  - Bacterias coliformes: bacterias que sirven como indicadores de contaminantes y patógenos. Son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente. Las bacterias coliformes incluyen los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. (Metcalf & Eddy, 1991)
- **Algas:** En los estanques de estabilización, son un valioso elemento porque producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis. Las algas, al igual que sucede con otros microorganismos, requieren compuestos inorgánicos para reproducirse. A parte del anhídrido carbónico, los principales nutrientes necesarios son el nitrógeno y el fósforo. También son muy importantes vestigios de otros elementos (oligoelementos) como hierro, cobre, etc. Las algas pueden presentar el inconveniente de reproducirse rápidamente, debido al enriquecimiento del agua (eutrofización) y crear grandes colonias flotantes originando problemas a las instalaciones y al equilibrio del sistema. Los tipos más importantes de algas de agua dulce son: verdes (*Chlorophyta*), verdes móviles (*Volvocales euglenophyta*), verdiamarillas o marrón dorado (*Chrysophyta*) y verdiazules (*Cyanophyta*). (Metcalf & Eddy, 1991).
  - **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días (DBO). Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica biodegradable. La medida de la DBO es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad de agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica. (Metcalf & Eddy, 1991)

En la Tabla N° 2, se presentan datos típicos de los constituyentes encontrados en un agua residual doméstica.

**Tabla N° 2. Composición típica de un agua residual doméstica.**

Componente	Intervalo		
	Alta	Media	Baja
Materia sólida, mg/l	1200	720	350
Disuelta Total	850	500	250
Inorgánica	525	300	145
Orgánica	325	200	105
En suspensión	350	220	100
Inorgánica	75	55	20
Orgánica	275	165	80
Sólidos decantables, ml/l	20	20	5
DBO, a 20 °C, mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total, mg/l	290	160	80
DQO, mg/l	1000	500	250
Nitrógeno, mg/l N, total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fosforo, mg/l P, total	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad mg/l CaCO <sub>3</sub>	200	100	50
Grasa, mg/L	150	100	50

Fuente: Metcalf & Eddy, 1991.

### **C.- Tipos de tratamientos existentes para aguas residuales domesticas**

El tratamiento de aguas residuales consta de etapas o procesos con diferentes características que contribuyen a un nivel de purificación. Dentro de los procesos del tratamiento se encuentra la autodepuración. En esta etapa, los microorganismos y algas comparten la función de descomponer los desechos, gracias a la metabolización de las sustancias. Es aquí cuando se transforman todas las sustancias simples en dióxido de carbono, nitrógeno, entre otras. También cabe señalar que dentro del proceso de autodepuración, se encuentra la acción de microorganismos para absorber sustancias orgánicas (Metcalf y Eddy, 1995).

A pesar de estos procesos de descomposición orgánica, debemos eliminar patógenos que causan enfermedades a la salud e higiene de las personas. Esta eliminación requiere de fases que tengan como resultado estándares que cuiden el bienestar humano y ambiental. Todas estas fases se realizarán dentro de una planta, llamada planta de tratamiento de aguas residuales. Es un área destinada a la recuperación del agua, mediante procesos físicos, químicos y biológicos. De acuerdo a la calidad de agua que se desea obtener en el proceso de reutilización se colocan más exigentes los estándares de calidad.

Con respecto a la planta de tratamiento, se deberá buscar en todo momento, un diseño eficiente y económico que satisfaga la necesidad de la población específica en un tiempo específico, incluyendo un plan de mantenimiento y revisión constante.

En nuestra sociedad, hemos podido observar a través de la historia, la carencia de una cultura de operatividad y mantenimiento en los sistemas de agua y desagüe. Es así que también se busca en una planta de tratamiento, que el diseño se amolde a la realidad nacional, sin que esta involucre efectos secundarios como por ejemplo malos olores, que incomoden y hagan peligrar la salud de las personas que habitan cerca. Finalmente, en el diseño de una planta de tratamiento se busca tener mucho cuidado en aspectos como el caudal, el uso final del agua tratada, el área empleada, la viabilidad económica, entre otros (FONAM, 2010).

A continuación se describirán los procesos que ocurren dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, desde el pre-tratamiento, tratamiento

primario y secundario, finalmente describir el tratamiento terciario, el cual no siempre es utilizado.

Las principales etapas, según “*Wastewater Engineering: Treatment, Disposal Reuse*” (Metcalf & Eddy, 1995).

### **a) Pre Tratamiento**

Esta etapa no afecta a la materia orgánica contenida en el agua residual. Se pretende con el pretratamiento la eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las máquinas, equipos e instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales.

- **Desbaste**

Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

- ✓ Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.
- ✓ Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm. En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea:
  - Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
  - Reja de finos: entre 6-12 mm. También tenemos que distinguir entre los tipos de limpieza de rejillas igual para finos que para gruesos:

Además estas rejillas tienen características de su uso, como la limpieza manual o automática. (FONAM, 2010).

- **Tamizado:**

Consiste en una filtración sobre soporte delgado, y sus objetivos son los mismos que se pretenden con el desbaste, es decir, la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores. Según las dimensiones de los orificios de paso del tamiz, se distingue entre:



- ✓ **Macrotamizado:** Se hace sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,2 mm. Se utilizan para retener materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas, de tamaño entre 0,2 y varios milímetros.
- ✓ **Microtamizado:** Hecho sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Se usa para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en el agua de abastecimiento (Plancton) o en aguas residuales pre-tratadas. Los tamices se incluirán en el pretratamiento de una estación depuradora en casos especiales:  
Cuando las aguas residuales brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos. (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Desarenador**

El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente.

Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65, obteniéndose un porcentaje de eliminación del 90%. Si el peso específico de la arena es bastante menor de 2,65, deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las anteriores. (FONAM, 2010).

- **Desaceitado y desengrasado:**

El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.

El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido. En ambos casos se eliminan mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad.

Se podría hacer esta separación en los decantadores primarios al ir provistos éstos de unas rasquetas superficiales de barrido, pero cuando el volumen de grasa es importante, estas rasquetas son insuficientes y la recogida es deficitaria.

Si se hacen desengrasado y desarenado junto en un mismo recinto, es necesario crear una zona de homogenización donde las grasas flotan y se acumulan en la superficie, evacuándose por vertedero o por barrido superficial, y las arenas sedimentan en el fondo y son eliminadas por uno de los métodos que desarrollamos en el apartado anterior. (FONAM, 2010).

## **b) Tratamiento Primario**

El tratamiento primario que recibe las aguas residuales consiste principalmente en la remoción de sólidos suspendidos floculentos, bien, mediante sedimentación o floculación, en la neutralización de la acidez o alcalinidad excesivas y en la remoción de compuestos inorgánicos mediante precipitación química. En algunos casos se puede utilizar la coagulación como auxiliar del proceso de sedimentación.

Entre los principales procesos y operaciones de tratamiento primario están:

- **Sedimentación:**

Este proceso depende de los pesos específicos de los sólidos, debido a que determinará su comportamiento. Algunos sólidos que tienen el peso específico mayor que el agua sedimentada pasarán a sedimentarse y las partículas que tiene peso específico menor flotarán.

También se puede encontrar la sedimentación floculenta que consiste en ir generando mayor velocidad en las partículas sólidas que van cayendo a la superficie por aumento de tamaño de las mismas. Este aumento de tamaño se origina generalmente por floculación, es decir por la acción de barrido o por turbulencias que tiene como resultado agrupar material (FONAM, 2010).

Finalmente se tiene la sedimentación primaria la cual tiene como objetivo el remover las partículas que son sedimentables.

- **Coagulación y Floculación:**

La coagulación y floculación tienen como objetivo retirar los sólidos en suspensión y las partículas coloidales. Debido a que estos procesos actúan casi simultáneamente, muchas veces no se logran diferenciar sus funciones. En el caso de la coagulación se genera la desestabilización de la suspensión coloidal y la floculación genera modificaciones en el transporte de sólidos, evitando que se junten y unan, tratando de minimizar las partículas.

La coagulación es un proceso que utiliza un reactivo químico llamado coagulante al cual se debe controlar su comportamiento de pH. Los coagulantes más utilizados en el mercado son el sulfato de alúmina, sulfato férrico, cloruro férrico (Metcalf y Eddy, 1995).

Los coagulantes metálicos son los más usados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO y fosfatos de aguas residuales. Tiene como ventaja trabajar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo (FONAM, 2010).

La floculación es un proceso de separación de líquido-sólido de las partículas suspendidas en aguas residuales. Este método sirve para remoción de grasas, aceites y sólidos de densidad baja. Para lograr que los sólidos lleguen a flotar de una manera artificial y con mayor velocidad, se busca ayuda de instrumentos como el compresor de aire, la válvula reductora de presión y el tanque de presión. El proceso de floculación se realiza inyectando aire a las aguas residuales crudas, o el efluente recirculado del tanque de flotación, este se mezcla nuevamente con las aguas residuales crudas. Los floculantes más usados son los oxidantes, adsorbentes y sílice activa (FONAM, 2010).

Los factores que influyen en los procesos de coagulación y floculación son la velocidad, el pH y el tiempo. Estos factores pueden originar que las partículas se desintegren o se aglomeren. También cabe señalar que el pH es uno de los factores claves para la estabilización del proceso (FONAM, 2010).

A continuación se describirá una de las unidades principales donde se puede encontrar los procedimientos del tratamiento primario.

- Tanque Imhoff: Dicho tanque tiene como objetivo la remoción de los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para reducir el material que pasará por el tratamiento secundario o biológico.

Los tanques Imhoff son unidades de sedimentación primaria que tienen como finalidad la remoción de sólidos suspendidos. Dentro de los tanques, en la parte inferior, se incorpora el digestor de lodos. Son también llamados tanques de doble cámara.

El tanque Imhoff tiene un funcionamiento sencillo y no está sujeta al uso de partes mecánicas. Aunque si es necesario que antes de entrar al tanque, el material haya pasado por pre-tratamientos (como el cribado y remoción de arenas).

El tanque Imhoff tiene una forma rectangular y se compone de una cámara de sedimentación, una cámara de digestión de lodos, y el área de ventilación y acumulación de natas (FONAM, 2010).

Las aguas residuales ingresan a una cámara de sedimentación, donde se remueven los sedimentos y se resbalan por las paredes inclinadas. Cuando el material comienza a resbalar con destino al fondo esta pasa por una ranura con traslape, la cual entra a la cámara de digestión. El traslape desvía el material suspendido en el proceso de la digestión, hacia la cámara de natas o al área de ventilación. Estos tanques no cuentan con mecanismos que requieran mantenimiento pero sí se debe tener un régimen de cuidados con respecto a las espumas y a los lodos. Los lodos son retirados periódicamente al lecho de secado, allí se filtrará el líquido restante y el sólido permanecerá para finalmente utilizarlo para mejoramiento de los suelos (Metcalf y Eddy, 1995).

Es importante conocer los procesos llevados a cabo dentro del digester de lodos. Los lodos son dependientes de factores como el volumen residual tratado y la climatología. En el tema de la climatología, los lodos están propensos a generar con mayor rapidez reacciones como los malos olores o putrefacción ante los cambios bruscos de temperatura (FONAM, 2010 / Metcalf & Eddy, 1995).

Cabe señalar que, en el tratamiento primario se pueden encontrar tanques de sedimentación y tanques de flotación, ambos por separado. En el caso del tanque de sedimentación, genera la acumulación de material mediante gravedad, esperando recolectar la mayor cantidad de material sólido residual en el fondo. Para el retiro temporal de los lodos, cada cierto tiempo de mantenimiento, se retira el material mediante equipo de bombeo, el cual también tendrá que ser especificado mediante diseño para no perjudicar los procesos del tanque. Finalmente el tanque de flotación, como su mismo nombre lo dice, trata de remover los materiales suspendidos, usando el aire como agente de flotación (Metcalf y Eddy, 1995).

### **c) Tratamiento Secundario**

La materia orgánica biodegradable en un proceso aerobio, sirve como nutriente en una población bacteriana proporcionando oxígeno y condiciones controladas. La materia orgánica será oxidada en este proceso, y a la vez se manifestarán bacterias que acompañarán el proceso para disminuir los contaminantes (Metcalf y Eddy, 1995). Según la última edición del Reglamento Nacional de Edificaciones, un tratamiento secundario incluye procesos biológicos con una eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) soluble mayor a 80% (RNE, 2006).

Para que la transformación biológica se ejecute de una manera más eficiente, se deberá contar con ciertas características que no deben dejarse de lado. El crecimiento bacteriano debe contar con ciertos parámetros como la temperatura, oxígeno disuelto, pH (6.5 -8.0), salinidad (menor a 3,000 ppm). También se debe considerar que actúan de forma inhibidora sustancias tóxicas como Cadmio (Cd),

Cobre (Cu), Cromo (Cr), entre otros. Asimismo, las grasas y aceites en desengrasadores previos deben ser evitados (FONAM, 2010).

En el libro “Ingeniería de aguas residuales” de Metcalf & Eddy (1995), se señalan como procesos biológicos más comunes al proceso de lodos activados, laguna aireada, filtros percoladores, biodiscos, y tanques de estabilización, los cuales son descritos a continuación:

- **Lagunas de estabilización:** Conocido popularmente como lagunas de oxidación, son empleadas en muchas provincias del Perú como unidad principal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, siendo la razón principal el bajo costo de construcción y mantenimiento.

Las lagunas de oxidación son cantidades de agua ubicadas en un tanque excavado en el terreno y pueden clasificarse de acuerdo a su actividad biológica en: aerobias, anaerobias o aerobia-anaerobia. Según Metcalf & Eddy (1995), el tratamiento más completo que se puede tener en aguas residuales domésticas es un sistema anaerobio seguido por un aerobio-anaerobio.

El tratamiento en lagunas de oxidación tiene como principal desventaja, la entrega de su efluente ya que se debería descargar el material tratado cuando las algas y nutrientes puedan ser asimilados por el receptor (RNE, 2006). Esto considera un mantenimiento y evaluación constante, situación que en el Perú no ocurre. Cada vez que se considere descargar el material tratado, se deberá tomar muestras del efluente y compatibilizarlas con el receptor. Muchas veces este es el principal motivo de contaminación al ambiente y daño al ecosistema.

Las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua residual. El tratamiento por lagunas de estabilización se aplica cuando la biomasa de las algas y los nutrientes que se descargan con el efluente pueden ser asimilados por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de tratamiento

se recomienda especialmente cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos. (Rodolfo, 1990).

Para los casos en los que el efluente sea descargado a un lago o embalse, deberá evaluarse la posibilidad de eutrofización del cuerpo receptor antes de su consideración como alternativa de descarga o en todo caso se debe determinar las necesidades de pos tratamiento.

Para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales se considerarán únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aeradas, facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades que se detallan en la norma (OS: 090; Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010).

- **Lagunas anaerobias:** Las lagunas anaerobias se emplean generalmente como primera unidad de un sistema cuando la disponibilidad de terreno es limitada o para el tratamiento de aguas residuales domésticas con altas concentraciones y desechos industriales, en cuyo caso pueden darse varias unidades anaerobias en serie. No es recomendable el uso lagunas anaerobias para temperaturas menores de 15 °C y presencia de alto contenido de sulfatos en las aguas residuales (mayor a 250 mg/l).

Debido a las altas cargas de diseño y a la reducida eficiencia, es necesario el tratamiento adicional para alcanzar el grado de tratamiento requerido. En el caso de emplear lagunas facultativas secundarias su carga orgánica superficial no debe estar por encima de los valores límite para lagunas facultativas. Por lo general el área de las unidades en serie del sistema no debe ser uniforme (Rodolfo S. – CEPIS/OPS – 1990).

En el dimensionamiento de lagunas anaerobias se puede usar las siguientes recomendaciones para temperaturas de 20 °C:

- Carga orgánica volumétrica de 100 a 300 g DBO / (m<sup>3</sup>.d);
- Período de retención nominal de 1 a 5 días;

- Profundidad entre 2.5 y 5 m;
- 50% de eficiencia de remoción de DBO;
- Carga superficial mayor de 1000 kg DBO/ha.día.

Se deberá diseñar un número mínimo de dos unidades en paralelo para permitir la operación en una de las unidades mientras se remueve el lodo de la otra.

La acumulación de lodo se calculará con un aporte no menor de 40 l/hab/año. Se deberá indicar, en la memoria descriptiva y manual de operación y mantenimiento, el período de limpieza asumido en el diseño.

En ningún caso se deberá permitir que el volumen de lodos acumulado supere 50% del tirante de la laguna.

Para efectos del cálculo de la reducción bacteriana se asumirá una reducción nula en lagunas anaerobias.

Deberá verificarse los valores de carga orgánica volumétrica y carga superficial para las condiciones de inicio de operación y de limpieza de lodos de las lagunas. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010).

- **Lagunas aeróbicas:** Son depósitos donde se trata el agua residual a manera de flujo continuo sin recirculación de los sólidos. Tiene como principal tarea convertir la materia orgánica, mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos que aportan oxígeno. La turbulencia creada por los aireadores tiene como finalidad mantener en suspensión el contenido del depósito. Después de un tiempo de retención, en un periodo de 3 a 6 días, el efluente puede resultar hasta la mitad del DBO de afluente. Por lo tanto, es necesario utilizar posteriormente un tanque decantador para eliminar mayor material orgánico por gravedad.

Se debe tener en consideración para el diseño de una laguna aireada, la eliminación de DBO, las características del efluente, la demanda de oxígeno, el efecto de temperatura, la demanda energética para el mezclado y la separación de sólidos (Metcalf & Eddy, 1995).



Las lagunas aeradas se emplean generalmente como primera unidad de un sistema de tratamiento en donde la disponibilidad del terreno es limitada o para el tratamiento de desechos domésticos con altas concentraciones o desechos industriales cuyas aguas residuales sean predominantemente orgánicas. El uso de las lagunas aeradas en serie no es recomendable.

Se distinguen los siguientes tipos de lagunas aeradas:

- **Lagunas aeradas de mezcla completa:** Las mismas que mantienen la biomasa en suspensión, con una alta densidad de energía instalada ( $>15$  W/m<sup>3</sup>). Son consideradas como un proceso incipiente de lodos activados sin separación y recirculación de lodos y la presencia de algas no es aparente. En este tipo de lagunas la profundidad varía entre 3 y 5 m y el período de retención entre 2 y 7 días. Para estas unidades es recomendable el uso de aeradores de baja velocidad de rotación. Este es el único caso de laguna aerada para el cual existe una metodología de dimensionamiento.
- **Lagunas aeradas facultativas:** Las cuales mantienen la biomasa en suspensión parcial, con una densidad de energía instalada menor que las anteriores (1 a 4 W/m<sup>3</sup>, recomendable 2 W/m<sup>3</sup>). Este tipo de laguna presenta acumulación de lodos, observándose frecuentemente la aparición de burbujas de gas de gran tamaño en la superficie por efecto de la digestión de lodos en el fondo. En este tipo de lagunas los períodos de retención varían entre 7 y 20 días (variación promedio entre 10 y 15 días) y las profundidades son por lo menos 1,50 m. En climas cálidos y con buena insolación se observa un apreciable crecimiento de algas en la superficie de la laguna. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010).
- **Lagunas facultativas:** Su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema de lagunas puede ser:  
Como laguna única (caso de climas fríos en los cuales la carga de diseño es tan baja que permite una adecuada remoción de bacterias) o seguida de una laguna secundaria o terciaria (normalmente referida como laguna de

maduración), y como una unidad secundaria después de lagunas anaerobias o aeradas para procesar sus efluentes a un grado mayor.

Los criterios de diseño referidos a temperaturas y mortalidad de bacterias se deben determinar en forma experimental.

En donde no exista ningún dato se usará la temperatura promedio del aire del mes más frío.

El coeficiente de mortalidad bacteriana (neto) será adoptado entre el intervalo de 0,6 a 1,0 (1/d) para 20°C.

La carga de diseño para lagunas facultativas se determina con la siguiente expresión:

$$Cd = 250 \times 1,05 (T - 20)$$

En donde: Cd es la carga superficial de diseño en kg DBO / (ha.d)

T es la temperatura del agua promedio del mes más frío en °C.

Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo, la profundidad de las lagunas debe ser mayor de 1,5 m. Para el diseño de una laguna facultativa primaria, el proyectista deberá proveer una altura adicional para la acumulación de lodos entre períodos de limpieza de 5 a 10 años.

Para lagunas facultativas primarias se debe determinar el volumen de lodo acumulado teniendo en cuenta un 80% de remoción de sólidos en suspensión en el efluente, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1,05 kg/l y un contenido de sólidos de 15% a 20% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación.

Se debe determinar el volumen de lodo acumulado a partir de la concentración de sólidos en suspensión en el efluente de la laguna aireada, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1,03 kg/l y un contenido de sólidos 10% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación.

En el cálculo de remoción de la materia orgánica (DBO) se podrá emplear cualquier metodología debidamente sustentada, con indicación de la forma en que se determina la concentración de DBO (total o soluble).

En el uso de correlaciones de carga de DBO aplicada a DBO removida, se debe tener en cuenta que la carga de DBO removida es la diferencia entre la DBO total del afluente y la DBO soluble del efluente. Para lagunas en serie se debe tomar en consideración que en la laguna primaria se produce la mayor remoción de materia orgánica. La concentración de DBO en las lagunas siguientes no es predecible, debido a la influencia de las poblaciones de algas de cada unidad. (RNE, 2010).

- **Lodos activados:** Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Ardem y Lockett, y su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aeróbica. (Metcalf y Eddy, 1995).

Este sistema funciona con la instalación previa de material que genere bacterias aerobias. Este ambiente se puede lograr ingresando aire con un soplador y difusores, pudiéndose también emplear difusores mecánicos. Al entrar, las aguas servidas se decantan y gracias al efecto de una bomba genera la suspensión del material. Una vez suspendido el material se pone en contacto con el oxígeno, luego la materia degradada flocula y vuelve a decantarse. Es aquí donde la biomasa sedimentada se devuelve para ser reutilizada.

En el proceso de los lodos activados, las bacterias son los principales actores debido a que ellos son quienes degradan la materia orgánica del agua residual entrante. En el reactor aireado, las bacterias facultativas y aerobias se encargan de utilizar la materia orgánica para generar energía, esto para la síntesis de la materia orgánica como masa biológica.

El proceso de lodos activados es un método muy empleado en distintas partes del mundo, debido a su buen funcionamiento y reuso del lodo. Uno de sus

puntos más desfavorables es la gran cantidad de energía necesaria para su operatividad. En algunos países no ha generado prácticas exitosas debido al mal mantenimiento que se le brinda (Arthrobacter del Bajío S.A. de C.V., 2005).

- **Biodiscos:** Los reactores biológicos rotativos de contacto, más conocidos como biodiscos, es otro ejemplo donde se asume un tratamiento biológico aerobio. Este proceso se compone de una serie de discos circulares de poliestireno, o cloruro de polivinilo, situados sobre el mismo eje, la distancia entre cada disco es relativamente corta (Metcalf y Eddy, 1995).

Su operación se basa, fundamentalmente, en la posición de los discos parcialmente sumergidos y sus giros lentos. El crecimiento de la película biológica va a la par del movimiento giratorio de los discos, esto contribuye a que la película se encuentre en contacto directo con la materia orgánica y con la atmósfera. Al estar en contacto con la atmósfera induce a la transferencia de oxígeno y mantiene a la biomasa en condiciones aerobias satisfactorias (Metcalf & Eddy, 1995).

Estas rotaciones generan eliminación de la materia sólida mediante esfuerzos cortantes. Además del tratamiento secundario, los biodiscos pueden ser usados para la nitrificación y desnitrificación estacionales o permanentes (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Filtros percoladores:** Según Metcalf & Eddy (1995), el primer filtro percolador se puso en operación en Inglaterra en 1893. La idea nació del uso de estanques impermeables, donde se adicionaba una capa de piedra triturada. Después de esto, se vertían las aguas residuales por la parte superior, generando que se tenga contacto con el ambiente por cierto tiempo. Luego se dejaba drenar y se dejaba en reposo antes de empezar nuevamente con el proceso. La duración de los ciclos se estimaba en 12 horas, de las cuales 6 horas se empleaba para poner el material en contacto con la atmósfera (Metcalf y Eddy, 1995).

El filtro percolador actual consiste en un lecho constituido por un medio permeable, donde los microorganismos se adhieren y a través del cual percola el agua residual (Metcalf y Eddy, 1995). El medio filtrante puede estar compuesto por piedras o diferentes materiales plásticos. Es muy usado el filtro de piedra el cual tiene forma circular y reparte el agua residual mediante el distribuidor rotatorio.

Los filtros constan de un drenaje inferior que recolecta el agua tratada. El agua tratada pasa a un tanque sedimentador, donde se genera la separación de algunos materiales sólidos restantes. Finalmente, el agua tratada pasa a ser reutilizada, mientras que los sólidos sedimentados logran generar una película biológica, la cual servirá para minimizar la carga biológica y maximizar la reducción de lodo (Metcalf y Eddy, 1995).

#### **d) Tratamiento Terciario**

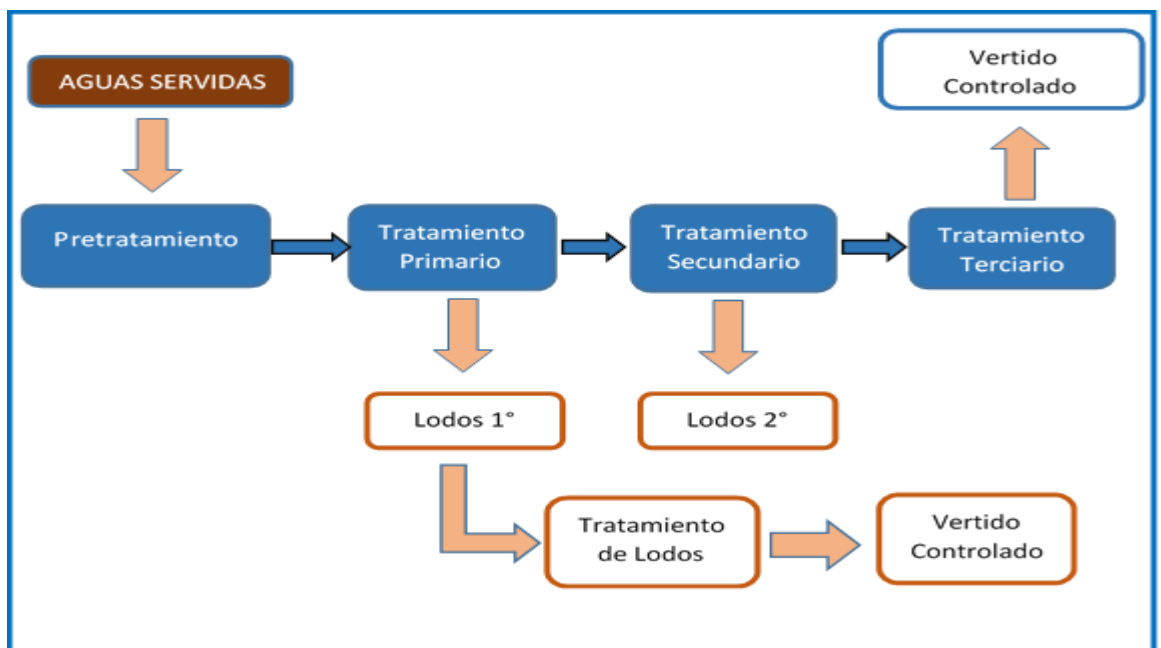
Los objetivos del tratamiento terciario son eliminar la carga orgánica remanente de un tratamiento secundario, eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor indeseables, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales, que ocasionan espuma y eutrofización respectivamente. (Rossi, María. 2010).

Existen muchos métodos de tratamiento terciario, algunos de los más importantes son los siguientes:

- **Adsorción en carbón activado:** El carbón activado en forma granulada o pulverulenta, se trata de un fenómeno de superficie por el que los compuestos a adsorber se fijan sobre el carbón activado por uniones físicas y químicas. (Pérez, Antonio y otros).
  
- **Intercambio iónico:** Se produce cuando los iones retenidos a grupos funcionales en una superficie sólida por fuerzas electrostáticas se intercambian con iones de igual carga provenientes de la disolución en la que el sólido está sumergido. (Russell. 2012).

- **Osmosis inversa:** Es un proceso donde el flujo natural de un fluido a través de una membrana semipermeable se invierte mediante la aplicación de presión a la disolución concentrada. (Russell. 2012).
- **Electrodiálisis:** Es un método prometedor de eliminación de nutrientes inorgánicos (fosforo y nitrógeno) de las aguas residuales. Los componentes básicos de una celda de electrodiálisis son una serie de membranas hechas de resinas de intercambio iónico. (Ramalho, 1993).
- **Oxidación química:** También pueden eliminarse compuestos orgánicos, procediéndose a su oxidación con agentes tales como el peróxido de hidrogeno o el ozono, que son poderoso agentes oxidantes debido a sus reacciones de descomposición. (Pérez, Antonio y otros).

**Gráfico N° 2. Secuencia completa de tratamientos de aguas residuales domésticas.**



Fuente: FONAM (2010)

#### **D.- Mitigación de los ríos y quebradas.**

La mitigación es el conjunto de medidas para minimizar el impacto destructivo y perturbador de un desastre.

La mitigación constituye uno de los tipos de intervención que se engloban en la denominada gestión de desastres. Para algunas instituciones y autores (Hutchinson, 1991; Frankenberger, 1991), la mitigación consiste en aquellas medidas que se ejecutan cuando comienza a gestarse un proceso de desastre concreto, como puede ser una hambruna, a fin de frenar en lo posible la escalada de la vulnerabilidad y aminorar el impacto del desastre. Sin embargo, otros (UNDP-DHA, 1994) la adoptan como un concepto genérico más amplio, consistente en medidas para minimizar el impacto del desastre, pero que pueden ejecutarse en todo momento: antes del desastre, por lo que incluiría también las medidas de preparación y de prevención (Prevención de conflictos, Prevención de desastres) a largo plazo; durante el desastre, en la fase de emergencia; y pasado el desastre, en el contexto de rehabilitación o reconstrucción, a fin de reducir el riesgo a crisis futuras.

Tradicionalmente, la mitigación ha tendido a concentrarse en el objetivo de reducir la intensidad de las catástrofes, o eventos desencadenantes de los desastres. Sin embargo, hoy se tiende a subrayar más la necesidad de mejorar las condiciones en las que vive la gente. Así, en un sentido amplio, la forma más efectiva de mitigación es la promoción de un desarrollo humano equitativo, que reduzca la vulnerabilidad de la población e incremente sus capacidades de forma duradera. Sin embargo, en un sentido más estricto, la mitigación suele referirse a un conjunto de medidas concretas para minimizar los perjuicios de los desastres provocados, sobre todo, por catástrofes naturales (ya que los asociados a conflictos civiles y emergencias complejas constituyen contextos mucho más difíciles e imprevisibles), ayudando a la gente a sobrevivir, a preservar sus sistemas de sustento y a poder afrontar mejor los desastres futuros. Por ello, es importante que las medidas de mitigación sean contempladas en los planes y programas de desarrollo a largo plazo, cosa que no suele ser habitual.

Las medidas de mitigación pueden ser de diferentes tipos. Uno de ellos consiste en la construcción de infraestructuras físicas, muchas de ellas orientadas a evitar mayores contaminaciones precipitadas provocadas por las actividades humanas en el agua. (Frankenberger, 1991).

Según la normativa peruana la ley general de las aguas ley N° 17752, en el artículo 22°.- Prohibiciones, nos indica lo siguiente:

Está prohibido verter o emitir cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para con otros usos. Podrán descargarse únicamente cuando:

- Sean sometidos a los necesarios tratamientos previos.
- Se compruebe que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- Se compruebe que con su lanzamiento submarino no se causará perjuicio a otro uso; y
- En otros casos que autorice el reglamento.

La Autoridad Sanitaria dictará las providencias y aplicará las medidas necesarias para el cumplimiento de la presente disposición. Sí, no obstante, la contaminación fuese inevitable, podrá llegar hasta la revocación del uso de las aguas o la prohibición o la restricción de la actividad dañina.

#### **E.- Selección del sistema de tratamiento de aguas residuales**

Las diferentes combinaciones de procesos y operaciones unitarias de una planta de tratamiento funcionan como un sistema, por lo que la elección del tren de tratamiento a utilizar se debe abordar desde una perspectiva global.

La mayor parte de la selección de procesos se centra en la evaluación y valoración de diferentes combinaciones de procesos y operaciones unitarias y sus interacciones. Para esto se deben tomar en cuenta los factores que pueden influir en la toma de decisión. Los factores de mayor importancia en la valoración y selección de los procesos y operaciones unitarias se muestran en la Tabla 3.



**Tabla N° 3. Factores por considerar en la selección y evaluación de las operaciones y procesos unitarios.**

<b>FACTOR</b>	<b>COMENTARIO</b>
Potencial de aplicación del proceso	Se evalúa en base a la experiencia anterior, datos de plantas a escala industrial y datos planta piloto.
Intervalo del caudal aplicable	El proceso debe corresponder con el caudal esperado.
Variación del caudal aplicable	La mayoría de los procesos trabajan a caudal constante.
Características del agua a tratar	Afectan los tipos de procesos (químicos o biológicos).
Limitaciones climáticas	La temperatura afecta velocidades de reacción.
Cinética de reacción y selección del reactor	El dimensionamiento se basa en la cinética de reacción que gobierna al proceso.
Eficacia	La eficacia se suele medir en función del efluente.
Residuos del tratamiento	Es necesario conocer o estimar la cantidad de residuos sólidos, líquidos y gaseosos producidos.
Tratamiento del fango	Posibles limitaciones económicas en el tratamiento.
Limitaciones ambientales	Presencia de vientos, ruidos, malos olores, etc.
Necesidades químicas	Costo de productos químicos.
Necesidades energéticas	Costo de energía.
Necesidades de otros recursos	Que recursos adicionales son necesarios
Necesidades personales	Cuantos empleados, que nivel de preparación.
Necesidades de explotación y mantenimiento	Capacidad de mantener en operación la planta y en buen estado.
Procesos auxiliares	¿Qué procesos son necesarios?
Complejidad	¿Qué tan compleja es la explotación del proceso?
Compatibilidad	Se debe buscar que las operaciones en conjunción sean compatibles.
Disponibilidad del espacio	¿Se cuenta con el espacio suficiente?

Fuente: Metcalf & Eddy, 1996

La aplicabilidad del proceso destaca por encima de los demás factores y se dispone de muchos elementos para determinarla. Entre estos factores se pueden mencionar, la experiencia en el tema de quien está a cargo del proyecto, datos de rendimientos de plantas existentes, información publicada en revistas técnicas, manuales, guías de diseño. En este caso se hará especial énfasis en los datos de rendimiento que muestran los diferentes procesos.

Para efecto de los procesos de tratamiento secundario, los procesos biológicos tienen que tener una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%.

Entre los métodos de tratamiento biológico se preferirán aquellos que sean de fácil operación y mantenimiento y que reduzcan al mínimo la utilización de equipos mecánicos complicados o que no puedan ser reparados localmente. Entre estos métodos están los sistemas de lagunas de estabilización y las zanjas de oxidación de operación intermitente y continua. El sistema de lodos activados convencional y las plantas compactas de este tipo podrán ser utilizados sólo en el caso en que se demuestre que las otras alternativas tengan inconvenientes técnica y económica (Metcalf & Eddy, 1996).

### 1.3.3 Definición de términos:

- ❖ **Aeración:** Proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).
- ❖ **Afluente:** líquido que ingresa a un sistema de tratamiento.
- ❖ **Agua residual:** agua que ha sido usada por una comunidad o industria que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.
- ❖ **Agua residual doméstica:** Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.
- ❖ **Agua residual municipal:** Son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial.
- ❖ **Anaerobio:** Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.
- ❖ **Análisis:** El examen de una sustancia para identificar sus componentes.
- ❖ **Bacterias:** Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que interviene en los procesos de estabilización de la materia orgánica.
- ❖ **Bases de diseño:** Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento.
- ❖ **Calidad de agua:** Referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por los procesos naturales y actividades humanas.
- ❖ **Caudal:** Volumen de agua por unidad de tiempo.
- ❖ **Coliformes:** Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a  $35 \pm 0,5$  °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a  $44,5 \pm 0,2$  °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).
- ❖ **Contaminación de agua:** Modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así

como para los animales domésticos y la vida natural (Carta del agua, Europa 1968).

- ❖ **Cuerpo receptor:** Es todo aquel manantial, zona de recarga, ríos, quebradas, arroyos permanente o no, lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, estuario, manglar, turbera, pantano, agua dulce, salobre o salda, donde se vierten aguas residuales.
- ❖ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días a 20°C).
- ❖ **Digestión aerobia:** Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno.
- ❖ **Digestión anaerobia:** Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en ausencia de oxígeno.
- ❖ **Diseñar:** Proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto o medio de comunicación (objeto, proceso, servicio, conocimiento o entorno) para uso humano.
- ❖ **Diseño:** Se refiere al plan final o proposición determinada fruto del proceso de diseñar: dibujo, proyecto, plano o descripción técnica, maqueta al resultado de poner ese plan final en práctica (la imagen, el objeto a fabricar o construir).
- ❖ **Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.
- ❖ **Eficiencia del tratamiento:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje.
- ❖ **Oxígeno disuelto:** Concentración de oxígeno solubilizado en un líquido.
- ❖ **Planta de tratamiento:** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales.
- ❖ **Proceso de lodos activados:** Tratamiento de aguas residuales en el cual se somete a aeración una mezcla de lodo activado y agua residual.
- ❖ **Río Mayo:** El río Mayo es un afluente del río Huallaga que discurre en la parte norte del Departamento de San Martín. Su cuenca se ubica en las provincias de Rioja, Moyobamba, Lamas y San Martín.

- ❖ **Sistemas de tratamiento de aguas residuales:** son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reúso.
- ❖ **Sólidos en suspensión:** Formación de depósitos de lodos y condiciones anaerobias en los cuerpos de agua receptores.
- ❖ **Tratamiento anaeróbico:** Estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.
- ❖ **Tratamiento aerobio:** Estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en presencia de oxígeno.
- ❖ **Tratamiento de aguas residuales:** El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.
- ❖ **Vertimiento:** Evacuación deliberada de desechos u otras sustancias al ambiente.

#### 1.4 Variables

- Variable Independiente:

X = Diseño de un sistema integrado de tratamiento de las aguas residuales.

X1= Parámetros (DBO5, SST)

- Variable Dependiente:

Y = Mitigar la contaminación del río Mayo, sector Juan Antonio.

## **1.5 Hipótesis**

**Hi:** El diseño de un sistema integrado de tratamiento de las aguas residuales contribuye a mitigar la contaminación del río Mayo, sector Juan Antonio – Moyobamba, 2014.”

## CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

### 2.1 Tipo de investigación

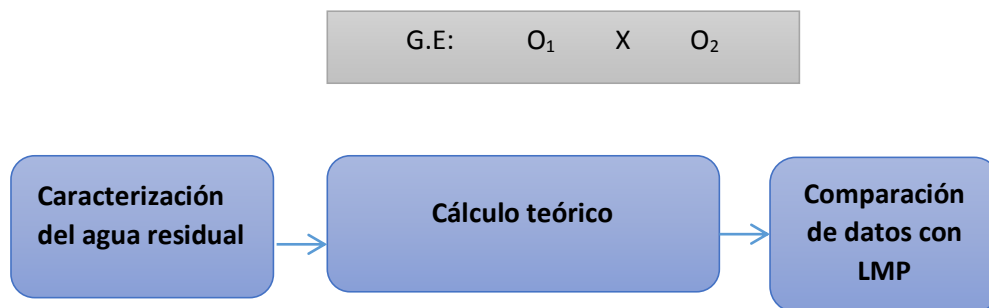
✚ De acuerdo a la orientación : Aplicada

✚ De acuerdo a la técnica de contrastación : Explicativa

### 2.2 Diseño de investigación

Pre – experimental

Diseño de pre-prueba – post-prueba con un solo grupo



### 2.3 Población y muestra

**2.3.1 Población:** Está comprendida por el caudal promedio de aguas residuales que llega al río Mayo en el sector Juan Antonio.

$$Q = 59.72 \text{ l/s}$$

**2.3.2 Muestra:** Volumen determinado para el análisis de aguas residuales vertidas al río Mayo, sector Juan Antonio.

$$V = 500 \text{ ml}$$

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Dependiendo del tipo de investigación a realizar, las técnicas de recolección de información pueden ser de dos formas: la primera es aquella que utiliza la información existente denominada Información Secundaria y la segunda que trabaja con información de primera mano debido a la escasez de información existente acerca de un determinado tema llamada Información Primaria.

### **2.4.1 Técnicas de Recolección de Datos Secundarios:**

#### **➤ Recolección de información:**

Se recurrió a diversas investigaciones realizadas por diversas instituciones a escala local, regional, nacional e internacional para el análisis metodológico y científico del presente estudio.

Dentro de las técnicas utilizadas tenemos: fuentes internas, generadas por instituciones estatales; publicaciones de gobierno; libros, revistas, tesis, información del internet y datos de las organizaciones mundiales vinculadas al tema.

### **2.4.2 Técnicas de Recolección de Datos Primarios:**

#### **➤ Identificación de sitio:**

Para la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, se seleccionó el sector Juan Antonio ubicado a 10 minutos de la punta de Tahuishco, este sector se encuentra dentro del casco urbano de la ciudad de Moyobamba.

En este lugar son vertidas las aguas residuales de una gran parte de la ciudad de Moyobamba directamente al río mayo sin ningún tipo de tratamiento.



➤ **Recolección de muestras:**

El muestreo de agua de los distintos parámetros se realizaron siguiendo las recomendaciones propuestas por el protocolo de monitoreo de agua del DIGESA.

Las muestras son recolectadas a la salida de las aguas residuales, los cuales fueron analizados a través de servicios de terceros; la medición del caudal de descarga de aguas residuales se desarrolló de acuerdo a la población que influye en la generación del agua residual vertida a este sector.

## 2.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

➤ **Utilización de los programas computacionales:**

Los resultados obtenidos de la investigación fueron procesados utilizando programas computacionales de excel mediante cuadros y gráficos, y la interpretación de los datos se hizo de forma descriptiva.

Las concentraciones de contaminantes del efluente de la planta de tratamiento son comparadas con los valores de los “Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales”.

El diseño de la propuesta de un sistema se realizaron de acuerdo a las siguientes formulas establecidas:

**a) Caudal de diseño (Qp, en m<sup>3</sup>/día)**

$$Q_p = (\text{Población} * \text{Dotación} / 1000) * \% \text{Contribución} \quad (01)$$

**b) Carga orgánica (C, en KgDBO/día)**

$$C = [\text{Población} * \text{contribución per cápita (gm. DBO)}] / 1000 \quad (02)$$

$$C = Q_p * \text{DBO}_5 * 0.0846$$

**c) Condición temperatura a 20°C**

**d) Carga superficial, KgDBO/Ha x día**

La carga de diseño para las lagunas facultativas se determinará con cualquiera de las siguientes expresiones:

La carga superficial de las lagunas facultativas se determina con cualquiera de las expresiones:

- Norma de saneamiento S090 – Reglamento Nacional De Edificaciones

$$CS_{\text{DISEÑO}} = 250 * 1.05^{(t-20)} \quad (03)$$

- CEPIS – Yanez

$$CS_{\text{DISEÑO}} = 357.4 * 1.085^{(T-20)} \quad (04)$$

A criterio de los tesisistas quedará qué expresión emplear para el diseño de la laguna.

**Por lo tanto para esta tesis se tomara la norma S090 – RNE (formula N°03)**

$$CS = 250 X 1.05^{(20-20)}$$

**e) Área de la laguna (Área, en Ha)**

$$AREA = Carga / CS_{\text{diseño}} \quad (05)$$

**f) Área de cada laguna**

$$Ac / laguna = \text{Área} / n \quad (06)$$

Dónde: n = número de lagunas

**g) Relación largo/ancho de la l Laguna**

**L/W = 2 a 3**

**h) Profundidad de la laguna (Z, en m)**

De 2 – 4 metros anaeróbicas

De 1,5 – 2,5 metros facultativas

**i) Talud (Zp)**

De 1,5 a 3.

**j) Borde libre (BL, en, m)**

Como mínimo 0,5 m.

**k) Volumen de lodos (V lodos, en m<sup>3</sup>)**

$$V_{\text{lodos}} = (\text{Pob} * \text{Ta} * \text{N}) / 1000 \quad (7)$$

Pob: Población.

Ta: Tasa de acumularon de lodos, de 100 a 120 litros/habx año.

N: Periodo de limpieza, de 5 a 10 años.

**l) Altura de lodo (Z<sub>lodos</sub>, en m)**

$$Z_{\text{LODOS}} = V_{\text{lodos}} / \text{Af} \quad (08)$$

Af: área del fondo de la laguna, en m.

**m) Periodo de retención, días**

$$\text{PR real} = \text{PR teórico} * \text{Fch} \quad (09)$$

Fch: factor de corrección hidráulica

Entonces:

$$\text{PR teórico} = \text{Volumen} / \text{Qe}$$

Qe: Caudal promedio menos el caudal de evaporación e infiltración que se pierde durante el proceso.

El periodo de retención debe ser mayor a 10 días para garantizar una remoción del 99.99% de parásitos.

Esta metodología permite diseñar las dimensiones y saber el tiempo de retención que va a tener la laguna proyectada, pero para saber si se necesita dimensionar otra laguna para tratar el efluente, la primera se tendrá que calcular un valor estimado de la remoción de la DBO y de los coliformes fecales que se da en la laguna y compararlo con los valores que están estipulados en las normas de la ley general de aguas, acerca de la calidad del agua del efluente la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales. (RNE, 2010).

Para tener una predicción acerca de la remoción de los coliformes fecales en la laguna se empleará las siguientes ecuaciones que provienen de la Ley de Chick.

#### **n) Cálculo de factor de dispersión (d)**

Las lagunas de estabilización trabajan a mezcla completa y no a flujo a pistón, si éste fuera el caso el valor de d sería cero; ellas trabajan bajo flujo disperso y a través de la ecuación de Sáenz podemos calcularlo.

$$d = \frac{1.158 \times [R \times (W + 2Z)^{0.489}] \times W^{1.511}}{(T + 42.5)^{0.734} \times (L \times Z)^{1.489}} \quad (10)$$

Donde:

W, L, Z: dimensiones de la laguna. = 80m, 160m, 4m

R: periodo de retención de la laguna. = 15.4 días

T: temperatura del agua, en °C. = 20°C

El valor de “d” debe ser menor de 2.

**o) Cálculo de la constante “a”**

Para el cálculo de esta constante se utiliza la fórmula de Wehner & Wilhelm y simplificada por Thirimurthi.

$$a = \sqrt{(1 + 4 \times K_b \times R \times d)} \quad (11)$$

La constante de la razón de remoción  $K_b$  se calculará a través de las siguientes expresiones:

Norma de Saneamiento S090 - Reglamento Nacional de Construcciones

$$K_b = K_{20} \times 1.05^{(T-20)} \quad (12)$$

Coefficiente de mortalidad bacteriano (neto) será adoptado entre el intervalo de 0,6 a 1,0 l/d para 20°C.

Donde:

$K_b$ : es el coeficiente de mortalidad neto a la temperatura del agua

T: promedio del mes más frío, en °C.

$K_{20}$ : es el coeficiente de mortalidad neta a 20°C.

**CEPIS – Sáenz y Yáñez.**

$$K_b = 0.841 \times 1.07^{(T-20)} \quad (13)$$

El encargo del proyecto decidirá cuál de las expresiones emplear de acuerdo a su criterio.

**p) Coliformes en el efluente, N**

Una vez calculado las constantes anteriores, se reemplazan en la ecuación de Wehner & Wilhelm y simplificada por Thirimurthi<sup>12</sup>. Todo esto parte de la Ley de Chick.

$$N = \frac{N_0 \times 4 \times a \times e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1+a)^2} \quad (14)$$

No: concentración de coliformes fecales con que ingresa a la laguna el agua residual.

#### q) Remoción de la DBO

Se sigue la misma metodología que se empleó para los colimes fecales, el valor de la constante de razón de remoción  $K_b$  para 20°C se encuentra de 0,2 – 0,3 día<sup>-1</sup>, formula (13)

$$K_b = K_{20} \times 1.05^{(T-20)}$$

Además se deben conocer los factores de ajustes para una laguna de estabilización que son:

- Factor de corrección hidráulica (Fch).
- Debido al efecto de la posición relativa de las estructuras de entrada y salida, y al diseño de las mismas, el "factor de corrección hidráulica" (Fch) tiene en la práctica un valor entre 0,3 y 0,8.
- Factor de características de sedimentación (Fcs).
- El valor de este factor varía entre 0,5 y 0,8 en lagunas primarias; y está muy cerca de 1,00 en las lagunas secundarias y de acabado.
- Factor intrínscica de las algas (Fia).
- Las algas que mueren en las lagunas ejercen una DBO que debe ser tomada en cuenta agregando el valor Fia al lado derecho de la ecuación que se utilizará para calcular la DBO en efluente. El valor de Fia varía entre 0 y 1,2 correspondiendo los valores bajos a lagunas primarias y los altos a lagunas de maduración.

Se tendrá que conocer la DBO con que ingresa el agua residual a la laguna, en caso no se conozca se puede calcular una de DBO teórica de la siguiente forma:

$$DBO_{teorica} = \frac{Contribucion\ percapita}{(Dotación\ x\ \% Contribución\ al\ desague)} \times 1000 \quad (15)$$

La DBO soluble se obtendrá multiplicándole el factor de características de sedimentación (Fcs) a la DBO teórica obtenida.

$$DBO_{soluble} = Lo = DBO_{teorica} \times Fcs$$

Una vez obtenido, se reemplazará en la siguiente ecuación:

$$L = \frac{Lo \times 4 \times a \times e^{\left(\frac{1-a}{2a}\right)}}{(1+a)^2} + Lo \times Fia \quad (16)$$

Para la tesis si se conoce la DBO que ingresa al agua residual de la laguna

Por lo tanto:

Con los valores de N y L, se puede comparar con los de la norma de la ley general de aguas para saber si el efluente se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles.

En caso fuese necesario dimensionar otra laguna, es decir que los valores no cumplen con las normas estipuladas en la ley general de aguas, se tendría que seguir la metodología siguiente para el dimensionamiento de otra laguna en serie, a la cual generalmente se le conoce como laguna secundaria o de maduración.

- Asumir la profundidad de la laguna, generalmente es 1 m.
- Las incógnitas L y W (largo y ancho de la laguna).
- El periodo de retención, la constante de dispersión “d” y la constante “a” se ponen en función de L y W.
- La relación L/W se encuentra de 2 a 6 para una laguna de maduración.

- Todo se deja en función de una variable, ya sea el L o el W.
- Una vez que se tiene d, a y el periodo de retención en función de una variable, se empezará a darle valores a la variable, se obtendrán valores de R, d y a, estos se reemplazarán en la ecuación que se utilizará para predecir el número de coliformes a la salida de la laguna para saber si cumple con la norma o no, en caso no sea así, se le sigue dando valores hasta encontrar el valor que permita cumplir con las normas.
- Siempre deberá procurarse que los valores de coliformes y DBO se encuentren lo más cercanos a los límites máximos permisibles, debido a que cuanto más alejado se encuentre el valor, mayor será el tamaño de la laguna, lo cual encarecerá más el costo de la obra, por los costos de movimientos de tierra. (RNE, 2010).



## CAPITULO III: RESULTADOS

### 3.1 Resultados.

#### 3.1.1. Estado actual de la descarga de las aguas residuales vertidas al río Mayo, sector Juan Antonio.

##### A.- Caracterización de parámetros

El proyecto se ha desarrollado a partir de los análisis realizados en condiciones normales en el punto de salida del agua residual del sector Juan Antonio donde se está realizando la presente tesis de investigación los cuales reporta valores fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el laboratorio Sistemas Hidráulicos San Martín S.A.C. Estos valores son:

#### Ensayos de laboratorio meses de ENERO, FEBRERO Y MARZO del 2016

Tabla N°4. Ensayo Fisicoquímico del agua residual vertido al río Mayo.

ENSAYO FISICO-QUIMICO					
Características	Unidades	Resultados			PROMEDIO
		M-1 ENERO	M-2 FEBRERO	M-3 MARZO	
pH	valor de pH	7.62	7.62	7.71	7.65
Sólidos Suspendidos	ppm	232	235	238	235
DBO	ppm	467	471	478	472

Fuente: Informe de análisis N° 16, 35 y 42 Sistemas Hidráulicos San Martín S.A.C.

**Tabla N°5. Ensayo microbiológico del agua residual vertido al río Mayo.**

ENSAYO MICROBIOLÓGICO						
Parámetros	Unidades de Medida	LMP	Resultados			PROMEDIO
			M-1 ENERO	M-2 FEBRERO	M-3 MARZO	
Bacterias coliformes termotolerantes	NMP /100	10,000	17000000	17000000	18000000	17333333.33

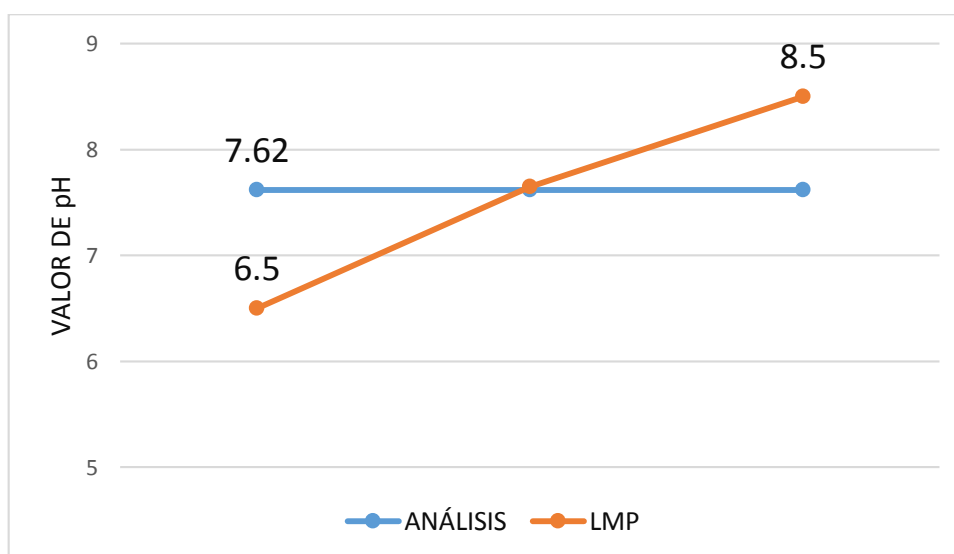
Fuente: Informe de análisis N° 16, 35 y 42 Sistemas Hidráulicos San Martín S.A.C.

De acuerdo a los valores obtenidos en el laboratorio en la presente tesis de investigación se realizó el cálculo con los valores promedios los cuales son:

DBO 5 días, 20°C, mg/hab-día	472
Sólidos en suspensión g/hab-día	235
Coliformes fecales N° de bacterias/hab-día	17333333.33

❖ **Gráficos de los parámetros evaluados**

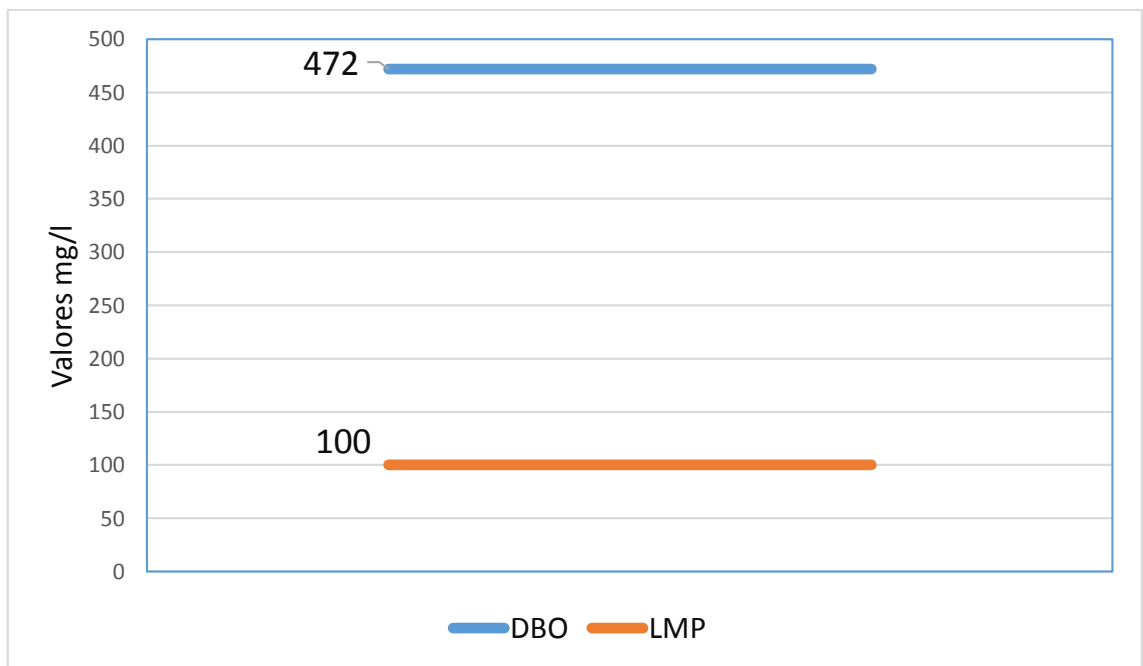
**Gráfico N°3: Potencial de Hidrógeno**



Fuente: Tabla N° 4.

INTERPRETACIÓN: Según el gráfico N° 3 podemos observar que, los resultados de los análisis realizados en el laboratorio, el agua residual vertido al río Mayo tiene un pH de 7.62. Según los límites máximos permisibles indican que los efluentes derivadas a los ríos tiene que estar en el rango de 6.5 – 8.5 con un promedio de 7.65, siendo el límite máximo permisible para este parámetro de calidad del agua. Significa que el vertido de agua residual se encuentra dentro del rango establecido por los límites máximos permisibles.

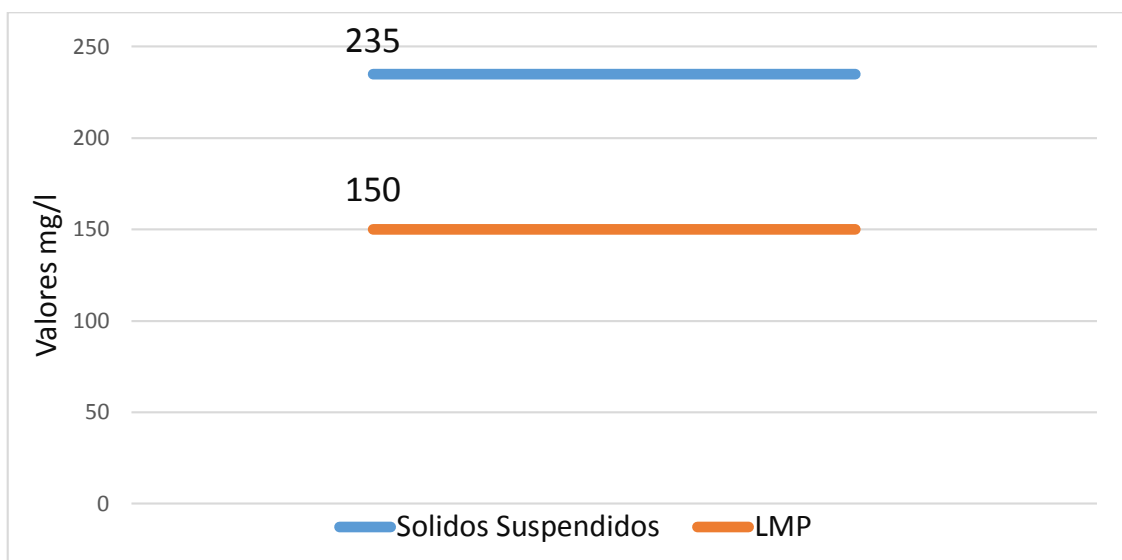
**Gráfico N°4: Demanda Bioquímica de Oxígeno**



Fuente: Tabla N° 4.

INTERPRETACIÓN: Según el gráfico N° 4 podemos observar que los resultados obtenidos del análisis del laboratorio para DBO<sub>5</sub> de 472 mg/l, exceden los límites máximos permisibles de 100 mg/l. Significa que el vertido de agua residual tiene una escasez de oxígeno lo cual genera saturación y malos olores.

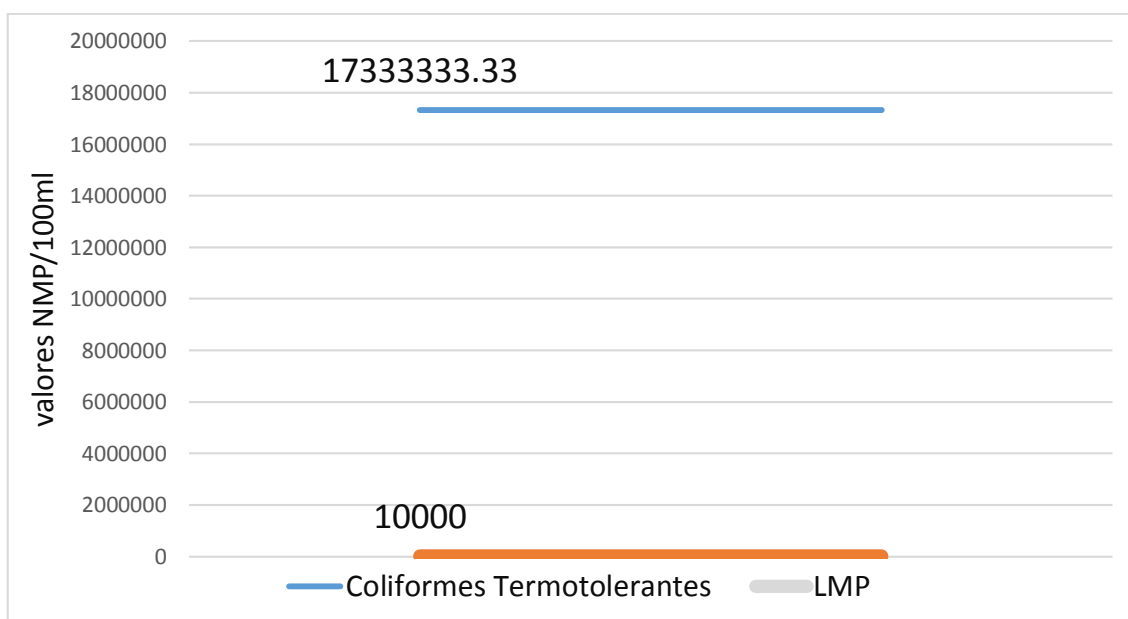
**Gráfico N° 5: Sólidos Totales en Suspensión**



Fuente: Tabla N° 4.

**INTERPRETACIÓN:** Según el gráfico N° 5 podemos observar que de acuerdo al análisis realizado en el laboratorio de este parámetro se obtiene 235 mg/l excediendo los límites máximos permisibles (150 mg/l). Significa que hay una cantidad de sólidos en suspensión que genera saturación, disminuyendo la aeración lo que explica la gran demanda de oxígeno existente en el fluido.

**Gráfico N° 6: Coliformes Termotolerantes**



Fuente: Tabla N° 5.

INTERPRETACIÓN: Según el gráfico N° 6 podemos observar que los resultados obtenidos del análisis del laboratorio para coliformes termotolerante es de 17333333.33 NMP/100ml, los cuales exceden los límites máximos permisibles de 10000 NMP/100ML. Significa que hay gran cantidad de coliformes termotolerantes lo cual es un indicador que esta agua esta bacteriológicamente contaminada y no es apta para el vertido sin tratamiento.

## B.- Población

La población total estimada de la ciudad de Moyobamba al año 2015 es de 53,750 habitantes y se calcula mediante la fórmula geométrica que al año 2035, correspondiente al horizonte del proyecto, ascenderá a 97,897 habitantes el cual se presenta en el cuadro.

**Tabla N° 6. Datos censales de población y vivienda de los últimos años**

<b>Año</b>	<b>Población Distrito</b>	<b>Población Urbana Ciudad - Moyobamba</b>	<b>Población Rural</b>
2000	52,613	33,878	18,735
2005	62,222	40,065	22,157
2007	66,299	42,690	23,609
2010	72,611	46,754	25,857
2015	83,475	53,750	29,725

Fuente: Censos nacionales de población y vivienda – INEI al 2015

### **Método geométrico:**

Población futura:  $P_f = P_0 * r^{(t - t_0)}$ , donde  $r = (P_{i+1} / P_i)^{(t_{i+1} - t_i)}$

**Tabla N° 7. Método geométrico para el cálculo de “r”**

<b>Año</b>	<b>Población Ciudad-Moyobamba</b>	<b>(ti+1 - ti)</b>	<b>r</b>
2005	40,065		
2007	42,690	2	1.032
2010	46,754	3	1.031
2015	53,750	5	1.028
		<b>r promedio =</b>	<b>1.0304</b>

Fuente: Censos nacionales de población y vivienda – INEI al 2015

**Tabla N° 8. Proyección de la población según método de cálculo**

<b>Año</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Población</b>
2,015	$P_f = P_0 * r^{(t - t_0)}$	53,750
2,020		62,442
2,025		72,539
2,030		84,270
2,035		97,897

Fuente: Censos nacionales de población y vivienda – INEI al 2015

### C.- Caudal.

La cantidad de aguas residuales municipales a ser tratada por la planta de tratamiento de aguas residuales se indica en el cuadro.

**Tabla N° 9. Caudal de aguas residuales a ser tratada por la planta de tratamiento**

Año	Población Servida	Caudal Promedio (Qp)		Caudal Maximo Diario (K1*Qp), K1=1.3		Caudal Máximo Horario (K2*Qp), K2=2			
		Hab	m <sup>3</sup> /d	L/s	m <sup>3</sup> /d	L/s	m <sup>3</sup> /d	L/s	m <sup>3</sup> /s
0	2015	53,750	5,160	59.72	6707.96	77.64	9,288	119.44	0.119
1	2016	55,385	5,317	61.54	6912.10	80.00	9,571	123.08	0.123
5	2020	62,442	5,994	69.38	7792.71	90.19	10,790	138.76	0.139
10	2025	72,539	6,964	80.60	9052.89	104.78	12,535	161.20	0.161
15	2030	84,270	8,090	93.63	10516.85	121.72	14,562	187.27	0.187
20	3035	97,897	9,398	108.77	12217.55	141.41	16,917	217.55	0.218

Fuente: Tabla N° 8 y datos censales obtenidos en campo.

**Tabla N° 10: Proyección de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Coliformes Termotolerantes.**

AÑO	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	COLIFORMES TERMOTOLERANTES
0	472	17333333.33
1	468.36	17869835.88
5	548.33	20136341.9
10	636	23392631.59
15	740.01	27175501.59
20	859	31570107.80

Fuente: Informe de análisis N° 16, 35 y 42 Sistemas Hidráulicos San Martín S.A.C.

### 3.1.2. Dimensionamiento del sistema para el tratamiento de las aguas residuales vertidas al río Mayo (20 años).

#### A.- Diseño del Pretratamiento

##### ✚ Cálculo de dimensionamiento de cámara de rejillas

Población actual	53750	habitantes
Tasa de crecimiento (%)	1.03	
Período de diseño (años)	20	
Población futura	<b>97890</b>	hab
Dotación de agua, l/(hab x día)	120	L/(hab x día)
Factor de retorno	0.8	
k1	1.3	
k2	2.0	
Kmin	0.5	
Caudal Promedio	108.77	l/seg
Caudal Máximo Diario	141.40	l/seg
Caudal Máximo Horario	217.53	l/seg
Caudal Mínimo	54.38	l/seg

##### ✚ Diseño de cámara de rejillas

###### caudales de diseño

$$Q_{\text{máx}} = 0.217 \text{ m}^3/\text{s} = 217.15 \text{ l/s}$$

###### Cálculo de las rejillas para el Qmáximo

Caudal máximo (Q) : OS-090 - ITEM 5.3.1.4	0.2172	m <sup>3</sup> /s
Angulo de Inclinación: OS-090 <45°-60°>	45	
Espesor de barra, (e) OS-090 <5mm - 15mm>	9.525	mm
Separación entre barras (a): OS-090 <20mm - 50 mm>	50	mm
"Eficiencia de barra" E=(a/(e+a))	0.840	
Velocidad en rejillas, V (m/s) <0.6 - 0.75>	0.70	m/s
Velocidad de aproximación (Vo) <0.3 - 0.6>	0.59	m/s
Ancho canal (b) (asumir)	1.15	m



Coeficiente de Manning (n)	0.013	
Número de barras "n" = (b-a)/(e + a)	18	

### **Cálculo para el caudal máximo**

Área útil en rejas (Au)	0.310	m <sup>2</sup>
-------------------------	-------	----------------

$$Au = \frac{Q}{V}$$

Área total (At)	0.369	m <sup>2</sup>
-----------------	-------	----------------

$$At = Au.E$$

Cálculo de tirante (y)	0.321	m
Cálculo de radio hidráulico (Rh)	0.206	m
Cálculo de S (m/m)	0.0005	

### **Cálculo de pérdida de carga**

Pérdida carga Hf(m)	0.094	m
---------------------	-------	---

$$Hf = \frac{1.143[(2V)^2 - Vo^2]}{2g}$$

### **Descripción:**

La cámara de rejas ha sido diseñada para el caudal pico (caudal máximo horario) de 217.53 L/s y consta de dos unidades paralelas funcionando una de ellas como aliviadero o "by pass", la misma que trabajará solamente en los casos en que la pérdida de carga en la reja fuese muy alta a causa de su obstrucción por falta de limpieza. De esta manera se evitará el desborde del emisor con la consecuente inundación de los terrenos aledaños a la planta de tratamiento con aguas residuales crudas.

El ingreso de la reja tiene un ancho de 1.15 m y la cámara de la reja propiamente dicha tiene un ancho neto de 1.00 m. La criba está compuesta por 18 barras de acero inoxidable, espaciados a 50 mm e inclinadas 45° con respecto a la horizontal. El “by pass” se inicia antes de la reja, finalizando aguas abajo del mismo y tiene un ancho de 1.00 m.

El diseño demanda la necesidad que la reja sea limpiada continuamente para evitar el represamiento del canal alimentador y el funcionamiento excesivo del by pass con el correspondiente arrastre de sólidos que pueda colmatar a las lagunas facultativas, así como, las consecuencias que ella pueda tener sobre el comportamiento hidráulico del mismo.

## B.- Diseño del tratamiento primario

### a) Diseño de canal rectangular a máxima eficiencia hidráulica

Qd =	0.218	m <sup>3</sup> /seg
Pend (S) =	2	%o
n =	0.018	H°C°

Empleamos la ecuación de Manning

$$Q_i = \frac{1}{n} * S^{0,5} * \frac{A^{\frac{5}{2}}}{P^{\frac{2}{3}}}$$

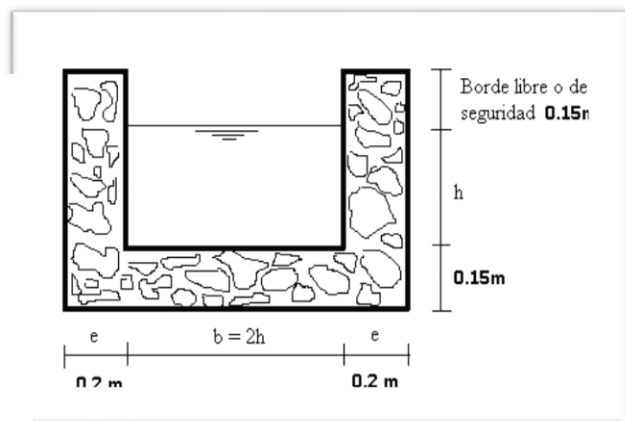
$$Q_i = \frac{1}{n} * R h^{\frac{2}{3}} * P^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

$$Q_i = \frac{1}{n} * \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

$$Q_i = \frac{1}{n} * \frac{A^{\frac{5}{2}}}{P^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_i = \frac{1}{n} * \frac{(2 y n l^2)^{\frac{5}{2}}}{(b+2 y)^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_i = \frac{1}{n} * \frac{(2 y n l^2)^{\frac{5}{2}}}{(4 y n l)^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$



Despejando y reemplazando

$$0,218 = \frac{1}{0,018} * 0,002^{0,5} * \frac{(2*y^2)^{\frac{5}{3}}}{(4*y)^{\frac{2}{3}}}$$

Sabemos que la fórmula para la máxima eficiencia hidráulica en un canal rectangular es:

$$b = 2h = 2y$$

Reemplazando tenemos:

$$y = 0.368 \text{ m} \rightarrow 0.4 \text{ m}$$

$$\text{Entonces } b = 0.8\text{m}$$

El diseño de este canal por seguridad será constante a lo largo de todo el trayecto del proyecto.

$$\text{Área hidráulica} = b*y = 0.32 \text{ m}^2$$

**Verificación de que el flujo en el canal** es suscritico  $NF < 1$ ; y que la velocidad debe ser de 0,6m/seg a 2m/seg.

**Verificación del Número de Froud:**  $Fr < 1$ , Flujo subcrítico o tranquilo,  $Fr = 1$ , Flujo crítico,  $Fr > 1$ , Flujo supercrítico o rápido.

$$Nf = V / (g*y) = 0.19 \text{ adm} \rightarrow \text{flujo suscritico}$$

✚ **Verificación de la velocidad en el canal:**

$$V = Q/A = 0.68 \text{ m/s} \rightarrow \text{ok, velocidad autolimpiable}$$

## b) Dimensionamiento del desarenador

✚ **Cálculo del diámetro de la partícula a sedimentar**

Diámetro D (mm)	a
$D < 0,1\text{mm}$	51
$0.1\text{mm} < D < 1\text{mm}$	44
$D > 1\text{mm}$	36

DATOS:

D=0.25mm	Diámetro de la Partícula
Q=217.55 L/s	Caudal de Diseño
n= 0.018	Rugosidad de Manning H°C°
i= 2%	pendiente Entrada y Salida del canal

#### ✚ Cálculo de la velocidad de flujo.

La velocidad en un desarenador se considera lenta cuando está comprendida entre 0,10 a 0,60 m/s.

La elección puede ser arbitraria o puede realizarse o utilizando la fórmula de Camp.

$$V_d = a\sqrt{d}$$

Donde:

Vd = velocidad de escurrimiento cm/s

d=0.25 diámetro mm.

a = 44 constante en función al diámetro.

Reemplazando en la formula

$$Vd = 44\sqrt{0.25}$$

Vd = 22 cm/s → 0.22 m/s velocidad de escurrimiento

#### ✚ Ancho de cámara (asumido)

$$B= 1.5 \text{ m}$$

Tomando en cuenta que:

$$0.8 \leq \frac{H}{B} \leq 1$$

Relación H/B = 0.80 OK Cumple condición

### ✚ **Altura de la cámara de sedimentación**

Caudal de diseño: Q= 0.21755 m<sup>3</sup>/s

Por lo tanto: H= 0.659242424 m

Por lo que asumimos: H= 1.2 m

### **Verificación del tipo de Flujo**

$$V = \frac{Q}{A}$$

V= 0.679 m/s

### **Número de Reynolds**

$$Re = \frac{V * Rh}{\nu}$$

Laminar Re < 2000

Transicional 2000 < Re < 4000

Turbulento Re > 4000

Donde:

V= 0.679 velocidad del flujo

Rh= 0.32 radio Hidráulico de la sección que fluye el caudal

$\nu$ = 0.0000010070 20° C viscosidad del fluido

Reemplazando obtenemos:

**Re= 135023.5849 Flujo turbulento**

## ✚ Cálculo de la velocidad de sedimentación

### ○ Flujo laminar

Velocidad de sedimentación según diámetro de la partícula

D (mm)	V <sub>s</sub> (cm/s)
0.05	0.178
0.1	0.692
0.15	1.56
0.2	2.16
0.25	2.7
0.3	3.24
0.35	3.78
0.4	4.32
0.45	4.86
0.5	5.4
0.55	5.94
0.6	6.48
0.7	7.32
0.8	8.07
1	9.44
2	15.29
3	19.25
5	24.9

D= 0.25 mm diámetro de la partícula

### Interpolación si fuese necesario

	D mm	V <sub>s</sub> (cm/s)
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9.44</b>
<b>2</b>	<b>1.5</b>	V <sub>s</sub>
<b>3</b>	<b>2</b>	<b>15.29</b>

$$V_s = 12.365 \text{ cm/s}$$

$$V_s = 0.12365 \text{ m/s}$$

○ **Flujo turbulento**

$$V_s = \sqrt{(\gamma_s - 1) * \frac{4 * g * D}{3 * c}}$$

Donde

$V_s$ = velocidad de sedimentación (cm/s)

$\lambda_s$ = 2.625 peso específico de las partículas (g/cm<sup>3</sup>) prácticamente invariable 2,60-2,65

$g$ = 9.81 aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$D$ = 0.025 diámetro de las partículas (cm)

$c$ = 0.5 coeficiente de resistencia de los granos  $c = 0,5$  granos redondos

$$V_s = 1.030897667 \text{ cm/s}$$

$$V_s = 0.010308977 \text{ m/s}$$

✚ **Tiempo de retención**

$$T_s = \frac{H}{V_s}$$

**Turbulento:  $T_s = 116.4034063$  s.** Tiempo que demora la partícula en caer desde la superficie al fondo.

**Laminar:  $T_s = 9.705$  s.** Tiempo considerando flujo Laminar

## ✚ Longitud de la cámara

### ○ Flujo laminar

$$L = k * V_d * t_s$$

Donde:

L= Longitud de cámara (m)

k= Coeficiente de seguridad

k. es un coeficiente de seguridad usado en desarenadores de bajas velocidades para tomar en cuenta los efectos de la turbulencia y depende de la velocidad de escurrimiento de acuerdo a la siguiente tabla:

### Coeficiente de Seguridad

Velocidad de escurrimiento (m/s)	K
0.2	1.25
0.3	1.5
0.5	2

### Interpolación si fuese necesario

	Vd	k
<b>1</b>	0.3	1.5
<b>2</b>	0.22	k
<b>3</b>	0.5	2

k = 1.3 cm/s

$$L = k * V_d * t_s$$

$$L = 1.3 * 0.22 * 9.705$$

L= **2.78 m** longitud en flujo laminar

Constructivamente Se asume L= 3m



○ **Flujo turbulento**

$$L = k * V_d * t_s$$

Donde:

L= Longitud de cámara (m)

k= Coeficiente de seguridad

k. es un coeficiente de seguridad usado en desarenadores de bajas velocidades para tomar en cuenta los efectos de la turbulencia y depende de la velocidad de escurrimiento de acuerdo a la siguiente tabla:

**Coeficiente de Seguridad**

Velocidad de escurrimiento (m/s)	K
0.2	1.25
0.3	1.5
0.5	2

**Interpolación si fuese necesario**

	Vd	k
<b>1</b>	0.3	1.5
<b>2</b>	0.22	k
<b>3</b>	0.5	2

**k = 1.3000 cm/s**

$$L = k * V_d * t_s$$

$$L = 1.3 * 0.22 * 116.40$$

**L= 33.2914m longitud en flujo turbulento**

**Constructivamente se asume L= 34 m**

### ✚ Transición de entrada

$$L_r = \frac{T_2 - T_1}{2 * \tan(12.5^\circ)}$$

Donde:

LT: longitud de la transición m

T2: 1.5 Espejo de agua en la cámara de sedimentación (m)

T1: 0.8 Espejo de agua en el canal de entrada (m)

Reemplazando tenemos:

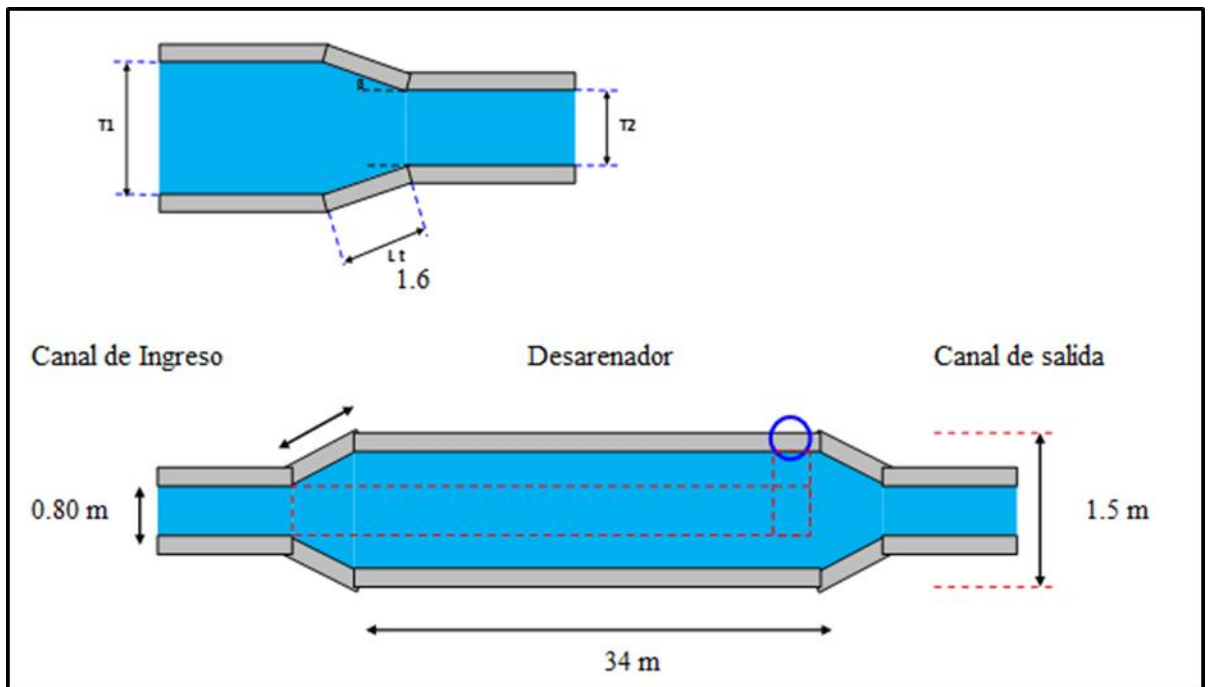
$$LT = 1.57 \text{ m}$$

Por fines constructivos **LT = 1.60 m**

### ✚ Dimensionamiento final:

Transición de Entrada y Salida

**Gráfico N° 7. Dimensionamiento final**



Fuente: Dimensionamiento del sistema para el tratamiento

### **Descripción:**

Según la Norma OS0.20 del Reglamento Nacional de Edificación sugiere que por razones de mantenimiento se dispongan de dos unidades de desarenación.

Inmediatamente después de la cámara de rejillas, las aguas cribadas serán conducidas por medio de un canal abierto de 0,80 m. de ancho hasta el desarenador proyectado. Al respecto, se han proyectado dos desarenadores del tipo parabólico que tendrán una longitud de 34.0 m, un ancho de 1.5 m, una profundidad neta de 1.20 m y total de 1.50 m, y con capacidad para remover granos de arena de 0,25 mm de diámetro y caudales de tratamiento comprendidos entre 119.44 L/s y 217.55 L/s.

### **C.- Cálculo y dimensionamiento de lagunas facultativas.**

Para el dimensionamiento de lagunas facultativas se tomaron en consideración los criterios de la Norma S090 “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Construcción.

#### **✚ Datos requeridos**

Población de diseño	97,897	Habitantes
Dotación	120	lt/hab/día
Contribuciones		
De desagüe	80.00	%
De D.B.O.5	50.00	grDBO/hab/día
Temperatura del ambiente en el mes más frío	20.00	°C
Temperatura del agua en el mes más frío	22.00	°C
Coliformes fecales en el crudo	31000000	NMP/100 ml.
Perdida: percolación - evaporación	0.50	cm/día
Incremento: precipitación - agua subterránea	0.75	cm/día

## ✚ Selección del número de lagunas a emplear

### ○ Parámetros de diseño obtenidos

Caudal de aguas residuales	9,398.11	m <sup>3</sup> / día
Carga de D.B.O.5 del afluente en la laguna Primaria	4,894.85	KgDBO5/día
D.B.O.5 teórico	520.83	mg DBO / lt
Carga superficial máxima	275.63	kg DBO/Ha*día
Área superficial requerida para las lagunas primarias	17.76	Hectárea

## ✚ Determinación del número de lagunas en paralelo

N	Au = At / N
2.00	8.88
3.00	5.92
4.00	4.44
5.00	3.55
6.00	2.96

Donde:

N = Total de lagunas en paralelo

Au = Área de cada laguna en Hectáreas

At = Área superficial requerida para las lagunas

Número de lagunas primarias en paralelo = 6.00      Unidades

Número de lagunas secundarias en paralelo = 6.00      Unidades

## ✚ Parámetro de diseño lagunas primarias

### ○ Dimensionamiento

Área unitaria	2.96	Ha
Caudal unitario afluente	1,566.35	m <sup>3</sup> /día
Relación largo/ancho	<b>2.00</b>	
Dimensiones aproximadas		
Ancho aproximado	121.65	m
Longitud aproximada	243.30	m
Dimensiones adoptadas		
Ancho adoptado	<b>100.00</b>	m
Longitud adoptada	200.00	m
Profundidad	<b>2.50</b>	m
Tasa de mortalidad ( kb )	0.662	1/día
Periodo de retención	30.93	días

### ○ Eficiencia de remoción de bacterias

Factor de corrección hidráulico	0.70	
Periodo de retención corregido	21.65	días
Caudal efluente unitario	1616.35	m <sup>3</sup> /día
Caudal efluente total	9,698.11	m <sup>3</sup> /día
Área acumulada	12.00	Ha
Coefficiente De dispersión ( d )	0.240	
a	3.840	

### ○ Eficiencia de remoción de carga orgánica

Carga superficial remanente	302.78	KgDBO/día
DBO soluble efluente	31.22	mgDBO/l
DBO total efluente	53.07	mgDBO/l

- **Resultados de lagunas primarias**

Coliformes fecales a la salida de lagunas primarias	54600	NMP / 100 ml
Eficiencia parcial de remoción de coliformes fecales	99.82	%
D.B.O.5 en el efluente	53.07	mgDBO/l
Carga de D.B.O.5 en el efluente	498.80	kgDBO/día
Eficiencia parcial de remoción de D.B.O.	89.81	%

- ✚ **Parámetro de diseño de lagunas secundarias**

- **Dimensionamiento**

Carga de D.B.O.5 en el afluente	498.80	Kg DBO / día
Área total mínima requerida	1.81	Ha
Área total propuesta	2.00	Ha
Área unitaria	0.33	Ha
Caudal unitario afluente	1616.35	m <sup>3</sup> /día
Relación largo/ancho	2.00	
Ancho aproximado	40.82	m
Longitud aproximada	81.65	m
Ancho adoptado	100.00	m
Longitud adoptada	200.00	m
Profundidad	1.50	m

- **Eficiencia de remoción de bacterias**

Tasa de mortalidad ( kb )	0.882	1/días
Periodo de retención	18.00	días
Factor de corrección hidráulico	0.70	
Periodo de retención corregido	12.60	días
Caudal efluente unitario	1666.35	m <sup>3</sup> /día
Caudal efluente total	9,998.11	m <sup>3</sup> /día

Área acumulada	2.00	Ha
Periodo de retención total	34.26	días
Coefficiente de dispersión	0.390	
a	4.284	

○ **Eficiencia de remoción de carga orgánica**

Carga superficial remanente	56.94	kgDBO/día
DBO soluble efluente	5.70	mgDBO/lt
DBO total efluente	9.68	mgDBO/lt

○ **Resultados de las lagunas secundarias**

Coliformes fecales a la salida de lagunas secundarias	509	NMP /100 ML
Eficiencia parcial de remoción de coliformes fecales	99.9984	%
DBO5 en el efluente	5.70	mgDBO/lt
Carga de D.B.O.5 en el efluente	91.00	KgDBO/día
Eficiencia total de remoción de DBO5	98.14	%

✚ **Resumen del cálculo y esquematización de lagunas facultativas**

**Tabla N° 11. Resumen del cálculo y esquematización de lagunas facultativas**

<b>LAGUNAS PRIMARIAS</b>			<b>LAGUNAS SECUNDARIAS</b>		
Número de lag. primarias	6.00	und.	Número de lag. secundarias	6.00	und.
inclinación de taludes	2.00		inclinación de taludes	2.00	
profundidad	2.50	m.	profundidad	1.50	m.
años de limpieza de lodos	2.00	años	borde libre	0.50	m.
altura de lodos requerida	1.27	m.	dimensiones de espejo de agua		
altura de lodos adoptada	0.50		longitud	203.00	m.
altura total (agua + lodo)	3.00		ancho	103.00	m.
borde libre	0.50	m.	dimensiones de coronación		
dimensiones de espejo de agua			longitud	205.00	m.
longitud	205.00	m.	ancho	105.00	m.
ancho	105.00	m.	dimensiones de fondo		
dimensiones de coronación			longitud	197.00	m.
longitud	207.00	m.	ancho	97.00	m.
ancho	107.00	m.	área unitaria en la coronación		
dimensiones de fondo				2.15	ha.
de agua	longitud	195.00 m.	área total secundarias (coronación)		
	ancho	95.00 m.		12.92	ha.
de lodo	longitud	193.00			
	ancho	93.00			
área unitaria en la coronación					
		2.21 ha.			
área total primarias (coronación)		13.29 ha.			
área de tratamiento ( primarias y secundarias - coronación )				26.20	ha.
área total at ( + 15 % )	30.14	ha.			
requerimiento de terreno	3.08	m <sup>2</sup> /habitante			

Fuente: Datos obtenidos del dimensionamiento del sistema de tratamiento.



### **Descripción:**

- Lagunas primarias facultativas:

Las lagunas Facultativas estarán dirigidas a disminuir gran parte de la carga orgánica y bacteriana. Al efecto, para el tiempo de diseño se ha proyectado seis (06) lagunas facultativas primarias de sección trapecial con dimensiones promedios de 207.0 m de largo, 105.0 m de ancho, 2.5 m de profundidad. La tasa de aplicación promedio es de 275.63 kg DBO/ha-d y el período de retención de 21 días. Se estima que la remoción de carga orgánica será del orden del 89.81% y de sólidos sedimentables del 70% siendo la probable DBO total remanente de 53.07 mg/L y la soluble de 31.22 mg/L.

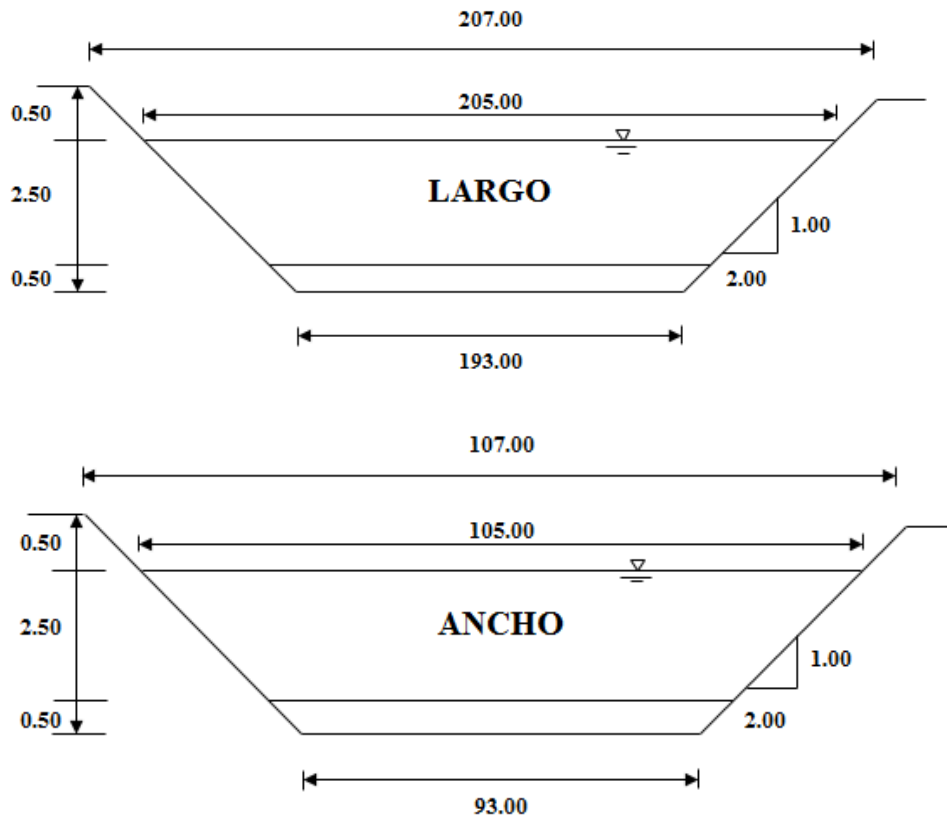
La remoción de coliformes termotolerantes en un porcentaje de 98.82% de 17333333.33 NMP/100ML hasta 55670.93 NMP/100 ML Para optimizar el área de las lagunas, se ha considerado un talud de 1:2 tanto exterior como interior y en la primera etapa se construirán las tres lagunas primarias facultativas proyectadas para caudal de diseño actual.

- Lagunas secundarias facultativas.

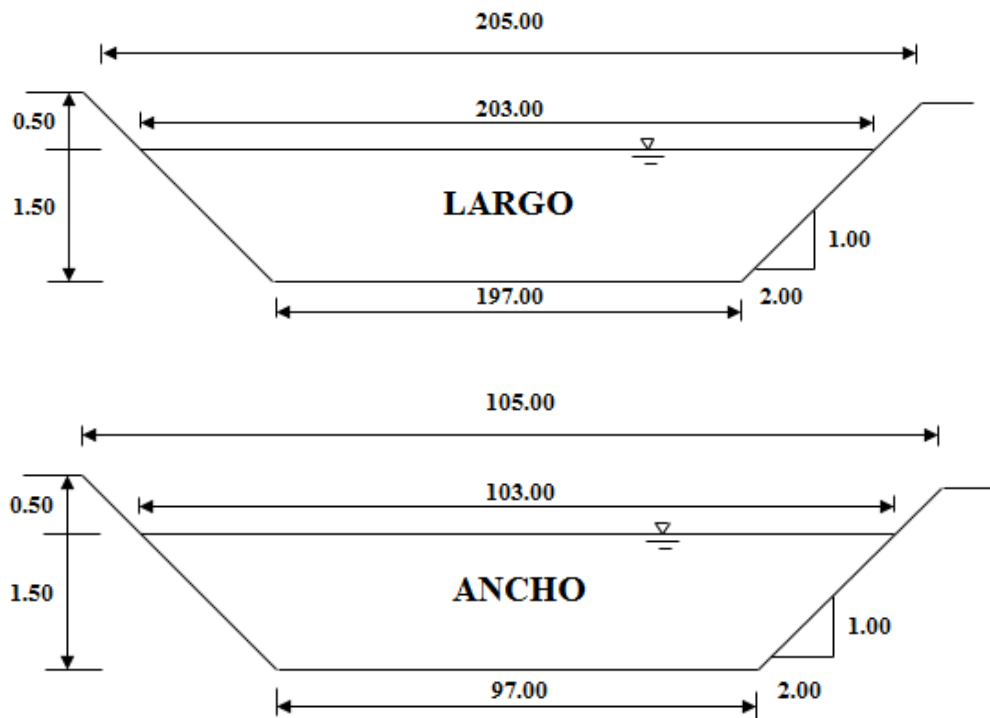
Seis (06) lagunas facultativas secundarias de sección trapezoidal con dimensiones promedios de 205.0 m de largo, 105.0 m de ancho y de 1.5 m de profundidad, el período de retención de 18 días. Se estima que la remoción de carga orgánica será del orden del 98.14%, siendo la probable DBO total remanente de 9.68 mg/L y la soluble de 5.70 mg/L.

La remoción de coliformes termotolerantes en un porcentaje de 99.99% de 55670.93 NMP/100ML hasta 509 NMP/100 ML Para optimizar el área de las lagunas, se ha considerado un talud de 1:2 tanto exterior como interior y en la primera etapa se construirán las tres lagunas secundarias facultativas proyectadas para caudal de diseño actual.

**Gráfico N° 8. Diseño de la laguna primaria**



**Gráfico N° 9. Diseño de la laguna secundaria**



**Resumen de cálculo de remoción de DBO y coliformes termotolerantes proyectado.**

**Tabla N° 12. Remoción calculada a 1, 5, 10, 15 y 20 años.**

<b>AÑO</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO</b>	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES</b>
01	6.30	536
05	5.62	1092.48
10	7.58	642
15	8.89	516
20	9.08	509

Fuente: Tabla N° 10.

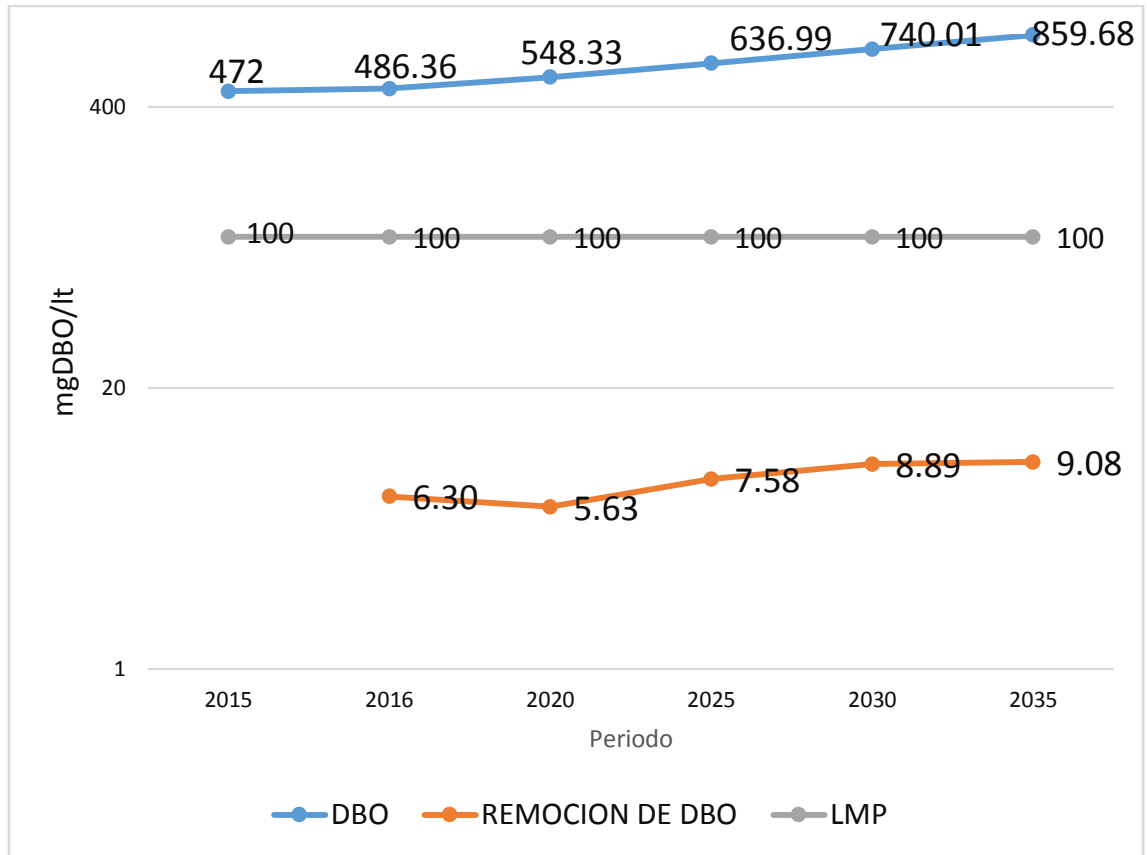
**3.1.3. Niveles de eficiencia del sistema para tratamiento de aguas residuales vertidas al río Mayo.**

**Tabla N° 13. Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

<b>AÑO</b>	<b>DBO</b>	<b>REMOCION DE DBO</b>	<b>LMP</b>
00	472	-	100 mg/l
01	468.36	6.30	
05	548.33	5.62	
10	636	7.58	
15	740	8.89	
20	859	9.08	

Fuente: Tabla N° 10, Tabla N° 12 y Decreto supremo N° 003-2010 MINAM.

**Gráfico N° 10. Proyección de la eficiencia de DBO en relación al tiempo de vida de un proyecto.**



Fuente: Tabla N° 13

**Descripción:** Según el gráfico N° 10, podemos observar que los resultados obtenidos después de desarrollar el dimensionamiento correspondiente, los niveles de DBO<sub>5</sub> disminuyen en todo el periodo de vida del proyecto (20 años), cumpliendo con los datos establecidos en los límites máximos permisibles.

Obteniendo un nivel de eficiencia aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ Ef. remoción} = \frac{\text{concentración}_{\text{entrada}} - \text{concentración}_{\text{salida}}}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}} \times 100$$

**Año 1 (2016).**

$$\frac{486.36 - 6.30}{486.30} \times 100 = 98.70\%$$

**Año 5 (2020).**

$$\frac{548.33 - 5.63}{548.33} \times 100 = 98.97\%$$

**Año 10 (2025).**

$$\frac{636.99 - 7.58}{636.99} \times 100 = 98.81\%$$

**Año 15 (2030).**

$$\frac{740.01 - 8.89}{740.01} \times 100 = 98.80\%$$

**Año 20 (2035).**

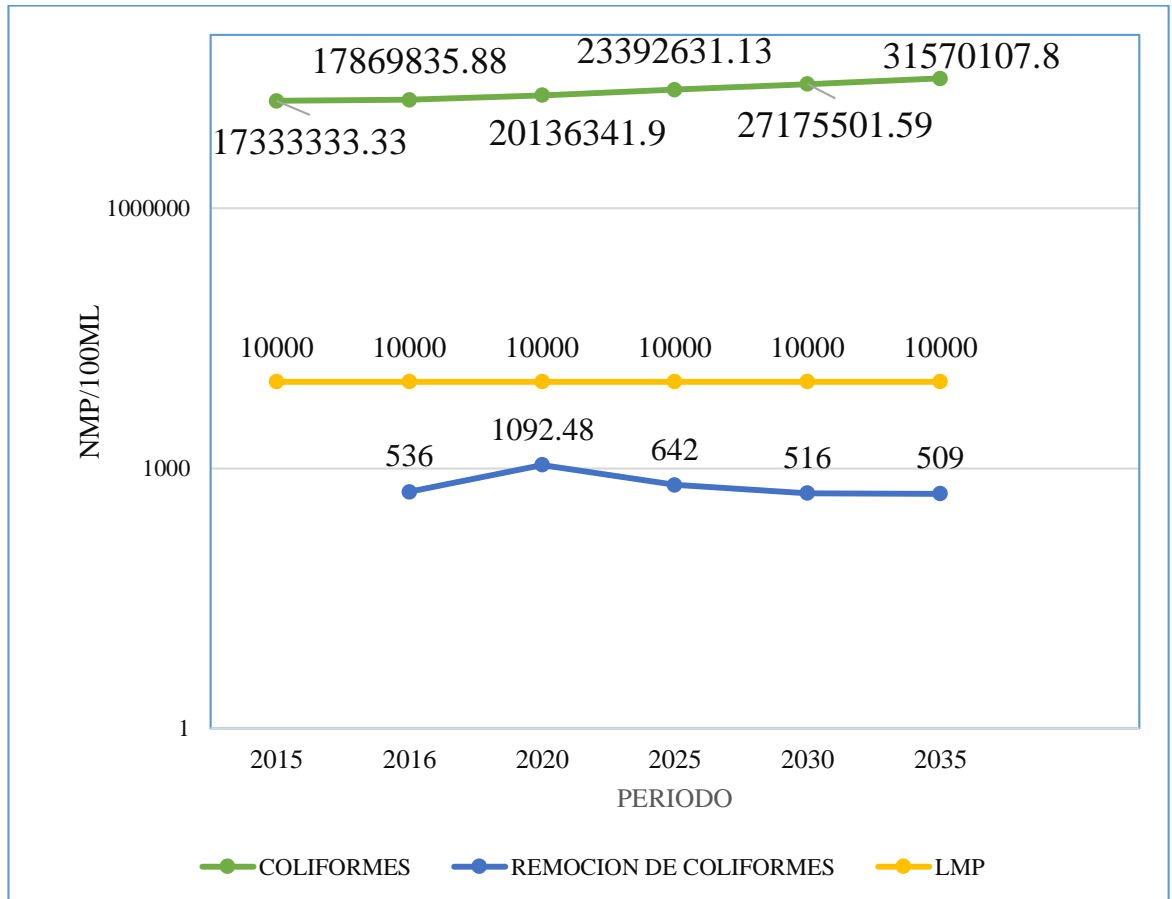
$$\frac{859.68 - 9.08}{859.68} \times 100 = 98.94\%$$

**Tabla N° 14. Remoción de Coliformes Termotolerantes.**

<b>AÑO</b>	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES</b>	<b>REMOCION COLIFORMES TERMOTOLERANTES</b>	<b>LMP</b>
00	17333333.33	-	10 000 NMP/100ml
01	17869835.88	536	
05	20136341.90	1092.48	
10	23392631.59	642	
15	27175501.59	516	
20	31570107.80	509	

Fuente: Tabla N° 10, Tabla N° 12 y Decreto supremo N° 003-2010 MINAM.

**Gráfico N° 11. Proyección de la eficiencia de Coliformes Termotolerantes en relación al tiempo de vida de un proyecto.**



Fuente: Tabla N° 14.

**Descripción:** Según el gráfico N° 11, podemos observar que los resultados obtenidos después de desarrollar el dimensionamiento correspondiente, los niveles de coliformes termotolerantes disminuyen en todo el periodo de vida del proyecto (20 años), cumpliendo con los datos establecidos en los límites máximos permisibles.

Obteniendo un nivel de eficiencia aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ Ef. remoción} = \frac{\text{concentración}_{\text{entrada}} - \text{concentración}_{\text{salida}}}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}} \times 100$$

**Año 1 (2016).**

$$\frac{17869835.88 - 536}{17869835.88} \times 100 = 99.997\%$$

**Año 5 (2020).**

$$\frac{20136341.90 - 1092.48}{20136341.90} \times 100 = 99.995\%$$

**Año 10 (2025).**

$$\frac{23392631.59 - 642}{23392631.59} \times 100 = 99.997\%$$

**Año 15 (2030).**

$$\frac{27175501.59 - 516}{27175501.59} \times 100 = 99.998\%$$

**Año 20 (2035).**

$$\frac{31570107.80 - 509}{31570107.80} \times 100 = 99.998\%$$

### 3.2 Discusiones.

- Lagunas facultativas:

El diseño de las lagunas facultativas se ha basado en las investigaciones realizadas en el Perú por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), y también el reglamento nacional de edificaciones (Norma OS.090 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales).

De acuerdo a las propuestas de diseño de plantas de tratamiento para aguas residuales en San Martín que en términos generales sirvieron como base en la presente tesis de investigación, tenemos a los proyectos planteados en el distrito de Pacayzapa y en el distrito de Jepelacio.

**Tabla N° 15. Datos de investigación**

TESIS DE INVESTIGACION		
INVESTIGACION	DBO	COLIFORMES
AFLUENTE	50 grDBO/Hab x Día	31570107 Nmp/100ml
EFLUENTE	9.68 mgDBO/Hab x día	509
EFICIENCIA	98.14%	99.99%

Fuente: Tabla N°13 y 14

**Tabla N° 16. Datos del proyecto de Pacayzapa**

PROYECTO PACAYZAPA		
PACAYZAPA	DBO	COLIFORMES
AFLUENTE	50 grDBO/Hab x Día	100000000 Nmp/100ml
EFLUENTE	49.9 mgDBO/Hab x día	113
EFICIENCIA	91.37%	100%

Fuente: Proyecto “Mejoramiento del servicio de agua potable e instalación del servicio de alcantarillado en el centro poblado de Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado, provincia de Lamas, departamento San Martín”

**Tabla N° 17. Datos del proyecto de Jepelacio**

PROYECTO JEPELACIO		
JEPELACIO	DBO	COLIFORMES
AFLUENTE	50 grDBO/Hab x Día	17000000 Nmp/100ml
EFLUENTE	40 mgDBO/Hab x día	1001
EFICIENCIA	87.37%	99.99%

Fuente: Proyecto “Mejoramiento del sistema de agua potable e instalación del sistema de alcantarillado en la localidad de Jepelacio”



- Normalmente, las lagunas facultativas se diseñan para remover la materia orgánica contenida presente en las aguas residuales, y dependiendo de sus características hidráulicas y geométricas en general, en la presente tesis de investigación, cumplirá dos funciones: remoción de materia orgánica (DBO5), y reducción de bacterias (coliformes termotolerantes).
- Para el procedimiento de operación se tiene que tener conocimiento que en una laguna facultativa, el crecimiento de, las algas no se establece tan rápidamente como la población de bacterias de las lagunas aeradas, por lo que el periodo, de aclimatación es mayor. Por su gran área se recomienda dividir temporalmente la laguna en secciones mediante la construcción de diques de tierra con una altura no mayor de 50 cm, los cuales se colocan a lo ancho.
- Se llena la primera sección en pocos días y el agua residual se derrama sobre el dique permitiendo que se llene la siguiente sección hasta su altura de diseño. Esta medida permite que el fondo de la laguna selle, más rápido y previene el crecimiento de plantas acuáticas.
- Se debe permitir la aclimatación de la primera laguna durante un tiempo aproximado de 10 a 20 días, mientras que la segunda se ésta llenando. Un indicio de aclimatación se tiene cuando la laguna se torna color verdoso. En ningún caso se debe permitir la entrada de agua residual nueva (fresca) antes de que se logre la aclimatación de la laguna (CNA, 2007).
- El dimensionamiento realizado también tiene el propósito de servir de guía para efectuar un cálculo aproximado del costo, de las lagunas, aun cuando se reconoce que cualquier apreciación económica es difícil en este país.
- Una propuesta para diseño, construcción y operación de un sistema de tratamiento de agua debe incluir una estimación de costo. El propósito de ello es:
  - Ayudar a los administradores, ingenieros y responsables involucrados en la planificación del sistema de tratamiento de agua para determinar, en forma preliminar, la magnitud de la inversión de los costos de capital, de operación y de mantenimiento
  - Proporcionar un elemento financiero para la toma de decisiones respecto al tipo de procesos que pueda integrar un sistema de tratamiento. (CNA, 2007)

- La presente investigación da un alcance de la situación real del Perú en el tema de saneamiento. Se planteó una propuesta de tratamiento del agua residual doméstica y se buscó mediante una estructura de investigación alternativas de soluciones viables y rentables en la ciudad de Moyobamba donde se está realizando dicha investigación. La propuesta planteada no solo tendrán como fondo principal mitigar la contaminación del río Mayo sino brindar calidad de vida a la población.

### 3.3 Conclusiones

- El estado actual de la descarga de las aguas residuales vertidas al río Mayo, sector Juan Antonio, de acuerdo a los análisis realizados en el laboratorio se obtuvo una concentración de DBO<sub>5</sub> de 472 mgDBO/l y Coliformes Termotolerantes con 17333333.33 NMP/100ml superando los límites máximos permisibles.
- Mediante el cálculo teórico utilizados en esta investigación, se realizó el dimensionamiento de cámara de rejas, desarenador, lagunas primaria facultativas de 107m \* 207m \* 2.5m y lagunas secundarias facultativas de 105m \* 205m \* 1.5m) del sistema para el tratamiento de las aguas residuales vertidas al río Mayo, sector Juan Antonio, con las cuales se garantiza el vertimiento de las aguas residuales de acuerdo a la normatividad peruana.
- Se evaluó cuantitativamente los niveles de eficiencia del sistema para tratamiento de aguas residuales vertidos al río Mayo, sector Juan Antonio, los cuales se especifican mediante gráficos. La DBO<sub>5</sub> es 472 grDBO/l al inicio, proyectando los valores de DBO obtenemos 486.36 grDBO/l (año 01), 548.33 grDBO/l (año 05), 636 grDBO/l (año 10), 740 grDBO/l (año 15) y 859 grDBO/l (año 20), los cuales exceden los límites máximos permisibles (LMP = 100gr/l), realizando el cálculo teórico de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones que nos indica calcular con 50 grDBO/hab obtenemos una remoción de 98.70 % (año 01), 98.97% (año 05), 98.81% (año 10), 98.80% (año 15) y 98.94% (año 20). Los Coliformes termotolerantes con 17333333.33 NMP/100ML al inicio, proyectando los valores de coliformes termotolerantes obtenemos 17869835.88 NMP/100ML (año 01), 20136341.90 NMP/100ML (año 05), 23392631.59 NMP/100ML (año 10), 27175501.59 NMP/100ML (año 15), 31570107.80 NMP/100ML (año 20), los cuales exceden los límites máximos permisibles (LMP = 10000 NMP/100ML), realizando el cálculo teórico de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones obtenemos una remoción de 99.997% (año 01), 99.995% (año 05), 99.997% (año 10), 99.998% (año 15) y 99.998% (año 20), representando así que la eficiencia del sistema de tratamiento para aguas residuales es factible. El mismo que nos permite demostrar que la hipótesis planteada es verdadera.

### 3.4 Recomendaciones

- Los resultados de análisis, indican la presencia de grandes cantidades coliformes termotolerantes en la descarga de las aguas residuales al río Mayo así como una elevada demanda bioquímica de oxígeno. Por lo que se sugiere implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales que mejore la calidad del efluente descargado al ambiente y que estos se ciña a los valores aceptados para cada parámetro de los límites máximos permisibles.
- De acuerdo a lo descrito en la base teórica sobre aguas residuales, se recomienda que el vertido de las aguas residuales a ríos deben adecuarse a las disposiciones, reglamentos, normas y procedimientos que demanda el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- De las propuestas de sistemas de tratamiento de aguas residuales mencionadas en el presente trabajo de investigación y habiéndose realizado los cálculos teóricos para los parámetros a remover. Recomendamos la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales con lagunas facultativas por presentar eficiencias en remoción aceptable y se adecua a la realidad económica del sector.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALASINO, N. (2009). *Síntesis y diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe - Argentina, Facultad de Ingeniería Química.
- ARTHROBACTER DEL BAJIJO S.A. de C.V. (2005). *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*.
- ARAUJO, D. y ARAUJO. Y. (2011). *Alternativas para el manejo de las aguas residuales municipales en la Parroquia La Puerta, Municipio Valera, Estado Trujillo*. (Tesis de titulación). Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería. Pampanito – Estado Trujillo.
- ARCE, L. (2013). *Urbanizaciones sostenibles: Descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales*. (Tesis de Titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de ciencias e ingeniería. Lima. 2013.
- ÁVILA, H. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. (2002). *Guía para la Formulación de Proyectos de Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales Domésticas*. Lima.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA CNA (2007) *manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México.
- DECRETO SUPREMO N° 003-2010 MINAM.
- FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (2008). *Plan de Cierre y recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos en las Pampas de Reque*. Chiclayo.
- FRANKENBERGER (1991). *La importancia de la supervivencia de las familias Estrategias de Mitigación de hambre*. En la oficina de tierras áridas estudios.
- HERNANDEZ, R. (2003). *Metodología de la Investigación*. 3ra. ed. México DF: McGraw-Hill Interamericana.
- METCALF & EDDY. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3ra Edición. España.
- METCALF & EDDY. (1995). *Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales*. 2da Edición. España.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2010). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. 4ta. ed. Perú: Megabyte.

- PÉREZ R., O. *Sistema anaerobio para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café*. Santafé de Bogotá (Colombia), Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, 1990. 70p.
- PROYECTO MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE JEPELACIO. 2009.
- PROYECTO MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE E INSTALACIÓN DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO DE PACAYZAPA, DISTRITO DE ALONSO DE ALVARADO, PROVINCIA DE LAMAS, DEPARTAMENTO SAN MARTÍN. 2015.
- QUIROZ, P. (2009) *Planta de Tratamiento de aguas residuales para regadío en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Química e Ingeniería Química. Lima.
- RAMALHO, R. (1993). *Tratamiento de aguas residuales*. Ed. Reverté S.A. España.
- ROMERO, J. (2005). *Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales*. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.
- ROMERO, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. 3ra. Ed. Colombia.
- SANEZ, R.– CEPIS/OPS. (1985). *Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales*.
- SANEZ, R. – CEPIS/OPS. (1985). *Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales*.
- SANEZ, R. – CEPIS/OPS. (1990). *Predicción de la Calidad del Efluente en Lagunas de Estabilización*.
- SEGUÍ, L. (2004). *Sistemas de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales. Una fuente alternativa de suministro dentro de una gestión integral del agua*. Universidad Politécnica de Cataluña – España.
- YANEZ F. – CEPIS/OPS. (1984). *Reducción de Organismos Patógenos y Diseño de Lagunas de Estabilización en Países en Desarrollo*.

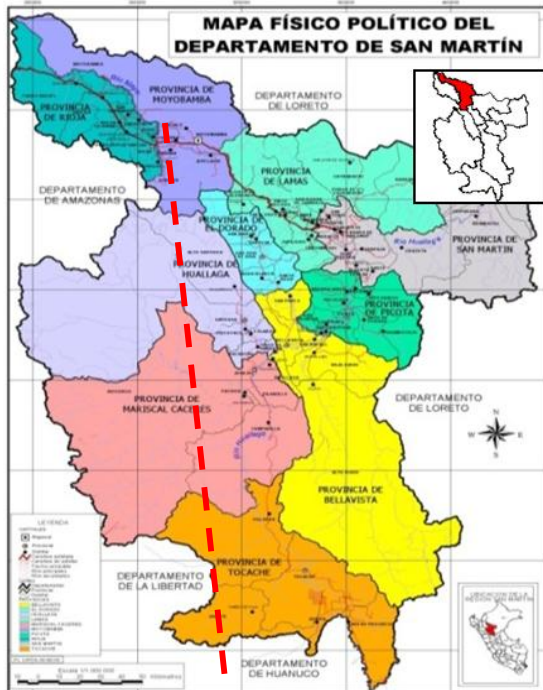
**ANEXOS:**

**Gráfico N°1**

**Mapa de Macro localización y Ubicación del Proyecto**



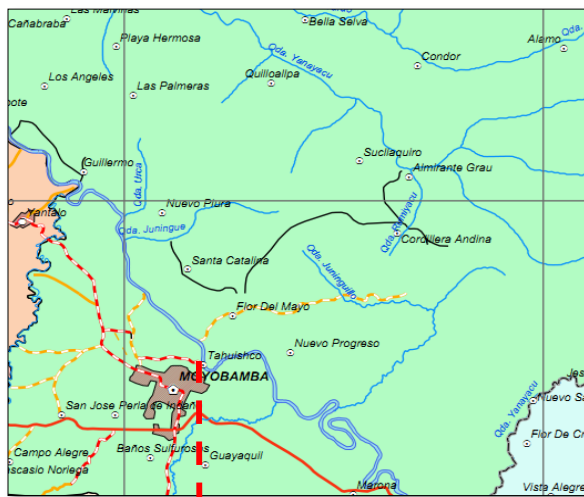
**DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN**



**PROVINCIA DE MOYOBAMBA**



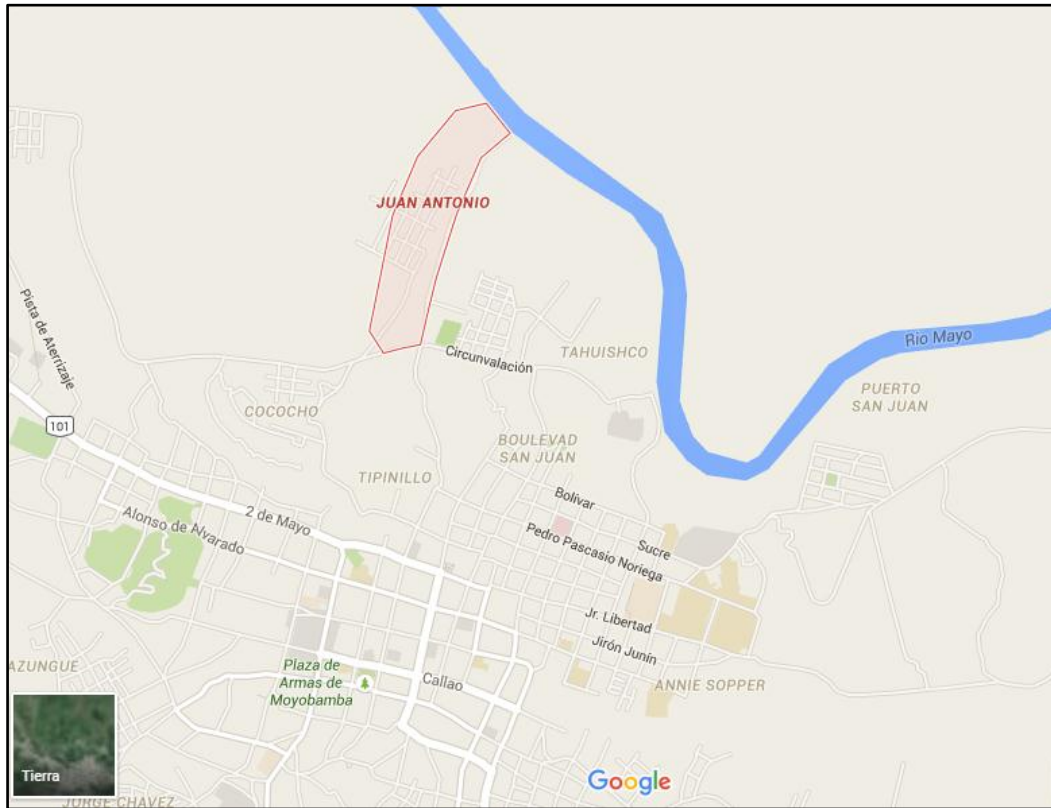
**DISTRITO DE MOYOBAMBA**



**SECTOR JUAN ANTONIO**

## GRÁFICO 02

### Vista del área geográfica





La disposición final de las aguas servidas de la ciudad son evacuadas por el emisor con tubería de CSN de 12” en toda su longitud al río Mayo sin ningún tratamiento, este emisor tiene una antigüedad de 32 años y el punto de desembocadura se encuentra ubicado en el Sector Juan Antonio cuyas coordenadas planas son Norte 9334713; Este 282160.

**Fotografía N°1. Emisor de agua residual sector Juan Antonio**



**Fotografía N°2. Aguas servidas en contacto con las aguas del río Mayo.**



**Fotografía N°3. Toma de muestra de agua residual en Sector Juan Antonio**



**Fotografía N°4. Colocación de muestra en cooler para su envío al laboratorio.**



**Fotografía N°5. Toma de muestra del agua residual en punto de salida al río Mayo.**



**Fotografía N°6. Toma de muestra de agua residual**



# INFORMES DE ANÁLISIS



## INFORME DE ANÁLISIS N° 016-2016

### I. DATOS GENERALES:

SOLICITANTE	PERCY IGORD ZAMORA SAAVEDRA VIOLETA DEL AGUILA VALLES
DOMICILIO LEGAL	Jr. 20 de Abril Cd. 17, Mz. D, Lt. 24, MOYOBAMBA – SAN MARTIN
ENSAYO SOLICITADO	Fisicoquimico y Microbiologico
<b>IDENTIFICACION DE LA MUESTRA</b>	
✓ MUESTRA	Agua Residual Domestica, Proporcionada por cliente
✓ CODIGO DE MUESTRA	M-1
✓ PROCEDENCIA	Moyobamba
✓ NUMERO DE MUESTRAS	01
✓ PRESENTACION/CANTIDAD	Muestra de 1.0 Litro en Botella de Vidrio
✓ Fecha de ingreso de la muestra	11 de Enero del 2016
✓ Fecha de inicio de ensayos	11 de Enero del 2016
✓ Fecha de término de ensayos	18 de Enero del 2016

### II. RESULTADOS:

#### ENSAYO FISICO-QUIMICO

Características	Unidades	LMP	Resultados M-1	Conformidad
pH	valor de pH	6.5 – 8.5	7.62	Conforme
Solidos Suspendidos	ppm	150	232	No conforme
DBO	ppm	100	462	No conforme

#### METODOS DE ENSAYOS:

- ✓ pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500H+ B, 22nd Ed. pH Value. Electrometric Method.
- ✓ Sólidos suspendidos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. – Solids Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C
- ✓ DBO: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. – Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.

#### ENSAYO MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Unidades de Medida	LMP	Resultados	Conformidad
Bacterias coliformes termotolerantes	NMP /100	10,000	17x10 <sup>6</sup>	No Conforme

Fuente: DS N° 003-2010-MINAN

#### METODOS DE ENSAYO:

- ✓ Coliformes Termotolerantes: Técnica de fermentación en tubo múltiple para Coliformes termotolerantes. APHA, AWWA, WEF 9221 A, B1, 2C y E1. Edición 22° -2012

### III. CONCLUSIONES:

Se opina que la muestra de Agua residual domestica **No es conforme**, según el Anexo I: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR, del DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de Tratamiento de aguas Residuales domesticas o municipales.

Moyobamba, 19 de Enero del 2016


**SISTEMAS HIDRAULICOS  
SAN MARTIN S.A.C.**  
  
 Marihu Herrera Molocho de Lizana  
 GERENTE GENERAL

  
 Elias Herrera Molocho  
 INGENIERO QUIMICO  
 CIP: 97854

## INFORME DE ANÁLISIS N° 035-2016

### I. DATOS GENERALES:

SOLICITANTE	PERCY IGORD ZAMORA SAAVEDRA VIOLETA DEL AGUILA VALLES
DOMICILIO LEGAL	Jr. 20 de Abril Cd. 17, Mz. D, Lt. 24, MOYOBAMBA – SAN MARTIN
ENSAYO SOLICITADO	Fisicoquimico y Microbiologico
<b>IDENTIFICACION DE LA MUESTRA</b>	
✓ MUESTRA	Agua Residual Domestica, Proporcionada por cliente.
✓ CODIGO DE MUESTRA	M-1
✓ PROCEDENCIA	Moyobamba
✓ NUMERO DE MUESTRAS	01
✓ PRESENTACION/CANTIDAD	Muestra de 1.0 Litro en Botella de Vidrio
✓ Fecha de ingreso de la muestra	08 de Febrero del 2016
✓ Fecha de inicio de ensayos	08 de Febrero del 2016
✓ Fecha de término de ensayos	13 de Febrero del 2016

### II. RESULTADOS:

#### ENSAYO FISICO-QUIMICO

Características	Unidades	LMP	Resultados M-1	Conformidad
pH	valor de pH	6.5 – 8.5	7.62	Conforme
Solidos Suspendidos	ppm	150	235	No conforme
DBO	ppm	100	471	No conforme

#### METODOS DE ENSAYOS:

- ✓ pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500H+ B, 22nd Ed. pH Value. Electrometric Method.
- ✓ Sólidos suspendidos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. – Solids Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C
- ✓ DBO: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. – Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

#### ENSAYO MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Unidades de Medida	LMP	Resultados	Conformidad
Bacterias coliformes termotolerantes	NMP /100	10,000	17x10 <sup>6</sup>	No Conforme

Fuente: DS N° 003-2010-MINAN

#### METODOS DE ENSAYO:

- ✓ Coliformes Termotolerantes: Técnica de fermentación en tubo múltiple para Coliformes termotolerantes. APHA, AWWA, WEF 9221 A, B1, 2C y E1. Edición 22° -2012

### III. CONCLUSIONES:

Se opina que la muestra de Agua residual domestica **No es conforme**, según el Anexo I: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR, del DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de Tratamiento de aguas Residuales domesticas o municipales.

Moyobamba, 16 de Febrero del 2016


**SISTEMAS HIDRAULICOS  
SAN MARTIN S.A.C.**  
  
**Marilu Herrera Molocho de Lizana**  
 GERENTE GENERAL

  
**Las Herrera Molocho**  
 INGENIERO QUIMICO  
 CIP: 97854

## INFORME DE ANÁLISIS N° 042-2016

### I. DATOS GENERALES:

SOLICITANTE	PERCY IGORD ZAMORA SAAVEDRA VIOLETA DEL AGUILA VALLES
DOMICILIO LEGAL	Jr. 20 de Abril Cd. 17, Mz. D, Lt. 24, MOYOBAMBA – SAN MARTIN
ENSAYO SOLICITADO	Fisicoquimico y Microbiologico
<b>IDENTIFICACION DE LA MUESTRA</b>	
✓ MUESTRA	Agua Residual Domestica, Proporcionada por cliente.
✓ CODIGO DE MUESTRA	M-1
✓ PROCEDENCIA	Moyobamba
✓ NUMERO DE MUESTRAS	01
✓ PRESENTACION/CANTIDAD	Muestra de 1.0 Litro en Botella de Vidrio
✓ Fecha de ingreso de la muestra	07 de Marzo del 2016
✓ Fecha de inicio de ensayos	07 de Marzo del 2016
✓ Fecha de término de ensayos	12 de Marzo del 2016

### II. RESULTADOS:

#### ENSAYO FISICO-QUIMICO

Características	Unidades	LMP	Resultados M-1	Conformidad
pH	valor de pH	6.5 – 8.5	7.71	Conforme
Sólidos Suspendidos	ppm	150	238	No conforme
DBO	ppm	100	478	No conforme

#### METODOS DE ENSAYOS:

- ✓ pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500H+ B, 22nd Ed. pH Value. Electrometric Method.
- ✓ Sólidos suspendidos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. – Solids Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C
- ✓ DBO: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. – Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

#### ENSAYO MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Unidades de Medida	LMP	Resultados	Conformidad
Bacterias coliformes termotolerantes	NMP /100	10,000	18x10 <sup>6</sup>	No Conforme

Fuente: DS N° 003-2010-MINAN


#### METODOS DE ENSAYO:

- ✓ Coliformes Termotolerantes: Técnica de fermentación en tubo múltiple para Coliformes termotolerantes. APHA, AWWA, WEF 9221 A, B1, 2C y E1. Edición 22° -2012

### III. CONCLUSIONES:

Se opina que la muestra de Agua residual domestica **No es conforme**, según el Anexo I: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR, del DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de Tratamiento de aguas Residuales domesticas o municipales.

Moyobamba, 15 de Marzo del 2016

 **SISTEMAS HIDRAULICOS  
SAN MARTIN S.A.C.**  
*Marilyn Herrera Molocho*  
Marilyn Herrera Molocho de Lizana  
GERENTE GENERAL

*Elias Herrera Molocho*  
Elias Herrera Molocho  
INGENIERO QUIMICO  
CIP: 97854

**Límites máximos permisibles para aguas residuales domesticas vertidas al río.**

<b>PARAMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b>
Aceites y Grasas	Mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Mg/L	100
Sólidos Totales en Suspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM



# **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMAS**

**CONSORCIO LOS MOTILONES  
CONTRATO N° 0212-2015-MPL**



**OBRA:**

**“MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE E  
INSTALACION DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO EN  
EL CENTRO POBLADO DE PACAYZAPA, DISTRITO DE  
ALONSO DE ALVARADO, PROVINCIA DE LAMAS – SAN  
MARTIN”**

**LOCALIDAD : PACAYZAPA  
DISTRITO : ALONSO DE ALVARADO  
PROVINCIA : LAMAS  
REGIÓN : SAN MARTÍN**

**SETIEMBRE - 2015**



# EXPEDIENTE TÉCNICO

## "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE JEPELACIO"



- **LOCALIDAD** : **JEPELACIO**
- **DISTRITO** : **JEPELACIO**
- **PROVINCIA** : **MOYOBAMBA**
- **REGION** : **SAN MARTÍN**

**MOYOBAMBA – PERÚ**

**2009**

**Peam**  
PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO



**Diseño de un sistema integrado de tratamiento de  
aguas residuales para mitigar la contaminación del río  
Mayo, sector Juan Antonio – Moyobamba**

PLANTA GENERAL

