

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento  
de aguas residuales en el distrito de Cusipata,  
provincia Quispicanchi – Cusco**

Roosel Auccatinco Hirpahuanca

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Cusco, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a mi familia y amigos por su apoyo incondicional e incesante con sus consejos los cuales han sido mi guía a lo largo de este camino y me inspiraron para superar cada uno de mis objetivos y metas.

A la Universidad Continental, por facilitar y permitirme poder lograr mi sueño de ser un grand profesional y poder ayudar a que la naturaleza que nos rodea sea preservada para las futuras generaciones.

Quero agradecer en especial a mi madre por la formacion y el ejemplo de vida que me ha enseñado. De ella he aprendido los valores que me guiaron en este camino ya recorrido y lo que tambien falta por recorrer.

Agradecer a mis docentes de la facultad de ingenieria y arquitectura, que gracias a su amplia experiencia contribuyeron con mi formación académica y asi también a mi formación personal.

## DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por brindarme la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente, por su inmenso e invaluable amor que nos tiene a nosotros sus hijos. Estoy agradecida pues él es un maestro y guía ejemplar que me orienta y encamina en cada paso de vida.

A mi amada madre Felicitas Hirpahuanca Vargas por toda la incesante labor que hizo para que yo logre cumplir mis sueños, por el amor y la confianza que depositó en mí, por su apoyo que es incondicional en el recorrido de mi carrera y que me ha servido para seguir de frente y superando las pruebas que la vida nos pone en el camino.

A mis hermanas, Sonia y Yeni, por su apoyo en las diferentes situaciones en las que no dudaron en apoyarme a cumplir este sueño.

A mi novia Rosa Ana Curasi Suyo, por la toda la paciencia, el infinito amor y sobre todo por el ejemplo de vida que me brinda.

A mi padre por la ayuda incondicional en este tiempo de preparación y esfuerzo y por su gran e inmensa comprensión.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
LISTA DE TABLAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract .....	ix
Introducción .....	x
<b>CAPÍTULO I:</b> .....	11
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	11
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	11
1.1.2. Formulación de problema .....	12
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.2.1. Objetivo general .....	13
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES .....	14
1.4.1. Hipótesis General .....	14
1.4.2. Hipótesis Específicos.....	15
1.4.3. Variables .....	15
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	16
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	16
2.1.1. A Nivel Local .....	16
2.1.2. A Nivel Nacional .....	17
2.1.3. A Nivel Internacional .....	18
2.2. BASES TEÓRICAS.....	19
2.2.1. Aguas Residuales.....	19
2.2.2. Clasificación de Aguas Residuales .....	20
2.2.3. Características físicas, Biológicas y químicas de Aguas Residuales .....	22
2.2.4. Tratamiento de aguas residuales .....	29
2.2.5. Contaminantes en tratamiento de las aguas residuales.....	32
2.2.6. Tecnologías en tratamiento de aguas residuales.....	34

<b>2.2.7. Partes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales (P.T.A.R.)</b> .....	34
<b>2.2.8. Lagunas de estabilización</b> .....	38
<b>2.2.9. Eficiencia de una Planta de Tratamiento para Aguas residuales</b> 44	44
<b>2.2.10. Límites máximos Permisibles</b> .....	44
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b> .....	46
3.1. Metodología y alcance de la investigación .....	46
<b>3.1.1. Método general de la investigación</b> .....	46
<b>3.1.2. Tipo de investigación</b> .....	46
<b>3.1.3. Nivel de investigación</b> .....	46
<b>3.1.4. Alcance</b> .....	47
<b>3.1.5. Metodología de investigación</b> .....	47
3.2. Diseño de la investigación.....	48
3.3. Población y muestra.....	48
3.4. Instrumentos utilizados para la recolección de datos .....	48
<b>3.4.1. Ubicación de la zona de trabajo</b> .....	48
<b>3.4.2. Acceso a la PTAR</b> .....	49
<b>3.4.3. Características climáticas</b> .....	50
<b>3.4.4. Equipos y materiales utilizados</b> .....	51
<b>3.4.5. Métodos de referencia</b> .....	52
<b>3.4.6. Instrumentos utilizados para recolección de datos en campo</b> 54	54
<b>3.4.7. Procedimiento</b> .....	54
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	61
4.1. Resultados para el tratamiento y análisis de la información. ....	61
<b>4.1.1. Parámetros físico - químicos y biológicos</b> .....	61
<b>4.1.2. Eficiencia de la planta de tratamiento para aguas residuales</b> ....	67
<b>CONCLUSIONES</b> .....	72
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	74
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	75
<b>ANEXOS</b> .....	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes en tratamiento de agua residual(6) .....	32
Tabla 2. LMP según (D.S. 003-2010-MINAM) para efluentes y vertimiento en cuerpo de agua.(19).....	45
Tabla 3. Diseño de prueba de investigación.....	48
Tabla 4. Coordenadas UTM de la PTAR Cusipata. ....	49
Tabla 5. Equipos y materiales usados para la toma de muestra. ....	51
Tabla 6. Métodos y análisis de muestras en laboratorio. ....	52
Tabla 7. Coordenadas UTM de los puntos de muestreo en la PTAR Cusipata. ....	55
Tabla 8. Determinación de caudal promedio. ....	57
Tabla 9. Toma de muestra de parámetros de campo. ....	58
Tabla 10. Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003-2010- MINAM(19). para efluentes en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. ....	59
Tabla 11. Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro aceites y grasas. ....	61
Tabla 12. Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro coliformes termotolerantes. ....	62
Tabla 13. Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro DBO <sub>5</sub> . ....	63
Tabla 14. Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro DQO. ....	64
Tabla 15. Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro pH. ..	65
Tabla 16. Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro sólidos suspendidos totales. ....	66
Tabla 17. Eficiencia para planta de tratamiento en aguas residuales cusipata. ....	67

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales (13).....	30
<i>Figura 2.</i> Distribucion de sistemas y procesos para el tratamiento las aguas residuales (13). .....	31
<i>Figura 3.</i> Posibles trenes de tratamiento para aguas residuales (13). .....	34
<i>Figura 4.</i> Pre tratamiento para aguas residuales (15).....	35
<i>Figura 5.</i> Tratamiento primario de aguas residuales (15). .....	35
<i>Figura 6.</i> Tratamiento secundario de Aguas Residuales (A.R.) (15).....	36
<i>Figura 7.</i> Sistema para control de olores (13).....	38
<i>Figura 8.</i> Diagrama de la relación tipo simbiótica entre algas y bacterias(16). .....	40
<i>Figura 9.</i> Ubicacion zona geografica del distrito de Cusipata. ....	49
<i>Figura 10.</i> Acceso a la PTAR Cusipata (21). .....	50
<i>Figura 11.</i> Ubicación geográfica de la P.T.A.R. - Cusipata (21) .....	50
<i>Figura 12.</i> Diagrama de flujo de la metodología de investigación.....	60
<i>Figura 13.</i> Diagrama estadístico de la eficiencia de la PTAR. ....	70
<i>Figura 14.</i> Diagrama estadístico de la eficiencia de la PTAR para Coliformes Termo - tolerantes.....	71

## Resumen

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (P.T.A.R.) en el distrito de Cusipata no ha funcionado eficientemente, porque no realiza el tratamiento de las aguas residuales de manera adecuada y la remoción de agentes contaminantes es casi inexistente, generando un resultado desfavorable en la calidad de aguas. Para estimar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales se realizó el monitoreo de dos puntos, para el primer punto el ingreso de la planta (afluente) y el segundo punto a egreso de la misma (efluente). Con los resultados obtenidos se verificó la eficiencia del tratamiento de aguas residuales y estos datos nos indica que el tratamiento es ineficiente, así mismo la carga de contaminantes en el efluente es alta ya que la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.), no realiza una adecuada depuración de grasas y aceites, solidos totales suspendidos, a raíz de que el tanque séptico y la laguna de estabilización están totalmente colmatados. De igual manera los lodos presentes en la planta no han sido extraídos periódicamente por la Municipalidad, generando deficiencia en el accionar de la planta y el vertimiento de las aguas residuales al rio Vilcanota prácticamente no esté tratada. Para que la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.), mejore su eficiencia y pueda realizar la adecuada depuración de los parámetros evaluados la Municipalidad del Distrito de Cusipata deberá de implantar un programa de mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales, así mismo los resultados reflejan que la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.), tiene una eficiencia de depuración de materia orgánica, aceites y grasa, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes es muy baja esto debido a que no se realizó el mantenimiento periódico por parte del Área Técnica Municipal.

## **Abstract**

The Cusipata district has a wastewater treatment plant, which has not worked efficiently, as it does not carry out adequate treatment and the removal of pollutants is almost nil, causing a negative effect on water quality. To determine the efficiency in the treatment of wastewater, We took two points, the first at the entrance of the plant (affluent) and the second point at the exit of the same (effluent). With the results obtained, the efficiency of the wastewater treatment was verified and these data indicate that the treatment is inefficient, likewise the load of pollutants in the effluent is high since the wastewater treatment plant does not purify oils. and fats, total suspended solids, as the septic tank and stabilization pond are completely clogged. In the same way, the sludge present in the plant has not been periodically extracted by the Municipality, generating a deficiency in the correct work of the plant and the discharge of wastewater into the Vilcanota river is practically untreated. To Improve the wastewater treatment plant its efficiency and to carry out the adequate purification of the evaluated parameters, the Municipality of the District of Cusipata must implement a maintenance plan for the wastewater treatment plant, likewise the results obtained reflect that the wastewater treatment plant has a very low purification efficiency of organic matter, oils and grease, total suspended solids and thermotolerant coliforms, due to the fact that periodic maintenance was not carried out by the Municipal Technical Area.

## **Introducción**

Las lagunas de oxidación son zonas donde se da el tratamiento de aguas residuales domésticas, que se realiza de forma sencilla y es una alternativa con un grado altamente eficiente en el tratamiento de dichas aguas, sin embargo, la desventaja es la excesiva concentración de materia orgánica y la pronta colmatación de las lagunas, es el caso que viene suscitando en la P.T.A.R. - Cusipata por la falta de mantenimiento.

La eficiencia de depuración de aguas residuales de una P.T.A.R. depende sustancialmente de factores climáticos de la zona, tales como; temperatura ambiente, frecuencia, radiación solar y velocidad de los vientos locales, y otros factores que impactan directamente en la biología de dicho sistema.

La municipalidad distrital de Cusipata actualmente cuenta con una planta de tratamiento de tipo tratamiento primario y secundario, por lo que hace aproximadamente 10 años entro en servicio para uso del centro poblado del distrito de Cusipata, sobre lo indicado esta P.T.A.R. actualmente viene operando limitadamente puesto que no se realizó el adecuado mantenimiento y efluye las aguas al rio Vilcanota.

## **CAPÍTULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

##### **1.1.1. Planteamiento del Problema**

En la mayoría de los casos la contaminación de las aguas es natural, pero al ser una sustancia tan importante para cubrir las necesidades humanas, los hombres han producido cambios sustanciales sobre estos recursos. En los últimos años se ha incrementado este cambio, que generalmente afecta a cuerpos de agua como son ríos, todo esto conlleva a una reducción de la calidad y cantidad de este recurso, lo que nos obliga a realizar análisis y monitoreos constantes a todos los cuerpos de agua, así también monitoreo a las P.T.A.R. para verificar su correcto funcionamiento y toma de medidas de acción en caso no se encuentren funcionando de manera correcta y siguiendo los estándares ya determinados por la norma.

Se tiene evidencia del incremento de la contaminación del río Vilcanota, donde la calidad del agua que proviene de los egresos de aguas residuales ya sea de manera directa o a través de una P.T.A.R. han alcanzado a impactar sustancialmente en este recurso hídrico, las causas principales serían la falta de presupuesto de las municipalidades o las actividades de asentamientos humanos.

El distrito de Cusipata actualmente está atravesando un cambio en cuanto al crecimiento poblacional, generando incremento de aguas residuales, ya que el incremento de turistas y la instalación de nuevos restaurantes turísticos está incrementando un mayor volumen de aguas residuales, así mismo la P.T.A.R.-Cusipata, ya viene funcionando aproximadamente alrededor de 10 años sin ningún mantenimiento y la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales actualmente es limitada, y esto conlleva a que la calidad de agua en efluente sea baja. El incremento de generación de aguas residuales (A.R.) a colmatado de lodos la laguna de oxidación y el tanque séptico, así mismo la municipalidad del distrito de Cusipata cuenta con un presupuesto limitado y no realizó el mantenimiento adecuado de la planta y tampoco realizó la extracción de lodos, actualmente esta falta de mantenimiento está trayendo consecuencias tales como el incremento de lodos tanto en la laguna como en el tanque séptico, este deterioro también tiene incidencia en el entorno natural, en la salud de la población y en la calidad de agua que se vierte al cuerpo de agua del río Vilcanota.

### **1.1.2. Formulación de problema**

#### **Problema General**

- ❖ ¿Cuál es el nivel de eficiencia de la P.T.A.R. – Cusipata, a la actualidad?

#### **Problemas específicos**

- ❖ ¿Cuáles son los parámetros de evaluación de aguas residuales para comprobar la eficiencia de tratamiento de aguas residuales en la P.T.A.R. – Cusipata?
- ❖ ¿Cuáles son los parámetros del efluente de la PTAR – Cusipata que cumplen con los LMPs?
- ❖ ¿Cuál es la calidad de agua tratada que vierte la PTAR - Cusipata al río Vilcanota?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar el nivel de eficiencia de la P.T.A.R. de Cusipata.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar los Límites Máximos Permisibles (L.M.P.) para verificar la eficiencia de la PTAR Cusipata.
- Encontrar el nivel de presencia de los grasas y aceites, coliformes termotolerantes, pH, sólidos totales en suspensión y temperatura, para verificar si excede los Límites Máximos Permisibles (L.M.P.) establecidos por MINAM.
- Estimar la eficiencia y carga contaminante promedio mediante el aforo volumétrico en el efluente de la planta de tratamiento de agua residual de Cusipata.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Este proyecto de investigación se realizará con el fin de lograr que la P.T.A.R. – Cusipata realice el tratamiento de aguas residuales adecuadamente y que el efluente no supere los Límites Máximos Permisibles (L.M.P.), así mismo también se observará los diferentes parámetros que lo conformen ya que el alto nivel de materia orgánica está provocando este fenómeno de tal forma también está afectando a la flora y fauna que habita en ella por a la alta demanda de D.B.O. Y D.Q.O., por otra parte, para la reducción de estos parámetros se debería realizar el mantenimiento de la PTAR lo más pronto posible.

## **Ambiental**

Por otro lado la contaminación de los ríos por aguas residuales en el Perú viene siendo común, ya que la inconciencia de las autoridades en no destinar recursos al tratamiento de aguas residuales y se descargan sin tratarlas y es el caso que viene ocurriendo en el distrito de Cusipata que las aguas residuales a pesar de contar con una P.T.A.R. no se está realizando el tratamiento por la falta de mantenimiento y está contaminando el río Vilcanota e incrementando aún más en la modificación su composición natural y extinguiendo algunas especies que viven en este río.

## **Social**

El saneamiento básico es fundamental a medida que se da el crecimiento de la población en el distrito de Cusipata, todo esto para controlar enfermedades infecciosas o endémicas y sobre todo el control de aguas residuales que impactan de manera negativa en la salud de la población. Sin embargo, no se le ha dado solución a esta problemática.

## **1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### **1.4.1. Hipótesis General**

#### **Hipótesis nula**

La eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Cusipata es menor al 50%.

#### **Hipótesis alterna**

La eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Cusipata es mayor al 50%.

### **1.4.2. Hipótesis Específicos**

- Los parámetros determinados para verificar la eficiencia de la PTAR son los siguientes: grasas y aceites, coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.) y Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.), pH, sólidos totales en suspensión y temperatura.
- Los parámetros que cumplen con los LMPs son grasas y aceites, sólidos totales suspendidos, pH y temperatura.
- Los parámetros fisicoquímicos y biológicos (grasas y aceites, coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.) y Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.), en el efluente de la PTAR – Cusipata no son removidos y la calidad de agua que se vierte al río es mala.

### **1.4.3. Variables**

#### **La investigación es Univariante:**

Eficiencia de la PTAR

#### **Cualidades:**

- Características del agua residual (A.R.) en efluente de la P.T.A.R.
- Parámetros de los límites máximos permisibles (L.M.P.)
- Concentración de parámetros en el efluente de la P.T.A.R.
- Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)
- Periodo de mantenimiento de la PTAR.
- L.M.P. (grasas y aceites, coliformes termo tolerantes, DBO5, DQO, pH, sólidos totales en suspensión, temperatura).

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

#### **2.1.1. A Nivel Local**

En la investigación (1) se realizó el análisis experimental para determinar un flujo de aire para un sistema aerobio de la P.T.A.R. San Jerónimo – Cusco se utilizó condiciones de laboratorio instalando un tanque de 20 litros como reactor, los flujos de aire seleccionados son de 2.6 litros/min, 2.29 litros/min y 1.66 litros/ min, al final se concluyo que el flujo de aire requerido es de 1.66litros/ min para un caudal de 1 litro/min para conseguir 84 % de remocion de carga organica

En el estudio (2) se ha planteado el rastreo de metales pesados tales como Cromo (Cr), Zinc(Zn), Plomo (Pb), Niquel (Ni), Arsenico(As) y Mergurio(Hg), el objetivo es determinar si la presencia de estos metales se encuentran en los cultivos de la zona sur del Cusco para ser mas preciso la zona que se riega con el agua del rio Huatanay que ha pasado por la P.T.A.R. San Jeronimo, estas agua tratadas son utilizadas por los agricultores de esta zona, luego del analisis y el monitoreo se ha detectado que la concentracion de estos metales no superan los rangos permisibles por lo tanto no existe contaminacion con metales pesados.

En el trabajo de investigación (3) se aplicó un sistema dual mixto de tratamiento de aguas residuales, el primer sistema mediante tanque séptico y el otro mediante humedales de flujo subsuperficial, con el objetivo de determinar el nivel de retención de materia orgánica se cultivó la planta Tatora en los humedales obteniendo como resultado 96.8 % de retención en nitratos y 65 % de Fosfatos así también los valores para Sólidos Totales en Suspensión, Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.) Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.), Potencial de Hidrogeniones (pH) y Coliformes Totales están por debajo de los límites máximo permisibles (L.M.P.) con lo que se tiene un resultado favorable para este sistema de tratamiento.

### **2.1.2. A Nivel Nacional**

En la investigación (4) en la provincia de Talara específicamente en el distrito del El ALTO se verificaron las lagunas de oxidación las cuales se encuentran en pesimas condiciones a pesar de tener un renovado y una actual red de alcantarillado y agua potable las malas condiciones es por el incremento de las aguas residuales a raíz del crecimiento poblacional, la investigación concluye que se debe de realizar una mejora significativa del sistema de tratamiento para aguas residuales ya que viene generando problemas de salud en los pobladores.

El trabajo de investigación (5) evalúa a la P.T.A.R. de Chilpina en sus componentes observando así que la P.T.A.R. dejó de funcionar en julio de 2018 esto perjudicó a los pobladores aledaños, puesto que los mismos usaban el agua tratada para el riego de sus cultivos, la propuesta de esta investigación es la construcción de sus unidades hídricas esto con el fin de mejorar la eficiencia en el tratamiento de las aguas y eliminación de coliformes termo tolerantes así también reducción de carga orgánica con el objetivo de la reutilización de aguas tratada para riego.

En el estudio (6) luego de realizar las observaciones y monitoreos a la PTARD se ha determinando que la planta cumple con los L.M.P. declarados en el D.S. N° 003-2010-MINAM para caso de efluentes, todo esto a pesar que no logra una reduccion eficiente de la D.Q.O., pero si consigue una reduccion eficiente en D.B.O. en especial si se tiene en cuenta el diseño tipo biologico de la planta, dando a entender que se tiene reduccion en microorganismos mas no en carga organica.

### **2.1.3. A Nivel Internacional**

El trabajo de investigación (7) se observó la eficiencia de remoción por oxidación de materia orgánica en aguas residuales, se evaluó las lagunas anaerobias, facultativas y de maduración, de tal forma que el agua producida se caracterizó y desarrollaron los análisis respectivos en el que se conoció que los parámetros exceden los L.M.P. dictados por la norma para efluentes (ríos, lagunas y mares).

La investigación (8) se realiza el replanteo de una PTAR como parte experimental para mejorar las salidas ( efluentes) que se dan a cuerpos de agua, para ello se replanteo el diseño tomando en cuenta la calidad de agua, programa de mantenimiento, operación en general y aspectos hidráulicos, como resultados de la parte experimental no se alcanzó a cumplir con los parámetros para efluentes por lo que se tuvo que realizar la reingeniería en estructura y procesos.

El estudio (9) en la PTAR de Cerro del Agua la calidad del efluente no cumple con los LMPs, es por eso que realiza como parte experimental la colocación de membranas de micro filtración llegando a mejorar la calidad de agua en salida (efluente) la cual es utilizada para el riego de áreas verdes del centro universitario.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Aguas Residuales**

En general el termino Aguas Residuales con sus siglas (A.R.) son aquellas sustancias que son el resultado de procesos en donde participa el ser humano (10), tales procesos pueden ser en su mayoria los denominados domesticos, para cubrir necesidades fisiologicas humanas; procesos industriales donde se realiza la manufactura y donde interviene mas sustancias toxicas y quimicas. Existe una demoninacion mas comun para las aguas residuales tal como aguas negras que vendrian a ser las aguas que se generan por accion de los seres humanos (material fecal) y las aguas grises que vendrian a ser de proceso de limpieza o del uso de cocina.

Existe una escala de tratamiento de aguas residuales en el mundo, los países de mayores ingresos tratan un 70%(11) de aguas tanto de procesos doméstico como industriales, en países de ingreso medio el tratamiento de aguas residuales disminuye llegando a un 38%(11), ya los países con una tendencia a ingresos medios bajos (países en desarrollo) solo llegan a tratar un 28%(11) de sus aguas, ya en la base de la escala en países con ingresos bajos solo se trata un 8% (11) de las aguas que contaminan; hay que resaltar que en general en el mundo actualmente se vierten un 80% (11) de las aguas que se utilizan, y que ninguna recibe un tratamiento adecuado.

En general el tratamiento de las aguas en el mundo tiene mayor cabida en los países de mayor desarrollo esto se debe a la concientización en la conservación del agua que los lleva a plantear y cumplir con estándares en tratamiento de aguas, ya que estos países consideran como recurso valioso al agua, por otra parte la mayoría de los países en desarrollo vierten aguas sin ningún tipo de tratamiento ya que estos países tienen como mayor prioridad la producción y no la conservación de este recurso que es de suma importancia a nivel mundial.

## **2.2.2. Clasificación de Aguas Residuales**

Existe una clasificación para agua residuales y es la que se muestra en detalle a continuación:

### **a) Aguas Residuales domesticas**

Son las aguas que en su mayoría son producto del proceso fisiológico del hombre (12), que utiliza para cubrir sus necesidades domésticas, tales como alimentación y aseo.

### **b) Aguas Residuales Municipales**

Son aguas resultantes de la mezcla con aguas provenientes de drenaje pluvial (12), o aguas de origen industrial que ya han sido tratadas todas ellas son admitidas en una red de alcantarillado para su evacuación.

En la actualidad existe una gran demanda por el consumo de agua ya que al crecer la población en los distintos municipios existe una mayor evacuación, la generación de aguas residuales domesticas muchas veces va acompañada por la evacuación de aguas industriales producto del uso de sustancias químicas en el lavado de menaje (11), aunque la concentración de estas sustancias químicas no llegan a ser determinantes existe gran impacto en las plantas de tratamiento ya que por ser estas en su mayoría de proceso biológico llegan a eliminar los diferentes seres vivos (bacterias) que son fundamentales para el tratamiento, es por eso que en la actualidad existen más retos y desafíos para mejorar el proceso de tratamiento de estas aguas y también existen mayores estándares ya que para el uso de aguas tratadas es necesario cumplir con estándares cada vez más altos.

La tendencia en la generación de aguas residuales producto de procesos fisiológicos en el mundo es positiva o tiende a aumentar sobre todo el tratamiento de la curva es exponencial (11) así como demuestra la evolución en barrios marginales desde el año 2000 al año 2012, donde se ha venido produciendo más aguas residuales de procesos fisiológicos humanos, en la mayoría de los

casos no existe un tratamiento para estas aguas, y son vertidas a las diferentes fuentes de agua generando enfermedades, en otros casos se utiliza pozos sépticos, pero no son del todo eficientes pudiendo filtrar diversas aguas e vertientes limpias, por otro lado la falta del recurso obliga a pobladores con mayor a necesidad a no tener ni pozos sépticos que no solo generan problemas de salud si no de contaminación y además problemas de tipo social. Por ello en nuestro país es imperante que se tenga que tener una mayor red de agua y desagüe para que así se pueda generar un mayor desarrollo.

### **c) Aguas Residuales Industriales**

Son las aguas resultantes de procesos productivos en general tales como actividades minero – metalúrgicas, energéticas (hidroeléctricas), agrícolas e industriales, y otras más (12).

El grado de toxicidad alto de estas aguas hace que el tratamiento sea más complejo y de mayores requisitos y estándares (11), las aguas residuales de tipo industrial son aguas que en muchos casos contienen residuos de procesos químicos como ejemplo es el caso de procesos metalúrgicos, donde los procesos de lixiviado con cianuro hacen que estas aguas tengan que ser tratadas y en muchos casos no puedan ser vertidas en vertientes de agua cercanos y es así que las diferentes industrias generan aguas que tienen que pasar por procesos más complejos y detallados al momento de su tratamiento donde el uso de químicos biodegradables se ha convertido en uso obligatorio y común, así también es que en la actualidad se implante una política de conservación de recursos para no malgastar este recurso tan importante.

Existen medianas y pequeñas empresas más conocidas como PYMES que generan y vierten agua residual (11), en su mayoría a redes de drenaje municipal, ya existe una normativa que fiscaliza a estas empresas, ya que el proceso de producción que

realizan lleva agentes contaminantes tóxicos que no pueden ser tratados por plantas de uso municipal, es por ello que se ha generado zonas industriales con diseño de plantas de tratamiento especializado cercanos, estas plantas pueden con el grado de contaminación de estas aguas utilizando productos químicos más amigables con el medio ambiente y que llegan a neutralizar la acción de químicos, no obstante aún existen empresas que generan aguas residuales industriales y la vierten en la red pública ocasionando problemas y daños a la red de alcantarillado.

### **2.2.3. Características físicas, Biológicas y químicas de Aguas Residuales**

#### **A. Características físicas.**

En su mayoría para el caso de tratamiento de aguas se considera las siguientes características físicas (5):

##### **Temperatura**

Característica de suma importancia debido a que es fundamental para el tratamiento en proceso biológico ya que debería ser constante para el tratamiento a 20°C, muchas veces las aguas residuales provenientes de uso doméstico son aguas que tienen temperatura en el rango de 10°C a 21°C, esto es perjudicial si se considera el tratamiento de las aguas, hay que considerar que se vienen realizando estudios para el caso de aguas residuales que lleguen a menos de 10°C porque el comportamiento en proceso biológico es diferente incluso lleva a la regeneración y colocación de nuevos lodos.

##### **Turbidez**

Es aquella característica donde el agua pierde su grado de transparencia y limita el paso de la luz producto de la presencia de partículas (5), se mide por NTU y es fundamental al momento del tratamiento, dado que existen estándares muy explícitos, en especial si son aguas de uso industrial o de uso minero metalúrgico, donde el

grado de turbidez es determinante al momento de conseguir el agua tratada.

### **Color**

Característica de gran importancia en especial es determinante para determinar la materia orgánica viva presente en las aguas residuales, si es de color gris presentara carga orgánica o microorganismo y mayor presencia de oxígeno, en caso de color negro es un proceso anoxico donde la presencia de oxígeno es casi nula en muchos casos ligado a proceso de putrefacción de microorganismos.

### **Sólidos**

Según (5), se clasifican en:

- Fijos: partículas resultantes luego de proceso de evaporación y carbonización a 600°C en varios minutos.
- Totales: partículas que quedan de la sedimentación y evaporación a 130°C en 60 min.
- Volátiles: es la resultante entre fijos y totales y se clasifican en
  - Coloidales: partículas con diámetro en un rango de 10 – 3 µm
  - Sedimentables: partículas producto de decantación en una hora en el fondo de un cilindro de especifica altura
  - Disueltos: partículas con tamaños menores a 10 – 3 µm.

### **Olor**

Esto depende del grado de reducción a sulfuros por parte de microorganismos anaerobios (5), que por la falta de oxígeno llevan a la mayoría de microorganismos aerobios a la putrefacción generando olores desagradables denominados vapores orgánicos muy parecido al olor de huevos podridos, estos vapores son peligrosos para el ser humano ya que contiene gran cantidad de metano.

## **B. Características químicas.**

Son aquellas características que describen la composición propia de las aguas residuales(5):

### **Materia orgánica**

Parte principal de las aguas residuales constituido principalmente por estructuras básicas provenientes de seres vivos (5), la composición de la materia orgánica es la siguiente:

- Proteínas entre un Rango de 40% -60 %
- Carbohidratos entre un Rango de 25% -50 %
- Grasas y aceites en un Rango del 10%

En cuanto a estructuras se puede encontrar enlaces con nitrógeno de compuestos tales como amoníaco y urea, enlazados a proteínas, además la materia orgánica tiene elementos básicos también enlazados que pueden ser el hierro, azufre y fósforo. De la existencia de las proteínas se derivan aminoácidos que están presentes en aguas residuales. También se tiene al grupo de las celulosas como y azúcares derivados de carbohidratos propias de seres vivos (vegetales), algunos azúcares encontrados pueden ser lactosa, glucosa, fructosa, sacarosa, galactosa y la propia glucosa. Existen también ácidos como son el propiónico, acético, láctico; derivadas de componentes complejos como son las ligninas y otras. Las grasas también son composición de aguas residuales, son de descomposición lenta por parte de las bacterias, incluso pueden llegar a saponificación lo cual es un problema en las plantas de tratamiento, los ácidos minerales actúan sobre las bacterias generando glicerina y ácidos grasos así como con la alcalinidad puede llegar a saponificar (generación de jabones), todo esto se evidencia en la flotación que tiene estas grasas por la diferencia de densidad, es importante considerar que estas grasas pueden interrumpir el proceso

biológico de la planta generando bacterias que nos son las adecuadas para la degradación de materia orgánica, es por ello que en la mayoría de los casos se evacúan las grasas en las cámaras de sedimentación, hay que considerar que actualmente hay presencia de agentes tóxicos – activos tales como fenoles y pesticidas. El proceso de cloración de aguas potables también se evidencia en las aguas residuales, existe una serie de parámetros que se debe considerar en las aguas residuales tales como:

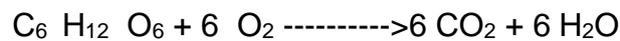
**Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.):** cantidad de oxígeno disuelto en el agua que los lodos activos (bacterias) necesitan para degradar la materia orgánica. Las pruebas para encontrar la demanda de oxígeno se da en un intervalo de 3 a 5 días (DBO5), a una temperatura promedio de 20°C, estas pruebas se realizan en ambientes de laboratorio con los controles necesarios y reactivos pertinentes. El procedimiento utilizado es de Warburg procedimiento respiratorio manométrico. La oxidación para prueba en DBO5 es representada por el CO<sub>2</sub> que es absorbido por NaOH o LiOH. La prueba es del tipo bioensayo donde las aguas residuales se colocan en tubos de 250 a 300 ml y son colocados en una incubadora, donde los reactivos utilizados son tampón fosfato MgSO<sub>4</sub>, FeCl<sub>3</sub> y CaCl<sub>2</sub>.

Esta prueba es de gran importancia porque con ella podemos determinar el grado de contaminación y oxidación en especial en el reactor de la planta donde un alto índice de DBO5 es indicador de fallas en el proceso biológico del reactor en la cámara de sedimentación.

**Demanda química de oxígeno (DQO):** es la demanda de oxígeno que necesita la materia orgánica para degradarse en un proceso de oxidación, esta demanda es mayor al DBO, este oxígeno generalmente es proporcionado por el dicromato potásico y el permanganato de potasio. El proceso de oxidación por vía química siempre va a ser mayor que el que sucede por medios biológicos.

Mediante el permanganato de potasio se determina la oxidabilidad en agua para el consumo humano y mediante el dicromato se determina la oxidabilidad en aguas residuales.

**Demanda teórica de oxígeno (DTeO):** es la estimación necesaria para completar el proceso de oxidación para ello es necesario conocer componentes básicos como son los carbohidratos, grasas y proteínas, en la siguiente ecuación química se conoce el balance de la glucosa para su oxidación:



DTeO = 6 moles de Oxígeno (O<sub>2</sub>)/mol de glucosa

Entonces:

DTeO = 6 x 32 = 192 gr O<sub>2</sub> /mol.

### **Materia inorgánica**

En la materia orgánica existen características que no son del tipo orgánico y las más importantes son (5):

**pH:** también denominado potencial de hidrogeniones según la normativa el agua debe estar en un rango ni ácido ni alcalino en un rango promedio neutro pH = 7. Para la degradación de materia orgánica es necesario que el agua se encuentre en un valor de 5 a 9 de pH porque si no al pasar a las diferentes cámaras podría eliminar los lodos activos y no generaría una degradación adecuada. El control de pH para el tratamiento de aguas es importante ya que en la mayoría de las plantas el tratamiento es por medio biológico que vincula microorganismos (lodos activos), que deben estar en un rango de pH de 6.5 a 8.5, es necesario realizar un monitoreo continuo al pH para que se pueda mantener la degradación de materia orgánica y por medios biológicos tratar el agua.

## **Gases**

La existencia de gases en las aguas residuales es muy comun asi tambien su generacion por la degradacion de la materia organica que generalmente produce metano, otros gases relacionados son los anhidros tanto carbonico como sulfidrico, amoniaco aunque tambien se encuentran nitrogeno y oxigeno, los gases mas importantes son:

**Oxígeno disuelto:** este gas es de gran importancia porque generan el proceso de oxidacion de la materia organica en especial en un sistema aerobio donde los microorganismos degradan el material, la falta de oxigeno mata los microorganismos produciendo pudricion y generacion de gases tales como metano, para la generacion de oxigeno disuelto en las plantas de tratamiento en la mayoria de los casos se utiliza sopladores los denominados blowers.

Los factores que determinan la cantidad de oxigeno son:

- Temperatura.
- Solubilidad del gas.
- Características del agua (salinidad, sólidos suspendidos, etc.).
- Presión parcial del gas en la atmósfera.

## **C. Características Biológicas.**

Las aguas residuales tienen por característica una gran cantidad de microorganismos provenientes de las diferentes fuentes domésticas, esta gran variedad es de gran importancia para la oxidación y degradación de materia orgánica, aunque para el caso de tratamiento de aguas es necesario utilizar determinados microorganismos más conocidos como lodos activos que son utilizados en procesos biológicos de tratamiento, a continuación se explica a detalle los diferentes grupos que conforman la variedad biológica en aguas residuales.

**Bacterias:** existe gran variedad ya que en el caso de aguas residuales domésticas el ser humano elimina diferentes tipos de bacterias en muchos casos los más comunes y encontrados son *Escherichia*,

*Salmonella, estreptococos fecales, Achromobacter, Alcaligenes, Mycoacterium, Nitrosomonas, Nitrobacter, Serratia, Bifidobacterium, Clostridium, Zooglea, Flavohacterium, Proteus, Pseudomonas, Aeromonas Nocardia*, etc. Para el tratamiento de aguas es necesario el monitoreo de coliformes, un agua de calidad no puede tener coliformes ya que son indicadores de que el agua esta contaminada.

**Virus:** no son considerados como seres vivos pero en el mundo biologico son importantes ya que en la maoyria de los casos son los encargados de generar diversas enfermedades en especial las mas mortales, el agua residual domestica es un portador de grandes cantidades de virus que podrian afectar al ser humano y llevarlo a morir. Los virus mas encontrados en las aguas residuales son los siguientes: virus de la *hepatitis, Rotavirus, Reovirus*, agente de *Norwalk, Adenovirus y Parvovirus Poliovirus*, virus Echo Coxsackievirus A y E,. La gran supervivencia de los virus origina la resistencia a algunos tratamientos de aguas residuales, constituyendo un peligro para las aguas receptoras. Estos virus pueden permanecer en la carga organica pero se encuentran de manera activa es por ello que en muchos casos se tiende a un utilizar flocaulantes para que atrapen las moleculas y mediante la formacion de foculos sean eliminados posteriormente.

**Algas:** mediante el proceso de eutrofizacion las algas son de importancia porque enriquecen con proteinas al agua, aunque en la realidad no se deberia considerar como enriquecimiento ya que las algas nos son indicadores de agua de calidad, en las aguas residuales existe gran variedad de generos de algas que mayormente son encontradas en aguas residuales domesticas. Los generos mas conocidos de algas en el agua residual son *Chlorella, Euglena y Phormidium Spirogyra, Cladophora, Enteromorpha, Anacystis, Anabaena, Gleocystis, Stigeoclonium2 Ulothrix*, etc.

**Protozoos:** en la mayoria de los casos son los denominados lodos activos que son de importancia para el tratamiento de aguas, los mas comunes son los flagelados, ciliados y amebas, son de importancia ya que no sedimentan en las camaras y se encuentran en la superficie

muchas veces arrastrando bacterias, por lo tanto son de importancia ya que generan bajos valores de turbidez en el agua tratada.

**Hongos:** mayormente se generan en ambientes acidos, con consumo de nitrogeno, los hongos son comunes en las aguas residuales ya que se alimentan de diversos microorganismos (bacterias), estos organismos no son buen indicador de calidad de agua. Los tipos de generos de hongos mas comunes en el agua residual son: *Aureobasidium*, *Subbaromyces*, *Geotrichium*, *Aureobasidium*, *Mucor*, *Aureobasidium*, *Subbaromyces*, *Fusarium*, *Sphaerotilus* y *Sepedonium*. La presencia de hongos puede generar un fenomeno denominado bulking o el aumento de densidad y peso en la materia organica lo que puede llevar al aumento de turbidez en agua tratada.

#### **2.2.4. Tratamiento de aguas residuales**

El objetivo del tratamiento de aguas residuales es de recuperar este recurso de gran importancia y tratar de llevarla a estándares de calidad para que puedan ser vertidas a efluentes o para su reutilización como en el riego (13).

En la Figura 1 se tiene un esquema del tratamiento de aguas (13), este esquema considera procesos físicos, químicos y biológicos para el tratamiento, donde muestra el ingreso (agua residual) más el uso de componentes químicos y las salidas como son: el agua tratada, gases emitidos y lodos producto de la desintegración de la materia orgánica, este sistema mayormente representa a una planta de tratamiento tipo químico – biológico donde se emplea lodos activos para el tratamiento y luego por procesos de decantación y gravímetros se consigue agua tratada.

Lo subproductos del tratamiento en su mayoría son lodos, gases y el agua tratada en sí, el proceso biológico en si hace que la materia orgánica se dirija al fondo de las cámaras generando que las grasas y demás por diferencia de densidad salgan a la superficie donde son

extraídas para su disposición final, mientras que la materia orgánica en lodos se dirija al fondo y luego por diferencia de densidad se tenga agua tratada para luego ser cloritada o dependiendo.

La configuración del sistema de tratamiento es importante al momento de obtener aguas de calidad ya que para el diseño de las plantas se ha de considerar todas las características de las aguas residuales que ingresan y dependiendo de la fuente se dará el tratamiento que por lo general es químico y biológico.

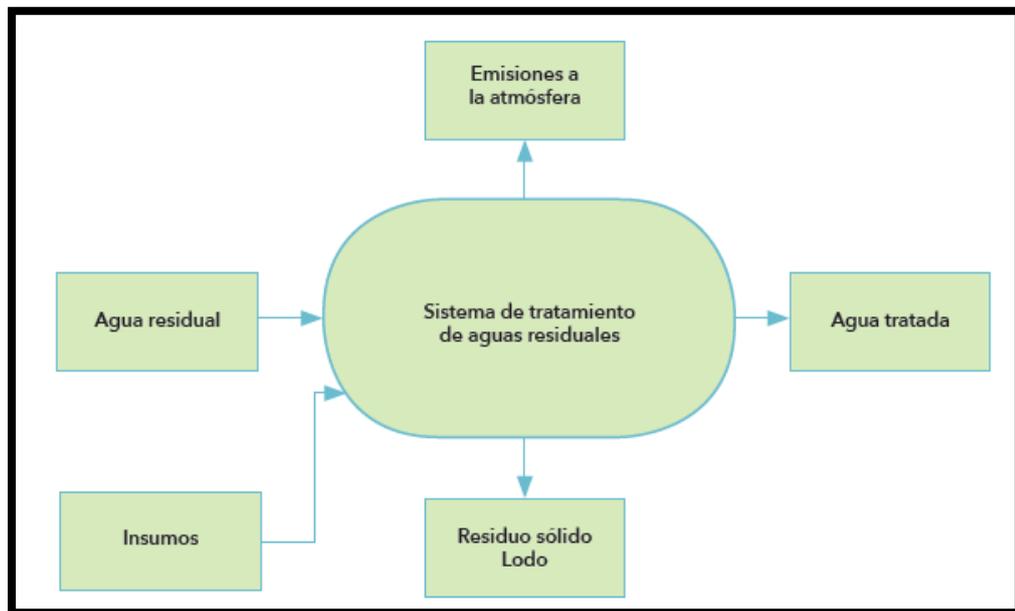


Figura 1. Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales (13).

Conforme a los estándares requeridos que tiene que obtener el agua tratada se tendrá que utilizar diversos productos químicos, esto será conforme al tipo de tratamiento que se le quiera dar(13).

La Figura 2 muestra el árbol de posibilidades para crear la línea del proceso para el tratamiento de aguas residuales (13), en la figura anterior se divide en dos grandes grupos el primero son los procesos físico-químicos y el segundo el tratamiento biológico que es el más utilizado en la actualidad, el primer grupo emplea procesos físicos tales como gravedad, atracción electrostática, filtración por retención

física, etc; en los procesos químicos se tiene oxidación, precipitación, absorción y coagulación. El tratamiento biológico incluye procesos tales como la degradación de material orgánico por parte de microorganismos.

Se pueden establecer tres generaciones para sistemas anaerobios (13), el primero la relación del microorganismo con el sustrato a degradar (transferencia de masa), luego la relación de retención del organismo durante el tiempo (tiempo de retención celular; T.R.C.) y el tiempo de retención hidráulica en el sistema (T.R.H.).

Los lodos generados del tratamiento de la planta de tratamiento tienen que ser tratados para su disposición final como se dijo anteriormente (13), En la Figura 2 se indica 5 tipos de sistemas de tratamiento para lodos tanto biológicos como fisicoquímicos; éste sistema debe ser integrado a la planta de tratamiento de aguas residuales al cual se denominará tratamiento de aguas y lodos.

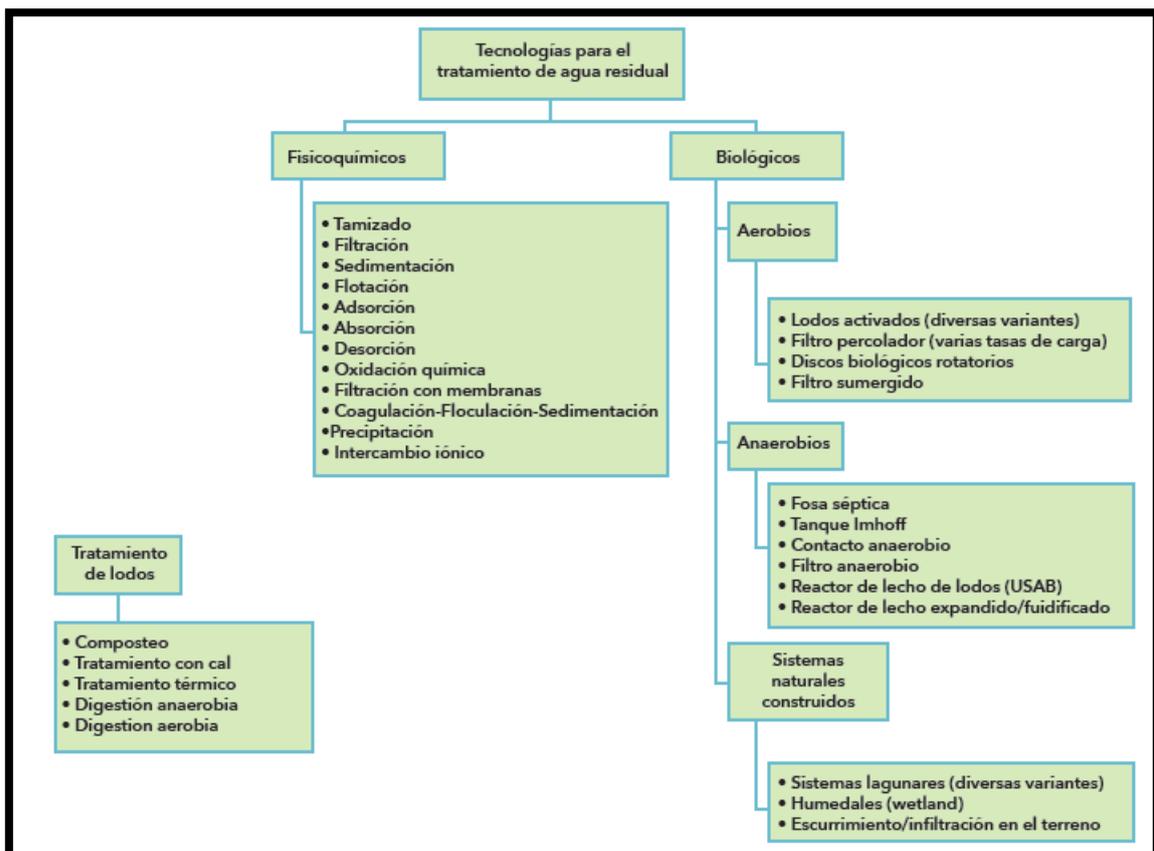


Figura 2. Distribución de sistemas y procesos para el tratamiento las aguas residuales (13).

## 2.2.5. Contaminantes en tratamiento de las aguas residuales

La tabla 1 (14); se muestran los contaminantes más representativos en el tratamiento de aguas residuales así también la normativa reguladora en tratamientos secundarios, donde se especifica las pautas de la eliminación de materia orgánica. La normativa vigente nos obliga a la eliminación tanto de nutrientes y de contaminantes de importancia, todo ello con el objetivo de reutilizar las aguas tratadas. Según la normativa se debe eliminar compuestos orgánicos refractarios, sólidos orgánicos disueltos y metales pesados.

Tabla 1. *Contaminantes en tratamiento de agua residual(6)*

<b>Contaminante</b>	<b>Razón de la importancia</b>
Contaminantes prioritarios	Determinado por la mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada, la carcinogenicidad que se encuentran en compuestos inorganicos y organicos. La mayoría de los compuestos encontrados en agua residual.
Materia orgánica biodegradable	Esta determinada por carbohidratos, grasas, proteínas, materia organica bio – degradable, en la mayoría de los casos se mide con el D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxígeno), también determinada por el D.Q.O. (Demanda Química de Oxígeno), al ser vertidas sin tratamiento se genera condiciones sépticas y agotamiento de recursos.

Patógenos	Son los principales transmisores de enfermedades infecciosas en mucho caso mortales, su eliminacion de las aguas residuales es de vital importancia.
Sólidos e suspensión	Generan condiciones anaerobias, dan lugar a la generacion de fango e incrementan la turbidez en el agua tratada.
Materia orgánica refractaria	Caracterizados por su resistencia a los tratamiento conocidos, los mas conocidos son los pesticidas y agentes tensoactivos.
Nutrientes	Caracterizados por los siguientes elementos: fosforo, carbono y nitrogeno, juntos favorecen el crecimiento; en el agua favorece en crecimiento de vida no deseada y el la superficie puede contaminar las aguas subterranas.
Sólidos inorgánicos disueltos	Generalmente constituidos por alcalinos como Calcio y Sodio asi tambien por Sulfatos que no son tolerables en especial si se van a reutilizar aguas tratadas.
Metales Pesados	Son generadores de enfermedades en los seres humanos en especial si se consumen en vegetales y agua, es necesario su eliminacion ya que pueden ser absorbidos por diferentes vegetales y luego ser consumidos por personas.

## 2.2.6. Tecnologías en tratamiento de aguas residuales

Así como se indica en la Figura 2 existen una gama de posibilidades de procesos para el tratamiento de aguas residuales, existen componentes unitarios para el tratamiento de aguas entre ellos están las físicas unitarias, biológicas y procesos químicos. Todos estos procesos se combinan para generar un tren de tratamiento de aguas residuales así como se muestra en la Figura 3:



Figura 3. Posibles trenes de tratamiento para aguas residuales (13).

## 2.2.7. Partes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales (P.T.A.R.).

### a) El Tratamiento Preliminar

Es la primera fase del tratamiento de aguas residuales, varía dependiendo de las condiciones de ingreso de las aguas residuales, en muchos casos dependerá del caudal del tratamiento, por lo general será la primera barrera para la eliminación de contaminantes y componentes de gran tamaño que pueden afectar el proceso de la planta y por ende su funcionalidad, en primer lugar, se eliminarán ramas, animales muertos, aceites y grasas, arenas. Para el tratamiento mayormente se utiliza elementos como desarenadores, rejillas, cribas, flotadores, desengrasadores. Hay casos donde se trituran elementos de gran tamaño para mejorar el tratamiento.

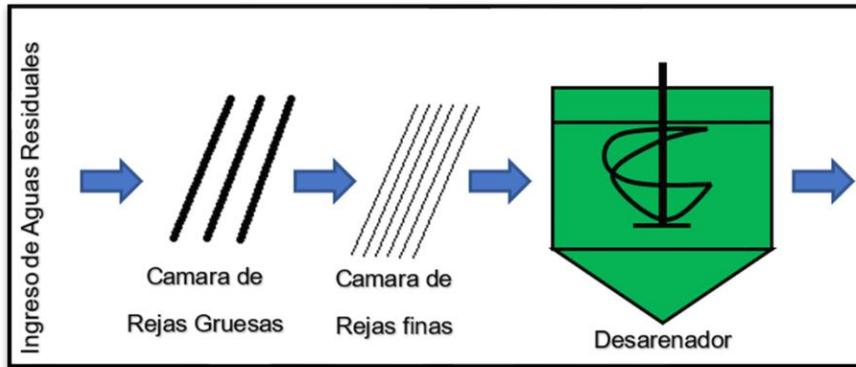


Figura 4. Pre tratamiento para aguas residuales (15).

### b) El Tratamiento Primario

En esta fase de tratamiento (13); se utiliza elementos de extraccion por gravedad para materia organica suspendida y porcion de solidos. En esta fase se consigue aproximadamente una remocion de 60% en solidos supendidos, la Demanda Bioquimica de Oxigeno es por lo general del 30%. La remocion de estos contaminantes es por sedimentacion es la preliminar para el tratamiento secundario asi como se muestra en la Figura 5:

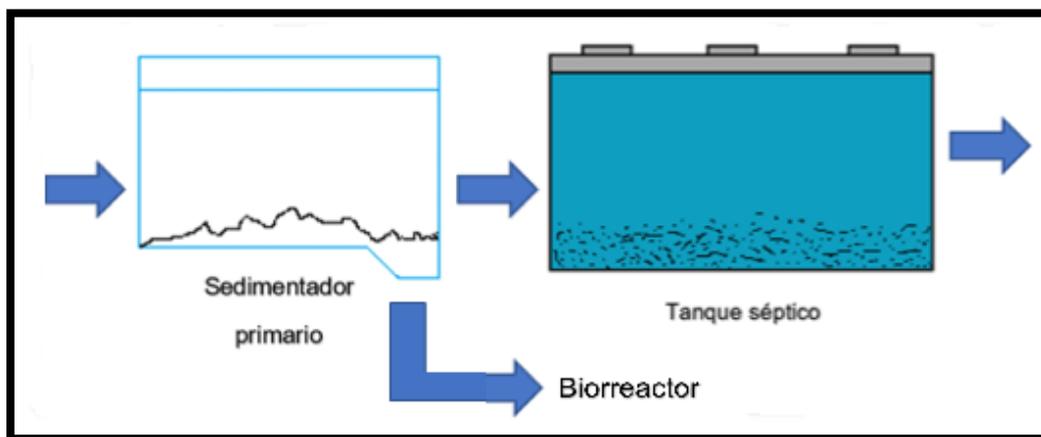


Figura 5. Tratamiento primario de aguas residuales (15).

### c) El Tratamiento Secundario

En esta fase se elimina materia organica por medios biologicos (soluble), ya que se consigue una mejor eficiencia y bajos costos(13).

Los resultados del tratamiento mediante proceso biológico son materia celular, energía en el metabolismo y varios compuestos inorgánicos y orgánicos. La formación de flocos por las células de estos microorganismos son separados por sedimentación, luego estos son fácilmente retirados de las diferentes cámaras de sedimentación. Para el caso de plantas de tratamiento en municipios el objetivo principal es reducir contenido orgánico y nutrientes (Nitrógeno y Fósforo).

El tratamiento por proceso biológico se divide en dos grupos el primero el aerobio y el segundo el anaerobio. El primero (aerobio) se caracteriza por mayor consumo de sustrato y por lo tanto mayor generación de biomasa como lodo no estabilizado, esta generación de lodos produce un aumento en costo dado que se tiene que tratar y dar una disposición final además que tiene que usar más tecnología. Para el segundo (anaerobio) la síntesis bacteriana es baja como resultados se tiene una producción menor de lodos. En la Figura 3 se muestra como es el esquema del flujo de energía para el consumo de sustrato.

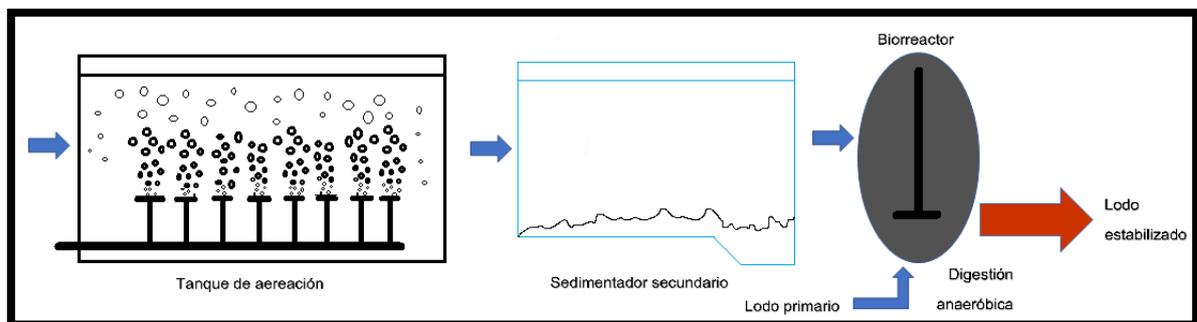


Figura 6. Tratamiento secundario de Aguas Residuales (A.R.) (15).

#### d) El Tratamiento Terciario

El objetivo de esta fase es eliminar compuestos como Sólidos Suspendidos, Materia Orgánica no biodegradable y Nutrientes que aun puedan quedar después del tratamiento secundario (13).

Esta fase es necesaria para cubrir estándares más altos como por ejemplo la remoción de nutrientes o para agua tratada destinada a

usos mas especificos. Para el tratamiento terciario es necesario arreglar la planta de tratamiento ya que se necesitara tener una calidad especifica asi que necesita combinar procesos unitarios y operaciones.

#### **e) El Tratamiento - Disposición del Lodo**

La generacion de lodos se da en todos los casos de tratamiento de aguas para lo cual hay que considerar una mejor combinacion para el proceso de tratamiento (13). La transformacion de los contaminantes de aguas residuales en la mayoria de los casos genera lodos.

Los procesos para el tratamiento de lodos segun (13) son , digestión aerobia, digestion anaerobia y composteo mezclado con residuos celulósicos, estabilización con cal, incineración y pasteurización. Para dispocion final del tratamiento de lodos se tienen lugares especialmente acondicionados (mono – relleno sanitario); en otros casos si la normativa ambiental lo permite se dispondra en rellenos sanitarios.

Existe una buena opcion para la dispocion final de lodos como es el compostaje para mejorar suelos, fertilizantes, todos estos mientras cumplen con la normativa respecto a biosolidos, tambien conocidos como lodos tratados para el aprovechamiento en suelos.

#### **f) El Sistema para el Control de Olores**

Estos sistemas estan caracterizados por la generacion de olores dee mal olor (13). Los vapores organicos generados asi como el metano y demas muchas veces caracterizados por su mal olor son la preocupacion de las poblaciones cercanas a estas plantas de tratamiento. En la actualidad existe una politica para controlar la emision de estos gases a los cuales se asocia el mal olor lo que causa molestias a las poblaciones cercanas. El control de este aspecto es

crucial al momento de la instalacion de la planta, por lo tanto es un desafio y requiere de tecnologias para su control.

Existe un tren para el tratamiento completo de aguas residuales (13), donde se considera en la planta de tratamiento un sistema para el control de olores que se generan en las diversas fases y etapas. Hay que considerar que no solo los malos olores provienen del tratamiento de la planta si no que se da en el ingreso donde puede llegar a impactar en alcatarillas y bombas de succion.

La Figura 7 muestra el porcentaje de generacion de malos olores en el tren de tratamiento, mayormente este esquema esta basado en un planta de tratamiento municipal.

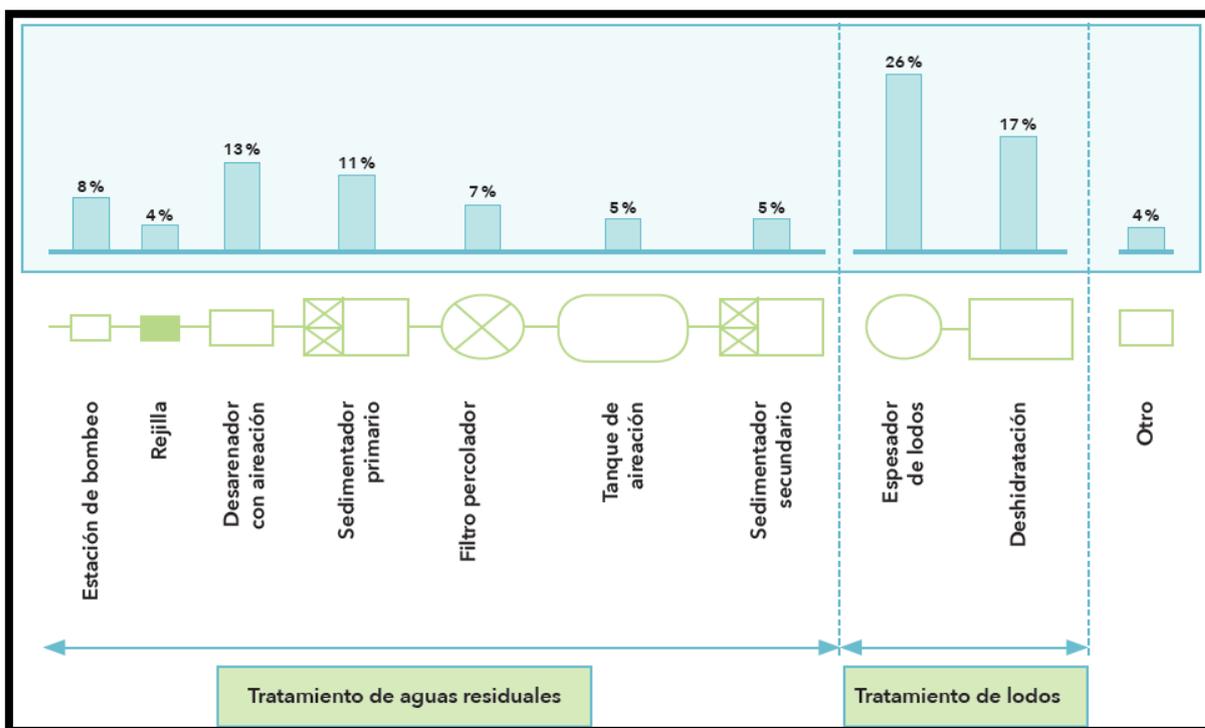


Figura 7. Sistema para control de olores (13).

### 2.2.8. Lagunas de estabilización

Según (16), una laguna de estabilización es una excavación en muchos casos cubierto con geo membrana donde se almacena agua residual para el tratamiento de actividad simbiótica de algas y actividad bacteriana.

Los procesos de auto purificación y estabilización se realizan espontáneamente cuando se hacen descargas en lagunas de oxidación (16), en esta fase se desarrollan además procesos físicos, químicos y biológicos. En esta parte se describe brevemente el proceso de tratamiento en lagunas de estabilización.

Según (16) la clasificación de lagunas de estabilización se da en relación a la reacción biológica más dominante. Esta estabilización se da generalmente en dos casos, el primero aeróbico (metabolización en presencia de oxígeno), el segundo caso anaeróbico (microorganismos fermentativos), estos causan falta de oxígeno en el sistema.

#### **a. Lagunas de estabilización sistema aerobio**

Caracterizados por su poca profundidad donde la mayoría de microorganismos se encuentran en condiciones aerobias y en suspensión (16). La fotosíntesis de algas y la aeración de la superficie son las principales fuentes de oxígeno. Las bacterias y algas tanto, así como rotíferos y protozoarios, son los principales agentes biológicos, específicamente las bacterias de la materia orgánica que pertenecen a los géneros como, *Nocardia*, *Mycobacteria*, *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Nitrosomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacteria* y *Nitrobacter*. Los protozoarios y rotíferos mejoran la calidad porque se alimentan de bacterias de la materia orgánica, pero para un mejor ambiente con fuente de oxígeno son mejores las algas que ayudan a mejorar el sistema aerobio.

Conforme a la Figura 8 el oxígeno generado por algas ayuda a las bacterias a degradar la materia orgánica, a su vez el dióxido de carbono que generan las bacterias se reutiliza por las algas, la relación simbiótica de estos dos agentes biológicos son parte fundamental del proceso.

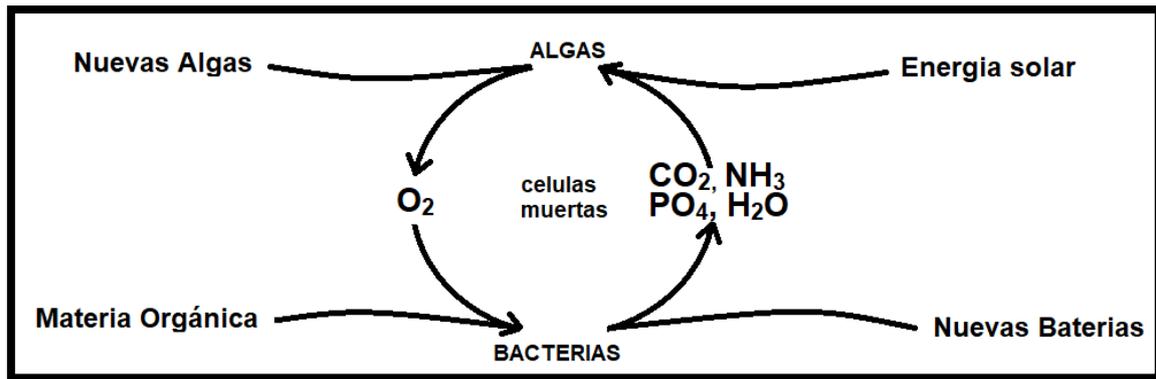


Figura 8. Diagrama de la relación tipo simbiótica entre algas y bacterias(16).

Las lagunas de estabilización tipo aerobio se dividen en dos conjuntos el primero de tasa baja y el segundo de tasa alta.

- **Lagunas de estabilización tipo aerobias de baja tasa**

Este tipo de lagunas son diseñadas con el propósito de mantener el sistema aerobio a lo largo de la profundidad de la laguna y maximizar la producción de oxígeno por parte de algas (16). En la mayoría de los casos estas lagunas son utilizadas para tratar materia orgánica soluble y efluentes de vertientes secundarios.

Para el diseño se requiere de una mayor área comparada con un sistema anaerobio por lo general para cubrir una unidad de DBO estabilizada lo cual vendría a ser 4 hectáreas por laguna (16), el empleo de estas lagunas es poco común porque no es práctico mantener el oxígeno disuelto en todos los puntos en el transcurso del año además de presentar problemas de congelamiento en climas fríos.

Existe una eficiencia alta en conversión de materia orgánica en lagunas tipo aerobio la demanda bioquímica de oxígeno oscila entre 80 al 95% DBO<sub>5</sub> (16), por ser las algas y bacterias los principales demandantes de oxígeno existe la posibilidad de que pasen al efluente y continúe la DBO incluso pueda ser mayor al de la laguna de estabilización. Para el control de este fenómeno

se implementa el uso de mallas y remocion de algas mas conocida como cosecha.

- **Lagunas de estabilizacion tipo aerobias de alta tasa**

Caracterizadas por la alta produccion de algas mas conocido como estanques de alto indice de algas con sus siglas en ingles H.R.A.P. (high rate algal ponds) (16), caracterizados por la alta produccion de algas y producciones de material proteico, centrado en el tratamiento de material soluble y remocion de nutrientes. La altura de estasa lagunas de estabilizacion varian de 30 a 45 centimetros contruidos con el objetivo de favorecer el procesos fotosintetico de las algas requieren de un continuo mezclado.

Las ventajas de estas lagunas de tasa alta son que generan efluentes con alto contenido de oxigeno disuelto porque los tiempos de retencion son cortos (16). El mezclado adecuado puede generar entre 11.3 a 338 kg de algas por hectarea (34 a 90 kilogramos de biomasa, en peso seco de ceniza). La sedimentacion de las algas en este tipo de lagunas se da facilmente. La remocion de algas por clarificacion alcanza del 70 al 80%. La liberacion de nutrientes por parte de las algas es baja en situaciones donde permanescan como lodos por meses o años. Por el contrario tambien se puede considerar a las algas como agentes removedores de nutrientes ya que consumen nitrógeno, fósforo y potasio; ademas tambien se les puede considerar como sustrato en generacion de biogas y tambien son absorvedores de metales pesados como el: oro, la plata y el cromo; por utlimo tambien se les considera como alimento de cierta fauna acuatica.

Para producir un kW -h es necesario un kilogramo de algas fermentadas que produscan metana y de acuerdo a balance energetico para la produccion de ese kilogramo de algas solo es necesario 0.1 kW -k. Un kilogramo de algas llega a producir 1.5 kilogramos de oxigeno lo que vendria a generar un eficiencia de

oxigenación cerca al 15 kg O<sub>2</sub>/kWA. Como se sabe la aeración mecánica mediante sopladores genera 1 kg O<sub>2</sub> / kW-h, las algas generan 15 veces más cantidad de oxígeno, sin costo. Todo esto debido, a que generalmente se produce un excedente, de oxígeno disuelto, la práctica de recirculación en estas lagunas se da a observar algunos olores reducir fermentaciones y generar producción de algas que generen oxígeno todo esto en la laguna primaria.

El pH en este tipo de lagunas tiende a aumentar por la presencia de algas (16). Es así que un pH de 9.2 por 24 horas puede eliminar el 100% de la Escherichia Coli y variedad de patógenos. La tendencia del pH no llega a alcanzar a 9.5 durante 10 horas al día pero si tiene un alta tasa de desinfección.

**b. Lagunas de estabilización tipo anaerobias**

Caracterizadas por la gran profundidad y la presencia de condiciones anóxicas (falta de oxígeno) en todo su espesor (16). El único oxígeno disuelto se encuentra en la superficie en un rango de 50 centímetros de profundidad, todo esto sujeto a la carga orgánica, temperatura y velocidad del viento. La superficie casi no tiene influencia en el desarrollo de la vida microbiana en el medio acuífero. Una característica de estas lagunas es la presencia de natas en un tiempo lo que dificulta el proceso fotosintético de las algas y por ende la producción de oxígeno.

Según (16), se debe descargar los efluentes de estas lagunas en otras unidades para completar el tratamiento y oxigenar. Para estabilizar la materia orgánica esta tiene que ser sedimentada y se tienen que convertir los desechos orgánicos en gases como metano, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S), además se tienen que generar kilos orgánicos y células nuevas.

Los ácidos orgánicos que forman bacterias y bacterias metanogénicas son las encargadas de la degradación (16). Estas bacterias convierten estructuras de la materia orgánica de

complejas a sencillas y estos a su vez son convertidos en sustrato para bacterias metano génicas, generando en el proceso dióxido de carbono y metano. La recuperación de metano en este tipo de lagunas no es común esto debido a su dimensión.

El desazolve más conocido como la evacuación de lodos se da de manera más continua en este tipo de lagunas (16) por eso se diseñan con programa de evacuación y limpieza que se da 2 o 4 años.

### **c. Lagunas de estabilización tipo facultativas**

Según (16) estas lagunas tienen 3 tipos de zonas bien definidas. Una zona denominada superficial caracterizada por la acción simbiótica entre algas y bacterias parecidas al sistema de lagunas tipo aerobias. La segunda una zona de fondo tipo anaerobio donde existe acumulación de sólidos que fermentados y descompuestos. La última zona más conocida como zona intermedia en parte anaerobia y aerobia donde la descomposición de materia se da por bacterias aerobias facultativas y anaerobias así como se muestra en Figura 9.

El oxígeno producido por las algas en la parte superficial es utilizado para el proceso de oxidación de materia orgánica coloidal y soluble (16). Las algas utilizan el dióxido de carbono producido en las lagunas. En el fondo es un estrato de lodo anaerobio por la acumulación de sólidos del agua residual que tienden a sedimentarse. Al realizarse la descomposición anaerobia se generan diversos gases como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ), y también se generan compuestos orgánicos disueltos, todos ellos liberados a la atmósfera ya que las bacterias aerobias las oxidan.

La zona superior de algunas facultativas es similar a la de lagunas de sistema aerobio y comportante la diversidad biológica comúnmente constituida por algas y bacterias.

## 2.2.9. Eficiencia de una Planta de Tratamiento para Aguas residuales

### a. Remoción de contaminantes

Según (17), la remoción de contaminantes es el resultados de la variación porcentual de parámetros de control específicos que se pueden monitorear tanto en la entrada como en el salida, caracterizada principalmente por la cantidad removida de contaminante.

La siguiente ecuación se ha utilizado para el cálculo de remoción de contaminantes.

$$E = \frac{C_0 - C}{C_0} X 100$$

E: Eficiencia de la PTAR

C: Cantidad de Carga contaminante de salida (DQO en mg , DBO<sub>5</sub> en mg o SST/ l)

C<sub>0</sub>: Cantidad de Carga contaminante de entrada (DQO en mg, DBO<sub>5</sub> en mg o SST / l)

### 2.2.10. Límites máximos Permisibles

Según el D. S. N.º 003-2010-MINAM(18), el L.M.P. es “ medida de grado de elementos o concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, si es excedida puede causar daño personal y al medio ambiente”. La calidad del efluente en la PTAR está caracterizada por los LMPs, aunque cuando el diseño incluye emisario submarino, la norma OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones señala que estos valores no son aplicables.

Según (18), los LMP son de carácter obligatorio y cumplimiento sin importar su tamaño y nivel de tratamiento. Los LMP se muestran en la Tabla 3

Las Empresas Prestadoras de Servicio (EPS) según (18), debe reportar al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) el monitoreo de la PTAR y el cumplimiento de los LMP según el protocolo de monitoreo señalado en la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. Este protocolo define:

- Punto para la toma de muestras.
- Parámetros a monitorear en el afluente y efluente de la PTAR.
- Frecuencia en el monitoreo.
- Procedimiento de toma de muestra y análisis de las mismas

Esta normativa no limita que las EPS puedan dar un amplio monitoreo e incluir otros parámetros con el objetivo de mejorar la calidad del tratamiento de aguas residuales y mejorar sus estándares.

Según el D.S. N.° 003-2010-MINAM(18), el MVCS es la entidad competente para fiscalizar el cumplimiento de esta normativa y los LMP según corresponda aunque hasta el momento no cuenta con un procedimiento escrito para desarrollar dicha fiscalización.

Tabla 2. LMP según (D.S. 003-2010-MINAM) para efluentes y vertimiento en cuerpo de agua.(19).

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
GRASAS Y ACEITES	mg / L	20
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	N.M.P. / 100ml	10,000
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> )	mg / L	100
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg / L	200
PH		6.5 – 8.5
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mL /L	150
TEMPERATURA	°C	<35

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Metodología y alcance de la investigación**

#### **3.1.1. Método general de la investigación**

Este tipo de método se basa en un todo(20), basado en el método científico más que nada es un nivel descriptivo que busca explicar la causas y efectos de un fenómeno en particular. Esto nos permitió plantear una solución al problema planteado en la investigación, y de esa forma se comprobó con los datos obtenidos. Este método que tiene estos conceptos básicos y estructura, es el Analítico - sintético.

#### **3.1.2. Tipo de investigación**

En el libro desarrollado por José Cegarra (20), el tipo de investigación que es la adecuada para la tesis es aplicada, el cual esta basado en conocimientos y teorías científicas, los mismo que nos conlleva a aplicar y observar en un corto plazo analizando los resultados obtenidos para plantear una plan de mantenimiento de la planta, usarla posteriormente y aplicarla.

#### **3.1.3. Nivel de investigación**

El nivel será descriptivo, aunque también será experimental porque se someterán variables para su estudio y evaluación siempre buscando la posibilidad de un efecto y causas, las variables serán sometidas a condiciones de laboratorio para su estudio, además también será

aplicativa porque busca solucionar un problema que se ha presentado en las plantas de tratamiento.

#### **3.1.4. Alcance**

Tiene como alcance el plan de mantenimiento de la PTAR para su adecuado funcionamiento y que la eficiencia sea la adecuada. La investigación no consiste en la implementación del plan de mantenimiento.

#### **3.1.5. Metodología de investigación**

- a. Encontrar los niveles de parámetros del efluente.
  - Grasas y aceites
  - Coliformes termotolerantes
  - Demanda bioquímica de oxígeno. (B.B.O.).
  - Demanda química de oxígeno (B.Q.O.)
- b. Estimar las propiedades físico - químicas del agua de descarga de la PTAR.
  - Temperatura.
  - Potencial hidrogeniones (pH).
  - Sólidos totales en suspensión
- c. Determinar el caudal de ingreso y salida en la P.T.A.R. - Cusipata  
La determinación del caudal de ingreso está en las siguientes unidades Litros por Segundo (L/s) y metros cúbicos por día ( $m^3 /d$ ), esta determinación se realizará con la toma de las coordenadas UTM tanto en la zona de ingreso y salida, para luego iniciar con el proceso de cálculo del caudal de ingreso y salida de las aguas residuales, para una estimación de las mismas y de los monitoreos de las muestras de aguas residuales en laboratorio para contrastar con los LMPs.

### 3.2. Diseño de la investigación

Pre y post. Prueba

Tabla 3. *Diseño de prueba de investigación.*

	Pre-test		Tratamiento	Post-test	
GE	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	X	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>
GC		Y <sub>2</sub>	-----	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>

Donde:

**GE:** Grupo Experimental      **Y<sub>1</sub>;Y<sub>2</sub>:** Pruebas Anteriores

**GC:** Grupo Control      **Y<sub>3</sub>;Y<sub>4</sub>:** Pruebas Posteriores

**X:** Es el proceso de tratamiento

### 3.3. Población y muestra

#### a. Población

- P.T.A.R. - Cusipata.

#### b. Muestra

- 5 litro en el afluente
- 2 litro en el efluente

### 3.4. Instrumentos utilizados para la recolección de datos

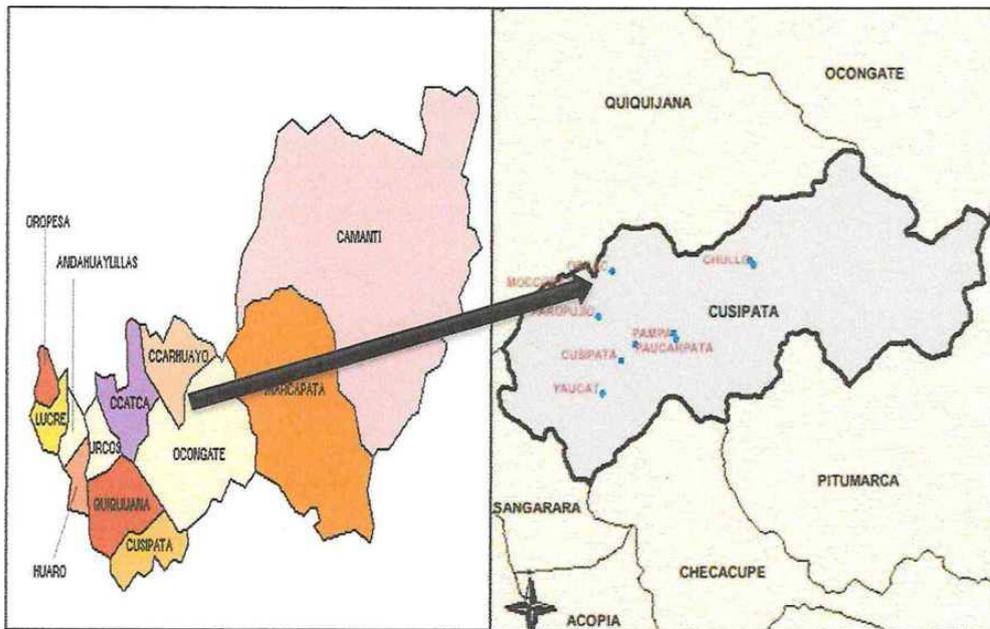
#### 3.4.1. Ubicación de la zona de trabajo

Esta investigación se realizó en la P.T.A.R. del Distrito de Cusipata, en el que se tratan las aguas residuales generadas dentro del casco urbano del distrito, las que son direccionadas por la red de alcantarillado sanitario hasta la P.T.A.R. ubicado en el sector Ccotopukio, a una distancia de 600 km con dirección sur teniendo como referencia la plaza de armas del distrito de Cusipata, cuyas coordenadas son:

Tabla 4. *Coordenadas UTM de la PTAR Cusipata.*

19L	Norte	Este	Altitud (msnm)
	8461188	229540	3,310

*Ubicación zona geográfica de la localidad de Cusipata*



*Figura 9. Ubicación zona geográfica del distrito de Cusipata.*

### 3.4.2. Acceso a la PTAR

Para acceder a la PTAR es por un camino de herradura a pie o por la vía cusco – Sicuani mediante vehículos comenzando desde la plaza de armas y dirigiéndose al sur por la prolongación de la avenida 5 de octubre o por el norte por la calle vigñati doblando a la derecha por la calle 15 de agosto, llegando así a la vía cusco – Sicuani, finalmente doblar a la derecha en U pasando el estadio municipal, el recorrido de 1.9 km de distancia por la vía con vehículo es de 10 min y por la vía por camino a pie es de 10 min, ambas vías nos permiten llegar a la PTAR.



Figura 10. Acceso a la PTAR Cusipata (21).



Figura 11. Ubicación geográfica de la P.T.A.R. - Cusipata (21)

### 3.4.3. Características climáticas

En el distrito de Cusipata de enero hasta diciembre(22), donde el clima es agradable y poca precipitación. El promedio de temperatura máximo es 26°C en el mes de febrero y de 21°C en el mes de julio. La temperatura promedio del agua se encuentra en el rango de 15°C y 25°C, presencia de precipitaciones en verano e invierno el clima es relativamente seco. La precipitación medial en el año es de 20mm mientras que la temperatura media en al año en Cusipata es 23°. No existe

presencia de lluvias durante 300 días al año, la humedad media es del 77% y el Índice radiación solar UV es 6.

Todos los factores mencionados como la precipitación media, temperatura promedio han determinado que en Cusipata se tenga una cifra climática de 9.1.

### 3.4.4. Equipos y materiales utilizados

En esta investigación el equipo que se usó para el control y seguimiento de parámetros de campo es un multiparámetro de marca Hanna, lo cual nos da los siguientes datos:

- Temperatura
- pH
- conductividad eléctrica

De igual manera para la toma de muestra se usaron los siguientes materiales y equipos:

Tabla 5. *Equipos y materiales usados para la toma de muestra.*

N°	MATERIALES Y EQUIPOS	CANTIDAD	MARCA
1	Muestras de agua residual		
2	Equipo GPS.	1	Garmin
3	Celular	1	samsung
4	Fichas de registro de campo.	2	
5	Multiparametro.	1	hanna
6	Plumón indeleble punta fina.	1	Faber castell
7	Lapiceros tinta seca.	2	Faber castell
8	Papel secante.	1	nova
9	Cinta masking tape.	1	
10	Alcohol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH).	1	alkofarma
11	Preservantes para conservación de las muestras ; Acido Sulfurico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).	1	
12	Envases plásticos de 1l, 500 y 100 ml.	12	
13	Guantes quirúrgicos.	4	
14	Mascarillas tipo quirurgicas	4	guoyan
15	Refrigerante o hielo	4	
16	Cooler para conservacion de muestra	1	
17	Balde para toma de muestras.	1	

### 3.4.5. Métodos de referencia.

Tabla 6. *Métodos y análisis de muestras en laboratorio.*

PARÁMETROS	ACCIONES REALIZADAS PARA LA TOMA DE MUESTRAS	MÉTODO DE ENSAYO POR EL LABORATORIO.	LABORATORIO
<b>Aceites y grasas</b>	La toma de muestras se realizó en tres envases de vidrio ámbar y una de plástico como respaldo, de un balde el cual fue extraído del ingreso, y las tomas fueron preservados con 2,5 ml de Ácido Sulfúrico.	SMEWW 5520 B. 23rd Ed. 2017, metodo de Gravimetria	Métodos AGQ Labs. del Perú S.A.C.
<b>Coliformes termotolerantes</b>	El muestreo se realizó de acuerdo a las indicaciones del laboratorio OLIGO, estas muestras son tomadas con sumo cuidado y son resguardadas.	SMEWW 9221 B.2,3,E.1. 23rd Ed. 2017, metodo Tubos Multiples	Métodos AGQ Labs. del Perú S.A.C.
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	Estas muestras se toman en dos envases de plástico de un litro.	SMEWW 5210B. 23rd Ed. 2017, metodo de Electrometria	Métodos AGQ Labs. del Perú S.A.C.
<b>Demanda química de oxígeno (DQO)</b>	Estas muestras se recolectan en un envase de 250 ml. Tanto para el punto A y B, se preservan con 0,5 ml de Ácido Sulfúrico.	SMEWW 5220D. 23rd Ed. 2017, metodo de Espect UV-VIS	Métodos AGQ Labs. del Perú S.A.C.

<b>Sólidos totales en suspensión</b>	Fueron tomadas en envases de plástico y antes de la muestra se debe de homogenizar el agua residual para tomar una muestra correcta.	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017, metodo de Gravimetria	Métodos AGQ Labs. del Perú S.A.C.
<b>Temperatura</b>	Para la medición de este parámetro primeramente se realizó la calibración y lavado de los sensores del equipo y posterior a ello se realizó la medición en la unidad experimental.	Se realizo la medición a través del sensor de temperatura que tiene el multiparámetro	Equipo Multiparámetro HANNA HI98194.
<b>pH</b>	Para la medición de este parámetro se realizó en la unidad experimental y antes de realizar la medición se hizo la calibración y lavado de los sensores con agua destilada.	La medición de este parámetro se realizó mediante el sensor de pHmetro que cuenta el equipo.	Equipo Multiparámetro HANNA HI98194.
<b>Conductividad eléctrica</b>	Para la medición de este parámetro se realizó en la unidad experimental y antes de realizar la medición se hizo la calibración y lavado de los sensores con agua destilada.	La medición se realizó a través del sensor de conductividad eléctrica que posee el equipo.	Equipo Multiparámetro HANNA HI98194.
<b>Oxígeno Disuelto</b>	La medición se realizó en la unidad experimental.	Se determino a través del sensor de oxígeno disuelto que tiene el multiparámetro	Equipo Multiparámetro HANNA HI98194.

#### **3.4.6. Instrumentos utilizados para recolección de datos en campo**

Se uso cuaderno de campo en el que se registraron los datos obtenidos de la lectura del multiparametro, los que luego fueron transferidos a una tabla de excel con los datos de campo de potencial de hidrogeniones (pH), temperatura, oxígeno disuelto y conductividad electrica. Para los datos de laboratorio se recolecto muestras en los dos puntos definidos, posteriormente fueron enviados al laboratorio para su analisis, realizado el analisis enviaron un informe de los resultados los cuales fueron analizados posteriormente.

#### **3.4.7. Procedimiento**

Para inciar la investigación se solicito los permisos correspondientes a la Municipalidad Distrital de Cusipata en el que se desarrollo las actividades de la investigacion, a continuación se muestra los procedimientos realizados:

- **Inspección Inicial**

En esta actividad se visitó la P.T.A.R. del sector de Ccotopuquio, siendo guiado por el personal del Area Tecnica Municipal, en el transcurso del recorrido se hicieron algunas consultas que sirvieron para complementar la información a la investigación, asi mismo se definio el área de trabajo y los puntos de la tomo de muestra para las unidades experimentales.

- **Puntos para el muestreo**

Para la toma de muestras de agua residual sin tratar y tratada se hizo la recoleccion en dos puntos; en primer lugar el afluente (A) despues de la zona de rejjas y sedimentador restringiendo las particulas de mayor granulometria o material flotante y particulas pequeñas, en el efluente (B) después del proceso de tratamiento biológico en la laguna facultativa en la zona de descarga permitiendo que esta sea representativa del flujo.

Para el monitoreo se ha seguido el procedimiento que propone el Organismo Peruano de Acreditación para la Calidad (INACAL), donde se inicia con la preparacion de muestras en campos asi tambien de los materiales, calibracion de equipos de medicion y usos de equipos de proteccion personal.

La ubicación de los puntos de muestreo para el monitoreo fue establecida antes de la toma de muestra; determinado un flujo representativo, mezcla adecuada y que cumplan con ciertos requisito y características; estos puntos fueron georreferenciados.

Tabla 7. *Coordenadas UTM de los puntos de muestreo en la PTAR Cusipata.*

Muestras	Coordenadas UTM		
	Norte (m)	Este (m)	Altitud (msnm)
A	8460887	229612	3304
B	8460914	229550	3306

- **Toma de muestra**

En el monitoreo de la calidad de aguas residuales de la PTAR de Cusipata, se realizaron los siguientes procedimientos:

- a. Se rotularon envases, los reactivos, y se diseñaron formatos para los insumos de muestras en cada punto georreferenciado.
- b. En cada uno de los puntos de muestreo, los operadores de la PTAR del distrito de Cusipata, colaboraron para realizar los monitoreos y muestreos.
- c. En cada uno de los frascos de la muestra se colocó la fecha y hora de la toma de muestras.

- d. Así mismo con la ayuda de un GPS se determinó la longitud, latitud y altitud del sitio exacto del punto de muestreo A (afluente) y del punto muestreo B (efluente) lo cual se registraron los datos en el cuaderno de campo.
- e. Se registro el nombre del responsable del monitoreo en los formatos del laboratorio.
- f. De igual manera se realizó la determinación del caudal tanto en el afluente como en el efluente utilizando y aplicando el método volumétrico manual, empleando para medir el tiempo el cronómetro del celular y un balde de 20L.
- g. Para que se reciba todo el flujo se colocó el balde en una posición determinante del agua residual que ingresa hacia la P.T.A.R.; simultáneamente se activó el cronómetro. Esta acción se realizó en 4 oportunidades para luego determinar con una formula el caudal promedio de ingreso, de igual forma se realizó en el afluente en el cual también se determinó el caudal promedio de salida, el volumen de muestra se tomó en 20 L, en relación a la velocidad de llenado, y registro el tiempo que toma el llenado así desde el inicio hasta el final; siendo “Q” el caudal (en litros por segundo, L/s), “V” el volumen (en litros, L), y “t” el tiempo (en segundos, s), el caudal se determinó con la siguiente formula:

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

Q= El caudal (L/S)

V= El volumen (l)

t= El tiempo (s)

Tabla 8. *Determinación de caudal promedio.*

N°	Puntos de muestra	El Caudal 1 Q <sub>1</sub>	El Caudal 2 Q <sub>2</sub>	El Caudal 3 Q <sub>3</sub>	El Caudal 4 Q <sub>4</sub>	El Caudal promedio Q <sub>p</sub>
1	A	4.9	5.3	4.86	5.5	5.14
2	B	4.6	4.8	4.73	4.5	4.65

- h. El etiquetado de los frascos se realizó antes de la toma de muestra. El rotulado de cada frasco será de la información para el análisis y preservación respectiva. Así mismo en el rotulado se colocó el punto de vertimiento, fecha y responsable del muestreo.
- i. Cada uno de los rótulos se cubrió con una cinta adhesiva plástica y transparente para evitar su deterioro. Así mismo se restringió los objetos flotantes y / o sumergidos.
- j. Para cada toma de muestra de sólidos sedimentables. Se realizó el muestreo llenado de agua residual en el envase de polietileno al nivel de 200 ml tanto en el afluente como también en el efluente.
- k. El análisis para coliformes termotolerantes, grasas y aceites se tomó la muestra colocando directamente el frasco bajo el flujo del efluente, hasta completar el volumen requerido.
- l. Las muestras se preservaron dependiendo del parámetro muestreado, se usó un gotero y añadió aproximadamente 1 mL equivalente a 20 gotas del preservante indicado por

cada 500 mL de muestra.

- m. Luego de la toma de muestra para cada parámetro se colocó los frascos dentro del cooler luego agregamos refrigerantes para preservar las muestras.
- n. Se realizó la desinfección con cloro y se enjuago con agua destilada los baldes y todos los materiales utilizados en el muestreo.
- o. Una vez concluida el proceso de muestreo se envió todas estas al laboratorio Oligo, para el respectivo análisis.

- **Toma de parámetros de campo**

Para la toma de parámetros de campo (conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto, y pH) se realizó el siguiente proceso:

- a) Para la toma de los niveles de los parámetros de campo se usó un multiparámetro marca Hanna, modelo HI98194 en el que se observó lo siguiente:

Tabla 9. *Toma de muestra de parámetros de campo.*

<b>Item</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nivel de concentración (mg/l, µs/cm, °C)</b>	<b>Instrumento de medición</b>
1	Oxígeno disuelto	1.96	Hanna HI98194
2	Conductividad eléctrica	632	Hanna HI98194
3	pH	7.63	Hanna HI98194
4	Temperatura	18.7	Hanna HI98194

- **Análisis en el laboratorio para las muestras.**

Las muestras que se tomaron en el monitoreo de afluentes y efluentes de P.T.A.R. de Cusipata, se analizaron a nivel físico, químico y microbiológico en el Laboratorio de AGQ, según procedimiento, protocolos y estándares de calidad establecidos por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), el análisis se enmarco en los valores de los Límites Máximos Permisibles que indica el D. S. N° 003-2010-MINAM, cuyos valores se encuentran en la Tabla 13.

Tabla 10. *Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003-2010- MINAM(19). para efluentes en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Grasas y Aceites	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	10,000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	200
Potencial hidrogeniones (pH)		6.5 – 8.5
Solidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Del informe entregado por el Laboratorio Oligo, acerca de afluentes y efluentes monitoreados se procedió a esquematizar en el siguiente flujograma para presentar resultados y proceder a la discusión.

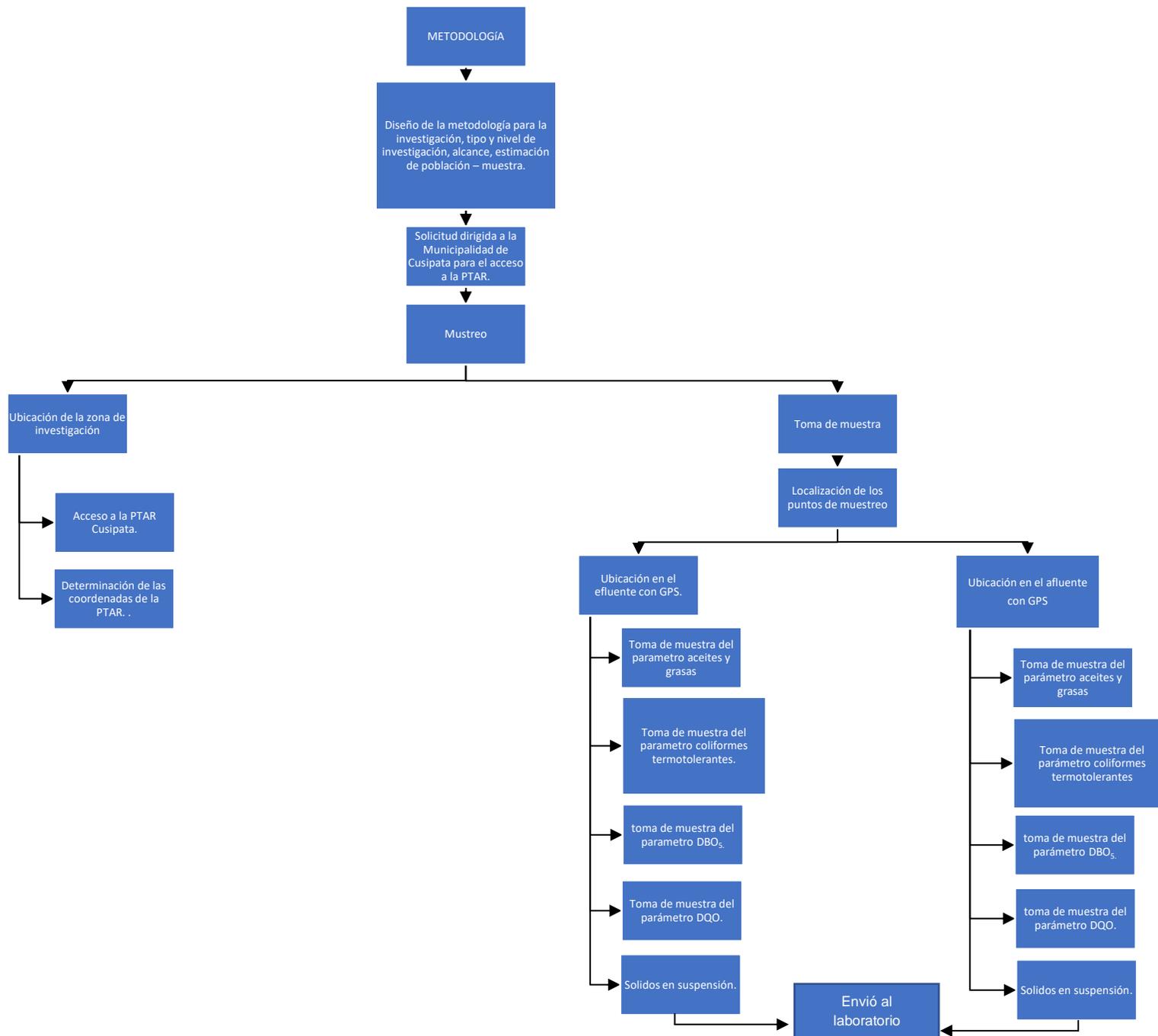


Figura 12. Diagrama de flujo de la metodología de investigación.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados para el tratamiento y análisis de la información.

#### 4.1.1. Parámetros físico - químicos y biológicos

##### a. Aceites y Grasas

Tabla 11. *Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro aceites y grasas.*

Parámetro	El nivel de concentración en el afluente mg/L	El nivel de concentración en el efluente mg/L	D.S. Nº 003-2010- MINAM - LMP mg/L	Condición
Grasas y aceites.	14	9.8	20	Si cumple

Para el parámetro en mención los valores que se han conseguido para grasas y aceites los cuales se observan en la tabla 11, estos valores tanto para el afluente así también el efluente son mayores al límite máximo permisibles (LMP); es afecta al cuerpo receptor alterando tanto en su composición así como también a los organismos vivos presentes en ella; en tal sentido esta

contaminación por aceites y grasas es a raíz de que la P.T.A.R. no tuvo el adecuado mantenimiento y operación, esto está ocasionando un gran impacto; alterando los estándares de calidad ambiental (ECAs) del cuerpo receptor de agua, los niveles de fosfatos, DBO<sub>5</sub>, nitratos, oxígeno disuelto y temperatura de las aguas del río Vilcanota y esto provocaría posteriormente a un proceso de eutrofización, como también la reducción de la capacidad de albergar vida en sus aguas.

#### b. Coliformes Termotolerantes

Tabla 12. Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro coliformes termotolerantes.

Parámetro	El nivel de concentración en afluente N M P /100 mL	El nivel de concentración en efluente N M P /100 mL	D.S. Nº 003-2010- MINAM - LMP N M P /100 mL	Condición
Coliformes termotolerantes	3,5 x 10 <sup>7</sup>	5,4 x 10 <sup>7</sup>	10,000	No cumple

Los datos obtenidos para el parámetro Coliformes Termotolerantes en el monitoreo de las muestras del afluente, presentan grandes concentraciones superando al Límite Máximo Permisible (tabla 12). De igual manera en el efluente el valor registrado supero los límites máximos permisibles, esta concentración de coliformes presentes es al hecho de que, durante el estudio, hacen suponer que tanto el tanque séptico y la laguna de oxidación no están cumpliendo con la remoción de microorganismos patógenos esto a raíz de que no realizan el mantenimiento adecuado. Así mismo se debe tener en cuenta que en el recorrido que se realizó por el borde de la PTAR, se verifico que algunas tapas del tanque séptico están deterioradas (huecas) por el cual probablemente haya contaminación y así mismo

también se verifico que en la salida de igual manera se halló que la tapa esta oxidada y hueca en donde podría haber sucedido la contaminación respectiva al tratamiento. Los coliformes también se hallan presentes en el medio ambiente a raíz de las heces de los humanos y los animales, en tal sentido se afirma que en gran cantidad los coliformes encontrados son de origen fecal. También encontramos muchos coliformes de vida libre en el medio ambiente de forma natural. Con los datos obtenidos y comparando con los LMPs establecidos por el *D. S. N° 003-2010- MINAM*, el tratamiento que realiza la PTAR no logra con el propósito de la remoción de este parámetro, en tal sentido se recomienda que la entidad administradora (Municipalidad Distrital de Cusipata) realice el mantenimiento apropiado e implemente la desinfección con cloro ya que tiene un costo bajo y fácil aplicación, pero se debe tener en cuenta que este desinfectante es afectado en diferentes factores tales como; tipos de microorganismos concentración de materia orgánica, y la concentración de cloro aplicado, lo cual puede reducir su efectividad.

### c. Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO<sub>5</sub>

Tabla 13. *Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro DBO<sub>5</sub>.*

Parámetro	El nivel de concentración en afluente mg/L	El nivel de concentración en efluente mg/L	<b>D.S. N° 003-2010- MINAM - LMP</b> mg/L	Condición
DBO <sub>5</sub>	182	133	100	No cumple

Los valores obtenidos en el efluente para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en la muestra realizada se verifican en la tabla 13, lo cual sobrepasa los L.M.P., así mismo en degradación de materia orgánica va en relación con DBO<sub>5</sub>, ya que esto nos permite conocer una estimación de materia orgánica que los microorganismos pueden degradar, de esta forma también determinar si se podría verter directamente o si deben ser tratadas previamente. Los factores a tener en cuenta para el proceso son la temperatura, el pH, abastecimiento en nutrientes y la presencia de elementos tóxicos que pudieran restringir el proceso. Así mismo se debe tener en cuenta las condición climáticas y ambientales lo cual asegura que los microorganismos aerobios tengan el ambiente adecuado para su desarrollo. En la tabla 13 se verifica que a causa del fallo del tratamiento primario y secundario no se realiza la adecuada remisión de materia orgánica, además la influencia del mantenimiento condicionada la remoción de materia orgánica.

**d. Demanda Química de Oxígeno – D.Q.O.**

Tabla 14. *Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro DQO.*

Parámetro	El nivel de concentración en afluente mg/L	El nivel de concentración en efluente mg/L	<b>D. S. Nº 003-2010- MINAM - LMP</b> mg/L	Condición
DQO	360	274	200	No cumple

En la tabla 14 se observar la concentración de D.Q.O. en el caudal de ingreso y en el caudal de salida del agua residual tratada que sale de la PTAR, muestra un elevado incremento con

respecto al L. M. P. tanto en el afluente como en el efluente. Además, estos valores reflejan que el valor de que la D.Q.O. fue superior al de la D.B.O. el como se muestra según la tabla 14 ya las sustancias orgánicas presentes se oxidaron de forma química y no de manera biológica. La D.Q.O. de un agua residual suele siempre es mayor al DBO5, siendo esto por la oxidación por proceso químico que es mayor frente a los que se oxidan por proceso biológico. en este trabajo de investigación observamos que la planta de tratamiento no cumple con la eficiencia que debería de tener, ya que principalmente es a raíz de que desde el 2010 la municipalidad de Cusipata no realizo su mantenimiento, así mismo actualmente la municipalidad no cuenta con un plan de mantenimiento tanto de la red de alcantarillado y mucho menos de la P.T.A.R. es por ello que el valor obtenido para este parámetro supera los límites máximos permisible.

#### e. Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla 15. *Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro pH.*

Parámetro	El nivel de concentración en afluente Unidad	El nivel de concentración en efluente unidad	<b>D.S. N° 003-2010-MINAM - LMP</b> unidad	Condición
pH	7.8	8.0	6.5 – 8.5	Si cumple

Según la tabla 15 los valores obtenidos para el parámetro pH a una temperatura de 23°C, en ella se observar que los niveles tanto en el afluente, así como en el efluente de la P.T.A.R. - Cusipata están dentro de los L.M.P. los cuales están establecidos en el D.S. N° 003-2010–MINAM. Así mismo un efluente con pH

con nivel ácido puede afectar drásticamente y modificar al cuerpo receptor provocando así la muerte de o la exterminación de la vida acuática presente en ella, sin embargo las aguas residuales municipales, domesticas están más próximas a tener un pH neutro, pero las aguas industriales siempre suelen tener un pH ácido, en tal sentido según estos valores obtenidos el agua por la P.T.A.R. del distrito de Cusipata no son acidas, lo cual el cuerpo receptor el cual es el rio Vilcanota no tendrá ninguna afectación.

**f. Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)**

Tabla 16. *Datos de nivel de concentración obtenidos para el parámetro solidos suspendidos totales.*

Parámetro	El nivel de concentración en afluente mL/L	El nivel de concentración en efluente mL/L	<b>D.S. Nº 003-2010- MINAM - LMP</b> mL/L	Condición
Solidos suspendidos totales	78	50	150	SI cumple

De acuerdo al valor que dio el análisis de laboratorio para sólidos en suspensión, se observa en la tabla 16 que los parámetros obtenidos supero los Límite Máximo Permisible en el efluente y así mismo se verifica también que en el afluente la carga de este parámetro es alta, así mismo los sólidos en suspensión es el producto del arrastre y abrasión del sistemas de alcantarillado de la calle vigñati lo cual actualmente tiene tuberías antiguos de cemento, de igual manera también son generados por la fragmentación de materia orgánica procedentes de los domicilios, también hallamos microorganismos y entre otros entre

otros componentes, en ese sentido y mencionado líneas atrás tanto la el tanque séptico y la laguna de oxidación están colmatados por lodos, para ello recomienda mejorar el sistema de rejillas y el sedimentador e implementar un proceso para el tratamiento, secado, evacuación, y disposición final de los lodos generados tanto en la laguna de oxidación y tanque séptico.

#### 4.1.2. Eficiencia de la planta de tratamiento para aguas residuales

Tabla 17. Eficiencia para planta de tratamiento en aguas residuales cusipata.

N°	PARAMETRO	EL NIVEL DE CONCENTRACION EN AFLUENTE	EL NIVEL DE CONCENTRACION EN EFLUENTE	UNIDAD	CONDICION	D.S. N° 003-2010-MINAM - LMP	EFICIENCIA %
1	Aceites y Grasas	14	9.8	mg/L	si cumple	20	30
2	Coliformes termotolerantes	35000000	54000000	NMP/100 mL	no cumple	10000	-54
3	DBO <sub>5</sub>	182	120	mg/L	no cumple	100	26.9
4	DQO	360	274	mg/L	no cumple	200	23.8
5	Ph	7.6	7.7	UNIDAD		6.5 - 8.5	
6	Solidos suspendidos totales	78	50	mL/L	Si cumple	150	35.9
7	Temperatura	18.7	18.9	°C		<35	

*Nota:* Para el tratamiento de los coliformes termotolerantes la PTAR debería de contar con un equipo de desinfección pero no es el caso, es por ello que la población de coliformes termotolerantes es alta en efluente y la eficiencia para tratamiento es negativa.

De acuerdo a la tabla 17, la eficiencia de la P.T.A.R. fue obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$$

De esta forma determinamos la eficiencia para cada parámetro lo cual se detalla a continuación:

##### A. Para aceites y grasas:

$$E = \frac{14-9.8}{14} \times 100 \quad E = \frac{4.2}{14} \times 100$$

$$E = 30 \%$$

Este valor obtenido muestra un 30 % de eficiencia lo cual indica que la planta realiza el tratamiento de este parámetro limitadamente ya que no supera el 50 %, así mismo esta eficiencia obtenida es a raíz de que el separador de grasas ubicado en el tanque séptico están colmatadas por lodos y requiere el pronto mantenimiento.

**B. Para coliformes termotolerantes:**

$$E = \frac{35000000-54000000}{35000000} \times 100 \quad E = \frac{19000000}{35000000} \times 100$$

$$E = -54.3 \%$$

Este valor obtenido de -54.3 % de eficiencia refleja que la P.T.A.R. no realiza el tratamiento de este parámetro ya que no cuenta con un sistema de desinfección que trate este parámetro.

**C. Para DBO<sub>5</sub>:**

$$E = \frac{182-133}{182} \times 100 \quad E = \frac{49}{182} \times 100$$

$$E = 26.9 \%$$

Este valor obtenido para la DBO<sub>5</sub> data un 26.9 % lo cual indica que la eficiencia de la planta es baja y esto hace evidencia de que la planta no realiza el adecuado tratamiento de este parámetro, esta baja eficiencia es a raíz de que existe alta carga en microorganismos (coliformes termo-tolerantes) presentes en el agua residual, también porque no cuenta con equipos de desinfección y mucho menos se realiza el mantenimiento de la PTAR.

**D. Para DQO:**

$$E = \frac{360-274}{360} X 100 \qquad E = \frac{86}{360} X 100$$

$$E = 23.8 \%$$

El 23.8 % de eficiencia nos muestra que la PTAR no cumple con el objetivo de oxidar por medios químicos las sustancias tanto orgánica como inorgánica en su totalidad, este resultado nos indica que el agua vertida al río está contaminada y con un bajo tratamiento y así mismo supera los máximos límites permitidos establecidos por el MINAN.

**E. Para solidos suspendidos totales:**

$$E = \frac{78-50}{78} X 100 \qquad E = \frac{28}{78} X 100$$

$$E = 35.9 \%$$

Este valor obtenido de 35.9 %, nos refleja que la eficiencia de la PTAR es baja ya que tanto el tanque séptico como la laguna de estabilización están colmatadas de lodos y requiere la pronta intervención de extracción de lodos un mantenimiento de sus componentes de la PTAR.

### 4.1.3. Análisis estadístico de resultados

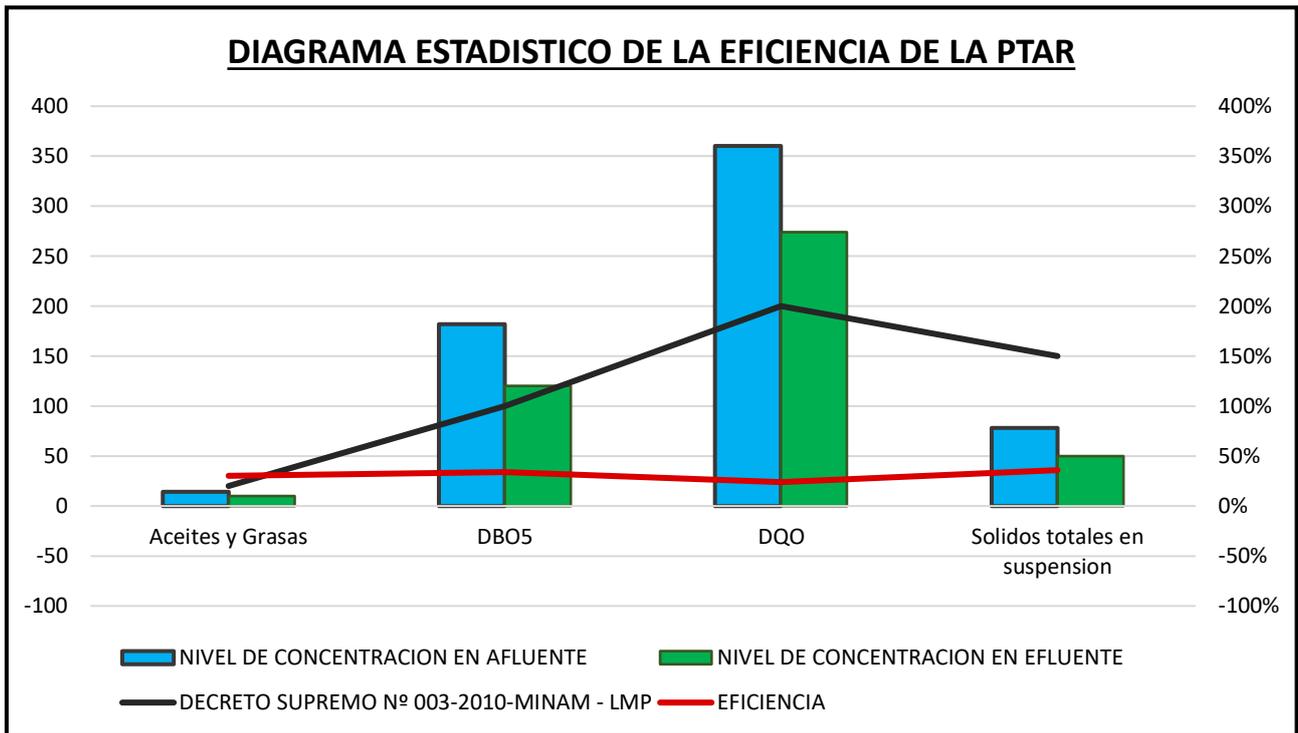


Figura 13. Diagrama estadístico de la eficiencia de la PTAR.

En la figura 13. Se realiza la comparación entre los resultados del pre-test (afluente) y post-test (efluente), así mismo también vemos la eficiencia y los LMPs. La barra de color celeste nos indica el valor de 14 mg/L de ingreso de aceites y grasas a la planta de tratamiento, en post-test (efluente) el valor obtenido es de 9.8 mg/L, dichos valores no exceden los L.M.P., así mismo se observa la eficiencia de tratamiento que realiza la planta de tratamiento que solo llega a un 30 % y esto refleja que la PTAR tiene una operación limitada, de igual manera se observa para la DBO<sub>5</sub> el valor de 182 mg/L del pre-test (afluente) y una vez realizada el tratamiento mediante la PTAR se verifica un valor de post-test de 120 mg/L, dichos valores superan los límites máximos permisibles, esto refleja que la remoción de este parámetro mediante el tratamiento de la PTAR es muy bajo y que la eficiencia también sea muy baja ya que solo alcanza a un valor de 34%, por otro lado los valores obtenidos para DQO también se verifican de la siguiente manera para el pre-test (afluente) se obtuvo un valor de 360 mg/L y para el post-test (efluente) se obtuvo 274 mg/L, comparando estos valores se verifica que la PTAR no

cumple con la remisión de este parámetro ya que tanto en afluente y efluente superan ampliamente los límites máximos permisibles y que también la eficiencia se vea con valor muy bajo de 24% todos estos valores reflejan que la planta está llegando a su punto máximo de operación limitada, finalmente comparando datos y valores obtenidos para solidos totales en suspensión se observa que para el pre-test se obtuvo un valor de 78mg/L y para el post-test un valor de 50mg/L, estos valores no superan los L.M.P. establecidos por el MINAN, por lo cual la PTAR estaría cumpliendo con la remoción de este parámetro, sin embargo la eficiencia de tratado es bajo ya que solo obtiene una eficiencia de 36% lo cual hace ver que la planta esta colmatada tanto en el tanque séptico y laguna facultativa limitando así su eficiencia.

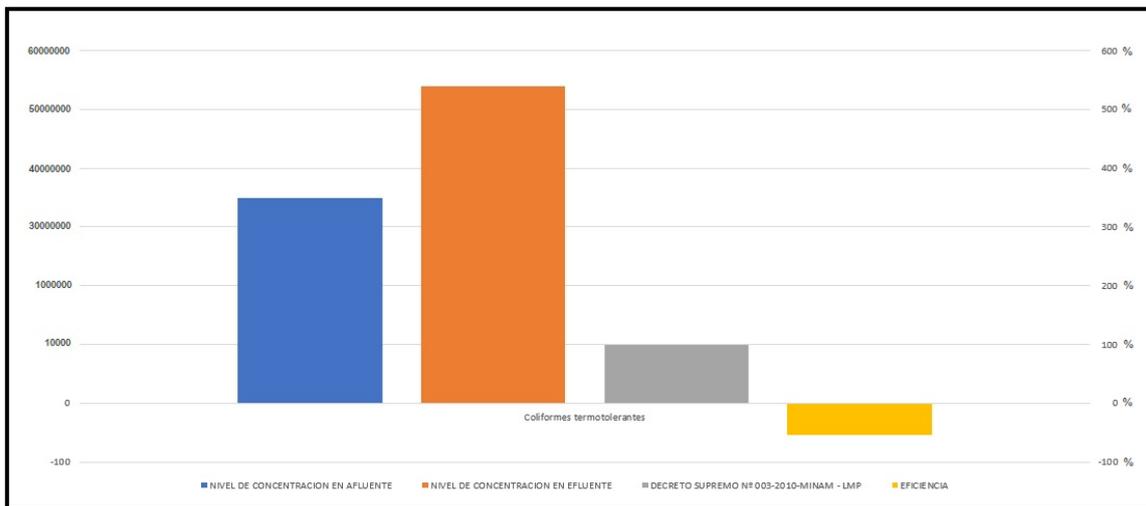


Figura 14. Diagrama estadístico de la eficiencia de la PTAR para Coliformes Termo - tolerantes.

En la figura 14. Se realiza la comparación de los valores obtenidos tales de verifican a continuación, para el pre-test (afluente) el valor obtenido es de 35'000,000 mg/L, para post-test se obtuvo un valor de 54'000,000 mg/L, realizando el contraste de los valores tanto del afluente y efluente se observa que supera ampliamente los L.M.P., así mismo la eficiencia de -54% refleja que la PTAR no realiza la remisión de este parámetro más aún se observa que hay un incremento 19'000,000 mg/L esto a raíz de que la P.T.A.R. no cuenta con un sistema de desinfección en el efluente y mucho menos con equipos para tratar este parámetro.

## CONCLUSIONES

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Cusipata en cuanto a la remoción de aceites y grasas fue de un 30%, esto nos indica que los separadores de grasa se encuentran colmatadas por lodos ya que este elemento se encuentra en el interior del tanque séptico, así mismo también el valor obtenido hace evidencia de que la planta de tratamiento remueve este parámetro muy limitadamente.

La eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Cusipata es muy baja ya que los indicadores tanto de  $DBO_5$  así como de la DQO registraron valores de 26.9% y 23,8% respectivamente, estos valores son muy bajos, esto evidencia que la planta de tratamiento de aguas residuales no realiza correctamente la remoción de materia orgánica, así mismo es muy limitado la eficiencia en cuanto a la remoción de Sólidos Suspendidos Totales y el valor que observamos es de 35.9 %.

En cuanto a la remoción de los coliformes termo tolerantes la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Cusipata. no es eficiente ya en el afluente nos indica que el valor es 35000000 NMP/100 mL y en el efluente es 54000000 NMP/100 mL, esto indica que hubo un incremento muy significativo así mismo el porcentaje de eficiencia de la PTAR es de -54 %, todos los valores evidencian que la planta más aun de remover los coliformes los acrecenta, en tal sentido en comparación con los LMPs establecidos sobrepasan ampliamente.

Según el análisis en comparación con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM y los valores obtenidos de acuerdo al análisis en laboratorio (laboratorio AGQ Labs) se observan que los siguientes parámetros no cumplen con los LMPs los cuales son: coliformes termotolerantes, para este parámetro se observó un valor en efluente de 54000000 NMP/100 mL, para la  $DBO_5$  se obtuvo un valor de 120 mg/L en comparación los LMPs superaron en 20 mg/L, para DQO se evidenció un valor en efluente de 274 mg/L.

Así mismo muy limitadamente tenemos parámetros que si cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) para vertimiento a cuerpos de agua, en este caso

el cuerpo receptor el río Vilcanota, estos parámetros como mención anteriormente son depurados muy bajamente y a continuación se observa los valores obtenidos para cada uno: Sólidos suspendidos totales (SST) con un valor de 50 mg/L y Aceites y grasas con el valor de 9.8 mg/L.

## RECOMENDACIONES

En cuanto para la mejorar la depuración de aceites y grasas se recomienda que la Municipalidad distrital de Cusipata realice la extracción de los lodos del separador de grasas así mismo dar un mantenimiento general del tanque séptico y de esta manera se mejorara también la eficiencia para la planta y cumplir adecuadamente con los L.M.P. al momento de verter al rio Vilcanota.

Para mejorar la eficiencia en depuración de la materia orgánica lo cual va relacionado con la DBO<sub>5</sub> y DQO, deberá de realizar la extracción de lodos de la laguna de estabilización de la planta de tratamiento de aguas residuales esto mejorara la eficiencia de remisión de solidos suspendidos totales, así mismo también se debe de colocar un biorreactor para el tratado de lodos ya que actualmente no cuenta con ello, así mismo realizar el uso de plantas acuáticas en la laguna de estabilización para mejorar la eficiencia de tratamiento en cuanto a la DBO<sub>5</sub> y DQO.

Para mejorar el tratamiento de coliformes termotolerantes se recomienda el uso de un sistema de cloración ya que este es un desinfectante eficiente y barato, con ello se mejorará drásticamente la remisión de coliformes termotolerantes y la P.T.A.R. cumplirá con los L.M.P. establecidos por el MINAM.

Finalmente se recomienda a la Municipalidad Distrital de Cusipata realizar con suma urgencia la extracción de lodos y el mantenimiento de cada uno de sus componentes de la planta de tratamiento, así mismo implantar un plan de mantenimiento y operación de la P.T.A.R. con el fin de que la planta cumpla con el objetivo de tratar las aguas residuales provenientes del centro poblado de Cusipata en los anexos de esta investigación se propone el perfil de un plan de mantenimiento de una P.T.A.R.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RAMIREZ, Berta and TAIPE, Sandra. "*Evaluacion de la degradacion de materia organica con aire del PTAR*" - San Jeronimo - Cusco. San Antonio Abad Del Cusco, 2018.
2. PEÑA, Gabriela and YABARRENA, Luis. "*Estudio del efecto de contaminacion de los productos agricolas irrigados con aguas de la sub cuenca del rio Huatanay, Cusco - Perú*". Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.
3. JOACHIN, Aydee and PAREDES, Jharda Lucero. "*Eficiencia de Remosion de Aguas Residuales Domesticas Mediante Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial en le Sector de Angostura Distrito de Saylla - Cusco*". Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco, 2017.
4. LÓPEZ, Enrique. "*Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito El Alto, Talara Piura*". Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo", 2018. Tesis
5. BALVIN, Brayan. "*Propuesta del mejoramiento en la eficiencia de la PTAR Chilpina, Distrito Socabaya - Pronvincia Arequipa - Departamento Arequipa*". Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa., 2020.
6. QUISPE, Franklin. "*Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la reduccion de la demanda quimica de oxigeno y demanda bioquimica de oxigeno en Celendin - Cajamarca*". Universidad Nacional de Cajamarca, 2019.
7. VELASCO, Giselle. "*Evaluacion de la Eficiencia en la Remosion de Materia Organica en una Planta de Tratamiento de Aguas Rsiduales en la ciudad de Manta*". Universidad Central del Ecuador, 2017.
8. ESPITIA, Fabian. "*Diagnostico, Evaluacion y planteamiento de mejora en los componentes de la planta de aguas residuales en el municipio de buenavista Boyaca*". Universidad Catolica de Colombia, 2017.
9. VARGAS, Rut Sarait. "*Evaluacion del proceso de microfiltracion para mejorar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales*". Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2010.
10. BARRANTES, Edwin Alberto and CARTÍN, Melvin. "Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la

- Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica. *Universidad de Costa Rica*". 2017. Vol. 9, no. 1, p. 193–197. DOI 10.22458/urj.v9i1.1697.
11. BOKOVA, Irina and RYDER, Guy. "*Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado*". Francia : 2017, 2017. ISBN 9789568200329.
  12. OEFA. Aguas residuales. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*. 2014. P. 1–42.
  13. NOYOLA, Adalberto, MORGAN, Juan and GUERECA, Leonor. "*Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*". 2013. 2013. ISBN 9786070248221.
  14. METCALF AND EDDY. "*Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*". 1. Madrid, 1995. ISBN 0070416907.
  15. BLOGSPOT. "Ciencias tratamiento de aguas residuales en Colombia Planta San Fernando". *Blogspot* [online]. 2017. Available from: <http://cienciasytecnologia-biologo.blogspot.com/2017/11/p4-tratamiento-de-aguas-residuales-en.html>
  16. AGUA, "Comision Nacional del. *Diseño de Lagunas de estabilización*. 2007". Mexico, 2007. ISBN 9789688178805.
  17. DE LA VEGA, Marina. "Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. *instituto nacional de desarrollo social*". 2012. Vol. 53, no. 9, p. 1–122.
  18. SUNASS. "*Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*". setiembre. Perú, 2015.
  19. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). "*Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*. 2008. Normas Legales, Congreso de la Republica".
  20. CEGARRA, José. "*Metodología de la investigación científica y tecnológica*". Díaz de Sa. España, 2004. ISBN 84-7978-624-8.
  21. GOOGLE. google earth. .
  22. [HTTPS://WWW.CUANDOVISITAR.PE](https://www.cuandovisitar.pe). Clima. .

## **ANEXOS**

ANEXO N° 1. Matriz de Consistencia de la Investigación.

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES
Problema General	Objetivo general	Hipótesis General	
<p>❖ ¿Cuál es el nivel de eficiencia de la P.T.A.R. – Cusipata, a la actualidad?</p>	<p>Determinar el nivel de eficiencia de la P.T.A.R. de Cusipata.</p>	<p><b>Hipótesis nula</b> La eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Cusipata es menor al 50%.</p> <p><b>Hipótesis alterna</b> La eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Cusipata es mayor al 50%.</p>	<p><b>La investigación es Univariable:</b></p> <p>Eficiencia de la PTAR</p> <p><b>Cualidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Características del agua residual (A.R.) en efluente de la P.T.A.R.</li> <li>▪ Parámetros de los límites máximos permisibles (L.M.P.)</li> <li>▪ Concentración de parámetros en el efluente de la P.T.A.R.</li> <li>▪ Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)</li> <li>▪ Periodo de mantenimiento de la PTAR.</li> <li>▪ L.M.P. (grasas y aceites, coliformes termo tolerantes, DBO5, DQO, pH, sólidos totales en suspensión, temperatura).</li> </ul>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	
<p>❖ ¿Cuáles son los parámetros de evaluación de aguas residuales para comprobar la eficiencia de tratamiento de aguas residuales en la P.T.A.R. – Cusipata?</p> <p>❖ ¿Cuáles son los parámetros del efluente de la PTAR – Cusipata que cumplen con los LMPs?</p> <p>❖ ¿Cuál es la calidad de agua tratada que vierte la PTAR - Cusipata al río Vilcanota?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar los Límites Máximos Permisibles (L.M.P.) para verificar la eficiencia de la PTAR Cusipata.</li> <li>• Encontrar el nivel de presencia de los grasas y aceites, coliformes termotolerantes, pH, solidos totales en suspensión y temperatura, para verificar si excede los Límites Máximos Permisibles (L.M.P.) establecidos por MINAM.</li> <li>• Estimar la eficiencia y carga contaminante promedio mediante el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los parámetros determinados para verificar la eficiencia de la PTAR son los siguientes: grasas y aceites, coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.) y Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.), pH, solidos totales en suspensión y temperatura.</li> <li>• Los parámetros que cumplen con los LMPs son grasas y aceites, solidos totales suspendidos, pH y temperatura.</li> <li>• Los parámetros fisicoquímicos y</li> </ul>	

	<p>aforo volumétrico en el efluente de la planta de tratamiento de agua residual de Cusipata.</p>	<p>biológicos (grasas y aceites, coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.) y Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.), en el efluente de la PTAR – Cusipata no son removidos y la calidad de agua que se vierte al río es mala.</p>	
<b>Metodología</b>			
<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La investigación es aplicada.</li> </ul> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El nivel de investigación es descriptivo</li> </ul> <p><b>Alcance de la Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene como alcance el plan de mantenimiento de la PTAR para su adecuado funcionamiento y que la eficiencia sea la adecuada. La investigación no consiste en la implementación del plan de mantenimiento.</li> </ul>		<p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pre y post. Prueba</li> </ul> <p><b>Población y Muestra:</b></p> <p><b>a. Población</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• P.T.A.R. - Cusipata.</li> </ul> <p><b>b. Muestra</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 litro en el afluente</li> <li>• 2 litro en el efluente</li> </ul> <p><b>Instrumentos utilizados para la recolección de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS</li> <li>• Multiparametro</li> <li>• Libreta de campo</li> </ul>	

## ANEXO N° 2. SOLICITUD ENVIADA A LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CUSIPATA

"Año del Bicentenario del Perú: 200 Años de Independencia"

**CARTA N° 001-2021-RAH/C**

**Señor: EDGAR MESCCO MAZA**

**Alcalde de la Municipalidad Distrital de Cusipata**

**Asunto: SOLICITO AUTORIZACIÓN PARA EL INGRESO A LA PTAR DEL  
DISTRITO DE CUSIPATA PARA TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DE  
TESIS.**



Yo, **ROSEL AUCCATINCO HIRPAHUANCA**, Identificado con DNI N° 46517201, con grado de Bachiller de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, con el respeto que se merece, me presento y menciono:

Solicito a Uds. como máxima autoridad se me permita el acceso a la planta de tratamiento de aguas residuales del Distrito de Cusipata, con la finalidad de trabajos de investigación para la tesis que estoy desarrollando, así mismo esta investigación tiene la finalidad de determinar la eficiencia de la PTAR y el grado de tratamiento que realiza para cada parámetro.

Sin otro particular. Aprovecho la oportunidad para expresarle mis muestras de estima y deferencia personal.

Atentamente,

Cusipata, 05 de mayo de 2021.

  
Bach. ROSEL AUCCATINCO HIRPAHUANCA  
DNI: 46517201

### ANEXO N° 3. TOMA DE MUESTRA DE LOS PARÁMETROS EN AFLUENTE



PTAR del Distrito de Cusipata



Inicio de la toma de muestra parámetro - Aceites y grasa



Toma de muestra del parámetro - DBO<sub>5</sub>.



Tomo de muestra del parámetro DQO.



Toma de muestra del parámetro coliformes termotolerantes



Toma de muestra de parámetro solidos suspendidos totales

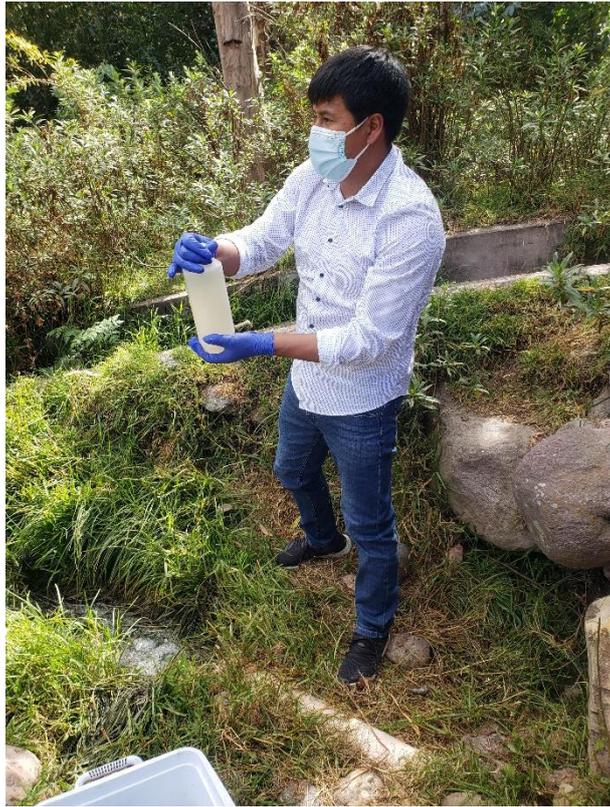
#### ANEXO N° 4. TOMA DE MUESTRA DE LOS PARÁMETROS EN EFLUENTE



Toma de muestra del parámetro aceites y grasas



Toma de muestra de DBO<sub>5</sub>.



Toma de muestra de parámetro DQO.



Toma de muestra del parámetro coliformes termotolerantes.



Toma de muestra del parámetro solidos suspendidos totales

# ANEXO N° 5. INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO.



INFORME DE  
ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

N° de Referencia:	<b>A-21/067157</b>	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	OLIGO S.A.C.
Análisis:	00021557-31	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	AV. PROLONGACIÓN ANTONIO LORENA S/N CUSCO - CUSCO - SANTIAGO
Tipo Muestra:	Agua Residual Municipal	Fecha Recepción:	08/06/2021	Contrato:	QMT-PE210300226
Fecha Inicio:	08/06/2021	Fecha Fin:	18/06/2021	Cliente 3ª(^):	ROOSEL AUCCATINCO HIRPAHUANCA
Descripción(^):	EAR-001 PUNTO A - AFLUENTE				

Fecha/Hora Muestreo:	07/06/2021 17:05	Muestreado por:	Cliente (*)	Coordenadas x,y:	0229616 8460889
Lugar de Muestreo:	DEPARTAMENTO CUSCO, PROVINCIA QUISPICANCHI DISTRITO CUSIPATA				
Punto de Muestreo:	EAR-001 PUNTO A - AFLUENTE				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Nora Yovanka Quispe Oncebay

Alex Ventura Llantuy, CBP  
13395

Alvaro Christian Silva Espejo  
GERENTE GENERAL  
oligo

FECHA EMISIÓN: 21/06/2021

OBSERVACIONES (\*):

N° de Referencia: A-21/067157  
Descripción(^): EAR-001 PUNTO A - AFLUENTE

Tipo Muestra: Agua Residual Municipal  
Fecha Fin: 18/06/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Parámetros Físico-Químicos</b>				
Aceites y Grasas	14	mg/L	±1,76	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	182	mg/L	±23,5	
Demanda Química de Oxígeno	360	mg/L	±41,1	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	78,0	mg/L	±8,50	
<b>Microbiología</b>				
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	3,5 x 10 <sup>7</sup>	NMP/100 mL	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

  
Alvaro Christian Silva Espejo  
GERENTE GENERAL  
oligo

N° de Referencia: A-21/067157  
Descripción(^): EAR-001 PUNTO A - AFLUENTE

Tipo Muestra: Agua Residual Municipal  
Fecha Fin: 18/06/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
<b>Parámetros Físico-Químicos</b>				
Aceites y Grasas	SMEWW 5520 B. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		1,0 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW 5210B. 23rd Ed. 2017	Electrometría		1,1 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW 5220D. 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		8,00 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L
<b>Microbiología</b>				
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	SMEWW 9221 B.2,3,E.1. 23rd Ed. 2017	Tubos Múltiples		1,8 NMP/100 mL

  
Alvaro Christian Silva Espejo  
GERENTE GENERAL

El valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

N° de Referencia: A-21/067157  
Descripción(^): EAR-001 PUNTO A - AFLUENTE

Tipo Muestra: Agua Residual Municipal  
Fecha Fin: 18/06/2021

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA



Alvaro Christian Silva Espejo  
GERENTE GENERAL  
oligo  
LABORATORIO

Registro N° LE - 072

N° de Referencia:	<b>A-21/067158</b>	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	OLIGO S.A.C.
Análisis:	00021557-31	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	AV. PROLONGACIÓN ANTONIO LORENA S/N CUSCO - CUSCO - SANTIAGO
Tipo Muestra:	Agua Residual Municipal	Fecha Recepción:	08/06/2021	Contrato:	QMT-PE210300226
Fecha Inicio:	08/06/2021	Fecha Fin:	18/06/2021	Cliente 3º(^):	ROOSEL AUCCATINCO HIRPAHUANCA
Descripción(^):	EAR-002 PUNTO B - EFLUENTE				

Fecha/Hora Muestreo:	07/06/2021 17:20	Muestreado por:	Cliente (*)	Coordenadas x,y:	0229549 8460914
Lugar de Muestreo:	DEPARTAMENTO CUSCO, PROVINCIA QUISPICANCHI DISTRITO CUSIPATA				
Punto de Muestreo:	EAR-002 PUNTO B - EFLUENTE				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Nora Yovanka Quispe Oncebay



Alex Ventura Llantuy; CBP  
13395



Alvaro Christian Silva Espejo  
GERENTE GENERAL  
oligo

FECHA EMISIÓN: 21/06/2021

OBSERVACIONES (\*):

N° de Referencia: A-21/067158  
Descripción(^): EAR-002 PUNTO B - EFLUENTE

Tipo Muestra: Agua Residual Municipal  
Fecha Fin: 18/06/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Parámetros Físico-Químicos</b>				
Aceites y Grasas	9,8	mg/L	±1,22	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	133	mg/L	±17,1	
Demanda Química de Oxígeno	274	mg/L	±31,3	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	50,0	mg/L	±5,45	
<b>Microbiología</b>				
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	5,4 x 10 <sup>7</sup>	NMP/100 mL	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.



Alvaro Christian Silva Espejo  
GERENTE GENERAL  
oligo

N° de Referencia: A-21/067158  
Descripción(^): EAR-002 PUNTO B - EFLUENTE

Tipo Muestra: Agua Residual Municipal  
Fecha Fin: 18/06/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
<b>Parámetros Físico-Químicos</b>				
Aceites y Grasas	SMEWW 5520 B. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		1,0 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW 5210B. 23rd Ed. 2017	Electrometría		1,1 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW 5220D. 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		8,00 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L
<b>Microbiología</b>				
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	SMEWW 9221 B.2,3,E.1. 23rd Ed. 2017	Tubos Múltiples		1,8 NMP/100 mL

  
Alvaro Christian Silva Espejo  
GERENTE GENERAL  
oligo

(\*) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detec es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

N° de Referencia: A-21/067158  
Descripción(^): EAR-002 PUNTO B - EFLUENTE

Tipo Muestra: Agua Residual Municipal  
Fecha Fin: 18/06/2021

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA



Alvaro Christian Silva Espejo  
GERENTE GENERAL  
oligo

(\*) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

ANEXO N°6. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO HANNA Y  
 SENSORES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA.



### Instrument Quality Certificate

Instrument: HI98194                      SN: 05500010101                      Software version: 1.08

Description: Multiparameter Waterproof Meter

Hanna Instruments certifies that this instrument has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna Instruments procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO 9001. The following tests have been performed according with the reference from the QC Procedure of the meter.

The results are listed below.

A. Functionality tests	Reference	Result
A.1. Switch On/Off test	5.	Passed
A.2. LCD test	5.1.	Passed
A.3. Sound test	5.2.	Passed
A.4. Keyboard test	5.3.	Passed
A.5. Real time clock test	5.4.	Passed
A.6. Eeprom test	5.5.	Passed
A.7. Measurement test (pH, ORP, EC, DO, T)	5.6.	Passed
A.8. USB Port test	5.7.	Passed
A.9. Power consumption test	5.8.	Passed
A.10. Factory calibration test	6.	Passed
B. Aesthetic Control	Reference	Result
B.1. Visual Inspection	4.	Passed
B.2. Labeling and Marking	4.	Passed

Calibration, functionality test, aesthetic control and packing have been met.

Date: 2021.01.14                      QC Inspector: Tudor Coman / Engineer  
(Name / Title of Signatory)

Signature: 

QC\_HI98194\_rna.0.1

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive Woonsocket, RI 02895  
[www.hannainst.com](http://www.hannainst.com)

Certificado de calibración del equipo HANNA.

## Probe Quality Certificate

Probe:  
HI7698194

SN:  
K3467520

Software version:  
1.01

Description: Digital probe with three connections for pH (ORP), EC and DO sensors and integral temperature sensor

Hanna Instruments certifies that this instrument has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna instruments procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO 9001.

The following tests have been performed according to the test instruction WP7698194, Rev.0.6.

The results are listed below:

External references devices\*: mV: SN US36095802 [HP, 34401A]  
Ω: SN 06111204 [resistors box, IET]

Factory calibration: mV (pH): 2021.01.11 mV (ORP): 2021.01.11  
EC: 2021.01.11 DO: 2021.01.11  
°C: 2021.01.11

Tests performed using reference devices:

Temperature:	RES [Ω], 0.1%:	32650	10000	3603	
	Tolerance [°C]:	0.00 ± 0.10	25.00 ± 0.10	50.00 ± 0.10	
	Reading [°C]:	0.00	25.00	50.00	Passed
mV (pH input):	Ref. mV*:	-500.0	-177.5	0.0	177.5 500.0
	Tolerance [mV]:	± 0.2	± 0.1	± 0.1	± 0.1 ± 0.2
	Reading [mV]:	-500.0	-177.5	-0.0	177.5 500.0
mV (ORP input):	Ref. mV*:	-1900.0	1900.0		
	Tolerance [mV]:	± 1.0	± 1.0		
	Reading [mV]:	-1900.3	1900.0		
EC [with simulator]:	EC [μS/cm]:	1403	2000	x	
	EC [mS/cm]:	x	x	12.80	
	Tolerance [μS/cm]:	± 4	± 4	x	
	Tolerance [mS/cm]:	x	x	± 0.04	
	Reading [μS/cm]:	1405	2000	x	Passed
DO (@ 20 °C)	DO [mV]:	0	45		
	[with simulator]:	Tolerance [%]:	0.0	100.0 ± 1.0	
	Reading [%]:	0.0	100.0		Passed

\*All external references are periodically checked and are used only if are inside certification interval; NP = not performed; RES = Resistance value

Calibration and testing criteria have been met.

Date: 2021.01.11

QC Inspector: Coman Andrei / Engineer

(Name / Title of Signatory)

Signature: 

EQC\_HI7698194\_rev.0.1

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive Woonsocket, RI 02895  
www.hannainst.com

Certificado de calibración del equipo HANNA.

## Electrode Quality Certificate

Electrode: HI7698194-3      Parameter: EC      SN: M49002      Recommended for: HI98194

Description: EC sensor with screw type connector

*Hanna Instruments certifies that this electrode has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna Instruments Procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO 9001.*

Standard Reference Materials: EC: SRM 999 (NIST)

Tests performed using reference devices:

EC (@ 25 °C):	Offset (air) [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]:	0	
	Tolerance [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]:	+1	
	Reading [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]:	0	Passed
EC (standard) [ $\text{mS}/\text{cm}$ ]:	EC (standard) [ $\text{mS}/\text{cm}$ ]:	12.88	
	Tolerance [ $\text{mS}/\text{cm}$ ]:	10.30 - 15.46	
	Reading [ $\text{mS}/\text{cm}$ ]:	14.41	Passed
EC response time (12.88 $\text{mS}/\text{cm}$ - 5.00 $\text{mS}/\text{cm}$ )*:	Standard time [s]:	<5	Passed
	Tolerance [s]:	+1	

\*) Evaluated for 90 % of step; NP = not performed.

Quality control and testing criteria have been met.

Date: 2021.01.06

QC Inspector: Sziqyarto N. / Engineer

(Name / Title of Signatory)

Signature: 

EQC\_HI7698194-3\_rev.01

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive Woonsocket, RI 02895  
www.hannainst.com

Certificado de calibración del sensor de Conductibilidad Eléctrica.

## Electrode Quality Certificate

Electrode: HI7698194-2      Parameter: DO      SN: M51080      Recommended for: HI98194

Description: DO sensor with screw type connector

*Hanna Instruments certifies that this electrode has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna Instruments Procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO 9001.*

Standard Reference Materials:      DO:      Certified Zero Oxygen Solution

Tests results listed below:

DO (@ 25 °C):	100% saturation (air) [%]:	100.0	
	Tolerance [%]:	90.0 - 120.0	
	Reading [%]:	103.0	Passed
	0% saturation (Zero oxygen solution) [%]:	0.0	
	Tolerance [%]:	±10.0	
	Reading (after 1 minute) [%]:	5.0	Passed
	Slope tolerance [%]:	85.0 - 120.0	
	Slope calculated [%]:	105.0	Passed

NP = not performed.

Quality control and testing criteria have been met.

Date: 2021.01.15      QC Inspector: Szigyarto N. / Engineer  
[Name / Title of Signatory]

Signature: 

EQC\_HI7698194-2\_rev.0.1

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive Woonsocket, RI 02895  
[www.hannainst.com](http://www.hannainst.com)

Certificado de calibración del sensor de Oxígeno Disuelto.



ANEXO N°7. Medición de los niveles de concentración de los parámetros de campo de la PTAR - Cusipata.





Medición del nivel de pH.



Medición de los niveles de concentración de Conductividad Eléctrica y Oxígeno disuelto.



Medición de la temperatura.

ANEXO N° 8. LIBRETA DE REGISTRO DE PARÁMETROS DE CAMPO pH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y OXIGENO DISUELTO.

Registro de datos de campo:  
pH: 7,63  
Temperatura: 18,7  
Conductividad eléctrica: 632  
Oxígeno disuelto: 1,96

ANEXO N° 9. LIBRETA DE REGISTRO DE CAUDAL EN AFLUENTE Y EFLUENTE.

Registro de caudal:

Afluente (L/s).

$Q_1 = 4.9$	
$Q_2 = 5.3$	$Q_p = 5.14$
$Q_3 = 4.86$	
$Q_4 = 5.5$	

Efluente (L/s).

$Q_1 = 4.6$	
$Q_2 = 4.8$	$Q_p = 4.65$
$Q_3 = 4.73$	
$Q_4 = 4.5$	

ANEXO N° 10. FOTO DE LA PTAR – CUSIPATA.



ANEXO N° 11. FOTO DE LA CÁMARA DE REJAS DE LA PTAR – CUSIPATA.



ANEXO N° 12. FOTO DEL -DESARENADOR DE LA PTAR – CUSIPATA.



ANEXO N° 13. FOTO DEL TANQUE SÉPTICO DE LA PTAR – CUSIPATA.



ANEXO N° 14. FOTO DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN DE LA PTAR – CUSIPATA.



ANEXO N° 15. BOLETA DE PAGO DEL SERVICIO DE ANÁLISIS DE AGUA DE LA PTAR CUSIPATA.



RUC: 20601414555  
BOLETA ELECTRONICA  
B007 - 0000007

**Dirección Fiscal:** AV. PROLONGACION ANTONIO LORENA S/N (1ER GRIFO DE PUQUIN, EX GRIFO SANTIAGO.) CUSCO - CUSCO - SANTIAGO

**Sucursal:**

**DNI** : 46517201  
**SEÑOR(ES)** : AUCCATINCO HIRPAHUANCA, ROOSEL  
**DIRECCIÓN** : AV. 06 DE OCTUBRE

**FECHA EMISIÓN:**  
14/05/2021

**CREADO POR** : RUTH

**FORMA DE PAGO** : EFECTIVO  
**MONEDA** : SOLES

CANTIDAD	U.M.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	DSCTO	SUB TOTAL
1.00	UNIDADES	SERVICIO: "ANALISIS DE AGUA DE LA PTAR - CUSIPATA" (ADELANTO)	800.00	0.00	800.00

**IMPORTE EN LETRAS:** OCHOCIENTOS CON 00/100 SOLES

**OBSERVACIONES:** POR EL SERVICIO PRESTADO.



<b>OP. GRAVADAS</b>	:	677.97
<b>OP. EXONERADAS</b>	:	0.00
<b>OP. GRATUITAS</b>	:	0.00
<b>DESC. TOTAL</b>	:	0.00
<b>I.G.V. 18.00 %</b>	:	122.03
<b>TOTAL</b>	:	<b>800.00</b>

Autorizado por SUNAT. Representación impresa del comprobante electrónico, consulte su documento en [www.ifacturacion.pe](http://www.ifacturacion.pe)



RUC: 20601414555  
 BOLETA ELECTRONICA  
 B007 - 00000008

**Dirección Fiscal:** AV. PROLONGACION ANTONIO LORENA S/N (1ER GRIFO DE PUQUIN, EX GRIFO SANTIAGO.) CUSCO - CUSCO - SANTIAGO

**Sucursal:**

DNI : 46517201  
 SEÑOR(ES) : AUCCATINCO HIRPAHUANCA, ROOSEL  
 DIRECCIÓN : AV. 06 DE OCTUBRE  
 CREADO POR : RUTH  
 FECHA EMISIÓN: 17/05/2021  
 FORMA DE PAGO : EFECTIVO  
 MONEDA : SOLES

CANTIDAD	U.M.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	DSCTO	SUB TOTAL
1.00	UNIDADES	SERVICIO: "ANALISIS DE AGUA DE LA PTAR-CUSIPATA" (ULTIMO PAGO)	680.00	0.00	680.00

**IMPORTE EN LETRAS:** SEISCIENTOS OCHENTA CON 00/100 SOLES

**OBSERVACIONES:** POR EL SERVICIO PRESTADO.



OP. GRAVADAS :	576.27
OP. EXONERADAS :	0.00
OP. GRATUITAS :	0.00
DESC. TOTAL :	0.00
I.G.V. 18.00 % :	103.73
<b>TOTAL :</b>	<b>680.00</b>

Autorizado por SUNAT. Representacion impresa del comprobante electronico, consulte su documento en [www.ifacturacion.pe](http://www.ifacturacion.pe)

ANEXO N° 16. ESTRUCTURA O PERFIL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE CUSIPATA.

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE CUSIPATA

1. Planta de tratamiento
2. Partes de una planta de tratamiento de aguas residuales
3. Esquema del tanque imhof
4. Componentes o partes del tanque imhof
5. Arranque del sistema
6. Operación y mantenimiento del tanque imhof
  - 6.1 Operación y mantenimiento del desarenador
  - 6.2 Operación y mantenimiento de cámara de rejillas
  - 6.3 Operación y mantenimiento de cámara de natas o espumas
  - 6.5 Operación y mantenimiento de la cámara de digestión
  - 6.6 Operación y mantenimiento de la válvula de lodos
  - 6.7 Operación y mantenimiento del lecho de secado de lodos
  - 6.8 Operación y mantenimiento de la cámara de reunión
  - 6.9 Operación y mantenimiento de la Filtro Biológico y Cámara de Contacto
7. Operación y mantenimiento de la laguna de estabilización
  - 7.1 Mantenimiento de las válvulas de salida efluente