

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA LA ENCAÑADA DEL PERIODO ABRIL – AGOSTO 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Autores:

Elva Karina Micha Tello

Evelyn Verónica Rojas Villegas

Asesor:

Ing. Mg. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2019



## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por iluminarme en cada momento y darme la fortaleza para poder  
terminarla.

A mi madre, por ser el pilar fundamental en mi desarrollo personal y profesional, por ser ejemplo  
de trabajo, perseverancia, humildad y responsabilidad; pero más que nada por su amor.

A mi esposo y a mis hijos, quienes siempre fueron un motivo fundamental para alcanzar mis  
metas y por su apoyo incondicional y constante durante estos años.

Evelyn Verónica Rojas Villegas.

A Dios por darme la vida, salud, sabiduría y sobre todo la fortaleza para cumplir con mi meta, de  
terminar la carrera.

A mi madre y hermanos, por estar siempre a mi lado, por ser mi fortaleza en los momentos  
difíciles, por su apoyo incondicional para cumplir con esta meta.

A mi padre (q.e.p.d.), desde el cielo iluminaste cada uno de mis pasos.

Elva Karina Micha Tello.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida y ser nuestro mejor amigo, por acompañarnos y guiarnos a lo largo de  
toda nuestra carrera, por darnos la oportunidad de sentirnos felices y realizadas.

A nuestras familias por apoyarnos en este nuevo proyecto de vida.

A la Universidad Privada del Norte por ser parte de nuestra formación académica.

Al Ing. Mg. Juan Carlos Flores Cerna, por su tiempo y paciencia en el asesoramiento en nuestra  
tesis.

A nuestros docentes por habernos brindado los conocimientos necesarios además de una sincera  
amistad.

Al laboratorio Regional del Agua por su apoyo en el análisis de muestras de la presente  
investigación.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<i>1.1. Realidad Problemática .....</i>	<i>1</i>
1.1.1. Antecedentes.....	3
1.1.2. Bases teóricas.....	9
<i>1.2. Formulación del Problema.....</i>	<i>23</i>
<i>1.3. Objetivos .....</i>	<i>23</i>
1.3.1. Objetivo general.....	23
1.3.2. Objetivos específicos .....	24
<i>1.4. Hipótesis .....</i>	<i>24</i>
1.4.1. Hipótesis general.....	24
1.4.2. Hipótesis específica .....	24
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>25</b>
<i>2.1. Tipo de investigación .....</i>	<i>25</i>
<i>2.2. Materiales, instrumentos y métodos .....</i>	<i>25</i>
<i>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....</i>	<i>27</i>

2.4. Procedimiento.....	28
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
3.1 Descripción del área de estudio .....	37
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
4.1. Discusión.....	44
4.1.1. Parámetros físico químicos y biológicos .....	44
4.1.2. Caudal y Carga contaminante .....	53
4.2. Conclusiones.....	57
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Centros Poblados Colindantes a La Encañada</i> .....	3
Tabla 2	<i>Límites máximos permisibles para aguas residuales</i> .....	12
Tabla 3	<i>Toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo</i> .....	34
Tabla 4	<i>Resultados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las muestras obtenidas durante los meses de muestreo tanto en el afluente como en el efluente</i> .....	40
Tabla 5	<i>Resultados de la medición del caudal de las muestras de agua residual obtenidas para el afluente y el efluente durante los meses de muestreo</i> .....	42
Tabla 6	<i>Resultados de la carga contaminante de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) durante los meses de muestreo tanto para el afluente y efluente</i> .....	42
Tabla 7	<i>Resultados de la carga contaminante de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) durante los meses de muestreo tanto para el afluente y efluente</i> .....	43
Tabla 8	<i>Resultados de la Eficiencia de la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos durante los meses de muestreo</i> .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores de Aceites y Grasas (A y G).....	44
Figura 2. Valores de Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL).....	45
Figura 3. Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) .....	46
Figura 4. Valores de Demanda Química de Oxígeno (mg/L) .....	48
Figura 5. Valores de potencial de Hidrógeno (pH).....	50
Figura 6. Valores de sólidos en suspensión (mg/L).....	51
Figura 7. Temperatura (°C) de la muestra de agua residual .....	52
Figura 8. Valores del caudal (Q) para el afluente (P1) y efluente (P2) .....	53
Figura 9. Valor de la carga contaminante de la DBO <sub>5</sub> para el afluente (P1) y efluente (P2) .....	54
Figura 10. Valor de la carga contaminante de la DQO para el afluente (P1) y efluente (P2) .....	55
Figura 11. Valor de la eficiencia de la planta de tratamiento .....	56

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1 Cálculo de la carga contaminante</i> .....	30
<i>Ecuación 2 Cálculo de la eficiencia</i> .....	31



## RESUMEN

El Distrito de La Encañada cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual no ha venido funcionando eficientemente pues no se realizó el tratamiento adecuado para determinar la remoción de contaminantes que causan un efecto negativo en la calidad de las aguas. Para determinar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales se tomaron dos puntos, el primer punto a la entrada de la planta (afluente) y el segundo punto a la salida de la misma (efluente). Como resultado de la investigación se determinó que la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta La Encañada es nula, en la Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo un -23.8 % y para la Demanda Química de Oxígeno se obtuvo un 25.8 %, se puede definir que el sistema de tratamiento no está haciendo eficiente su trabajo de remoción de nutrientes. Se analizó también el pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes, temperatura, aceites y grasas, cuyos resultados se compararon con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de aguas residuales domésticas y municipales, según el Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM.

**Palabras clave:** agua residual, contaminantes, calidad de agua, La Encañada.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

El presente trabajo de investigación surge en respuesta al estado actual del tratamiento de aguas residuales en nuestra ciudad y por la necesidad de mejorar el bienestar de la población de La Encañada y Cajamarca a través del tratamiento de las aguas residuales que van a ser vertidas en el río La Encañada, dichas aguas sirven para riego y bebida de animales que satisfacen las necesidades de la población.

El distrito de La Encañada lugar donde se presenta la problemática, se caracteriza por ser rural, la mayoría de su población tiene entre 15 y 64 años, principalmente su población se dedica a la agricultura y ganadería, el material de construcción predominante en sus viviendas es el adobe y su piso es de tierra, lo cual nos indica el grado de pobreza del distrito, aproximadamente la mitad de la población se abastece de una red pública de agua y más de 64% usa pozo ciego o letrina como alternativa de evacuación de excretas (Cruz, 2015, p.4).

Hace seis años se ha gestionado la construcción e infraestructura de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales la cual fue inaugurada y puesta en operatividad durante el 2017, comenzó con el proyecto denominado “Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable, alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales de la localidad de La Encañada - Polloc. Distrito de La Encañada” cuyo objetivo principal fue tener un impacto positivo en la calidad de aguas del río La Encañada quién recibe las aguas residuales tratadas, las cuales venían siendo contaminadas, debido a que las viviendas descargaban sus desechos directamente al río. Para la nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

se determinó una vida útil de 20 años, período en el cual se estimó su maduración en la generación de los beneficios esperados. El distrito de La Encañada se encuentra en la región natural quechua, su clima varía entre templado, semiseco y moderadamente frío, soleado durante el día y frío durante la noche con una temperatura media anual de 13 °C. La época de lluvias en el área de influencia de la planta de tratamiento se concentra principalmente de diciembre a marzo prolongándose a veces hasta abril. En la presente investigación tomamos muestras desde el mes de abril época de lluvia hasta el mes de agosto que es la época seca para poder manejar la variación del caudal, así como las características de los parámetros analizados.

Según datos Estadísticos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) la población de La Encañada en el año 2013 fue de 1 217 habitantes, la población de Polloc de 871 habitantes con una proyección poblacional para el año 2018 (año que realizamos la investigación), la población en La Encañada de 1605 habitantes y población de Polloc de 884 habitantes obteniendo 2489 pobladores en la actualidad que generan diariamente aguas residuales que van a ser tratadas en la planta de tratamiento. La planta de tratamiento de aguas residuales está ubicada en el centro poblado de Polloc ubicado a 5 km del Distrito de La Encañada, aquí el río La Encañada toma el nombre de río Tambomayo que va cambiando de nombre según el lugar por donde discurre las aguas llegando hasta el Distrito de Namora, lugar donde toma ese nombre. Los beneficiarios de este proyecto se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

*Centros Poblados Colindantes a La Encañada*

Centro Poblado y Caseríos	Habitantes
Rollopampa	95
Potreriillo	117
Polloc	871
Encañada	1016
Juanchopuquio	96
San Francisco	165
Santa Margarita	129
Total	2489

Fuente: CCPP – INEI 2007

**1.1.1. Antecedentes**

Según (Gálvez) en la tesis de Grado “Eficiencia de la Planta de Tratamiento de agua residual de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez” (2013) Universidad Rafael Landívar. En una de sus conclusiones: “Es importante que el Ministerio de Ambiente y Recurso Naturales (MARN) le preste importancia al manejo de residuos sólidos generados en el municipio ya que estos representan un fuerte deterioro a toda la cuenca y que junto a la municipalidad realicen un seguimiento a las viviendas que realizan sus descargas directamente el río y que estas puedan ser canalizadas a un sistema de drenaje para ser tratadas”. (p.61)

Guillermo, en el año 2011 presentó la tesis titulada “Calidad de aguas residuales del tratamiento primario en pozas de oxidación de Distrito de Viques -Huancayo”, en la cual aporta que “La temperatura del agua residual suele ser más elevada que el del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales” (p. 20) además de que la temperatura es un factor importante en la degradación biológica de desechos orgánicos. “La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35°C. (Cenagua, 1980)” (p. 20). Además, en su discusión de resultados sobre coliformes menciona que “El hecho de que se registren altas concentraciones de coliformes totales durante el estudio, hacen presumir que las lagunas no se han estabilizado en cuanto a la remoción de microorganismos patógenos y/o que existen problemas operacionales” (p. 74).

Según (Rodríguez) en su tesis “Análisis y plan de gestión de las aguas residuales del hospital regional de Cajamarca - 2015.” (2015). Universidad Cesar Vallejo, en su discusión presentada la relación (DBO<sub>5</sub>/DQO) aportó un valor de 2.41 lo que evidencia un vertido eminentemente orgánico y biodegradable (Perrodin et al., 2012), debido posiblemente a todos los desechos del hospital que son vertidos en las aguas residuales. Con esta relación (DBO<sub>5</sub>/DQO) indica, que se trata de un efluente o compuesto biodegradable pudiéndose utilizar sistemas biológicos como fangos activos o lechos bacterianos (p. 46).

Según (Ortega) en su trabajo de investigación “Uso de trampas de aceites y grasas para efluentes no domésticos de los establecimientos comerciales y de servicios en Tingo María”. (2018). Universidad Nacional Agraria de la Selva, afirma en su discusión que la trampa de aceites y grasas como pretratamiento único no cumple con los límites permisibles de los parámetros físicos exigidos por el Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos. La ciudad de Tingo María actualmente no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTARs), por tanto, los efluentes de las trampas de aceites y grasas, tras ser conducidos por el sistema de alcantarillado, son descargados directamente al cuerpo receptor (rio Huallaga), esto es de gran importancia puesto que en el agua como en el suelo, el contenido de aceites y grasas puede ocasionar un gran impacto; incrementando los niveles de  $DBO_5$ , nitratos y fosfatos en el agua (que posteriormente conllevaría a un proceso de eutrofización de las mismas), así como la disminución de la permeabilidad de los suelos (p. 80).

Según (Riccio) en la tesis “Remoción de aceites y grasas de aguas residuales de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por electrocoagulación, a nivel de laboratorio” (2010) Universidad Nacional de Trujillo. De los resultados obtenidos que se realizó la caracterización del agua residual de la Universidad Nacional del Centro del Perú la cual tiene elevada carga orgánica puesto de manifiesto en sólidos totales en 3 716 mg/L (p. x), logrando estabilizar por medio de un sistema de electrocoagulación, la disminución de los sólidos totales, que se encuentran

suspendidos en la solución, se debe también a que los iones desprendidos de los electrodos hacen que estos sólidos precipiten (p. 39).

Según (García) en la tesis “Evaluación técnica de la Planta de Tratamiento de aguas residuales -Quinta Brasilia” (2015) Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Las conclusiones obtenidas de esta investigación son: “La discontinuidad del servicio de la planta debido a su mal estado ha generado que las aguas no tratadas vayan directamente a la cuenca de río Guali, lo que está generando una grave afectación a la fuente hídrica y también a algunas familias de pescadores que trabajan en la cuenca” (p. 95).

Mejía y Pérez en el año 2016 presentaron la Tesis titulada “Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse - Apurímac”, en la cual indican que en la investigación realizada. “El valor de la DQO fue superior al de la DBO<sub>5</sub> puesto que muchas sustancias orgánicas se oxidaron químicamente pero no biológicamente. Es común utilizar como indicador de estabilidad la razón DQO/DBO<sub>5</sub>; en aguas residuales domésticas esta razón se encuentra entre 1,8 – 2,2” (p. 41).

Según (Espinoza) en la tesis “Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores” (2010) Universidad de Piura. En una de sus conclusiones: “Otra de las actividades de fundamental importancia para garantizar el eficiente funcionamiento de la planta, lo constituye la implementación de un programa de muestreo y análisis de laboratorio, por lo cual se recomienda efectuar un control de

la eficiencia de los procesos de tratamiento, tal como el señalado en los manuales de operación y mantenimiento de las PTARs” (p. 9-1).

En el artículo científico denominado “Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica, empleada para riego” presentado por Rojas, et al., en el año 2010 tuvo como objetivo la remoción de coliformes aquí señalan que la contaminación microbiana que reciben las aguas naturales está relacionada con la eficacia del tratamiento previo para remover materia orgánica, sólidos suspendidos y fósforo. El papel de los sólidos suspendidos se relaciona con la concentración de microorganismos entéricos, de ahí la importancia de realizar procesos de floculación, además el proceso químico más utilizado es la aplicación de cloro por su bajo costo. Sin embargo, este puede verse afectado por factores como: concentración de materia orgánica, concentración de cloro y tipo de microorganismos presentes reduciendo su efectividad (p. 147).

La tesis titulada “Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja” presentada por Beltrán y Campos en el año 2016, concluye que “Los parámetros de agua residual, que excedió los Límites Máximos Permisibles para descarga de efluentes provenientes de plantas de tratamiento, evaluadas a 60 DDT según el tiempo de retención Hidráulica de la PTAR fueron STS 400mg/L; CTT 95 x 103 NMP y DQO 202 mg/L” (p. 180). Debido a que los sólidos totales suspendidos, coliformes termotolerantes y demanda química de oxígeno exceden los LMP, se recomienda reacondicionar la planta de



tratamiento de aguas residuales de la EPS Municipal Mantaro –Jauja; para ello se debe implementar el sistema de rejillas de una pulgada para el tratamiento primario, implementar un sistema eficiente de evacuación, secado, tratamiento y disposición final de los lodos residuales” (p. 182).

Vargas, en el año 2010 presentó el informe de proyecto de graduación “Análisis de bacterias comunes en plantas de tratamiento de diferentes efluentes que son indicadores de alta eficiencia en remoción de contaminantes” , concluye que de las pruebas de DBO<sub>5</sub> y DQO, se puede concluir que debido a los altos valores registrados, hay una gran concurrencia de bacterias, lo cual implica la necesidad de oxígeno para poder estabilizar las poblaciones de microorganismos; por lo que es determinante mantener una adecuada aereación, de los diferentes tipos de agua residual que se trate, dado que esto ayuda a mantener la distribución de las bacterias a lo largo del área de los tanques y de esta manera se puede agilizar los procesos de eliminación de agentes contaminantes y para el caso de sistemas de tratamientos de aguas residuales con procesos anaerobios se debe incrementar los microorganismos que pueden sobrevivir con respiración anaerobia y favorezcan la eliminación de contaminantes de las aguas (pp. 106-107).

Quijada, en el año 2016 presentó la tesis titulada “Identificación y cuantificación de Coliformes totales y *Escherichia coli* en las zonas de amortiguamiento Las Delicias y Parachique en la Bahía de Sechura –Piura”, indica que la media de resultados obtenidos de coliformes totales y termotolerantes, indican que la zona más contaminada es Las Delicias, debido a que presenta el pico más alto de carga

bacteriana en todo el tiempo de muestreo, lo cual se puede deber a factores medioambientales como oleadas que arrastren agentes contaminantes que alteran los niveles bacterianos, no solo en agua sino en el organismo de los moluscos bivalvos, así como las variaciones de carga bacteriana que reporta el ITP en sus comunicados mensuales ([www.itp.gob.pe](http://www.itp.gob.pe)) o también por contaminación antropogénica (p. 18)

### **1.1.2. Bases teóricas**

#### **Contaminación de aguas**

La contaminación consiste en una modificación, generalmente, provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (La Carta Europea del Agua, 1968) (Gómez, 2011, p.2).

En nuestro proyecto de investigación consideramos que la contaminación del río La Encañada se debe a la descarga de aguas residuales que no vienen siendo tratadas de una manera eficiente; alterando la calidad del agua y poniendo en riesgo la salud de la población.

#### **Aguas residuales**

El hombre ha utilizado el agua no solo para su consumo, sino con el paso del tiempo, para su comodidad y confort, convirtiendo las aguas usadas en vehículo de desecho. De aquí surge la denominación de aguas residuales (Muñoz, 2008, p.87).

Según OEFA (2014) refiere “Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (p.2).

Es así la importancia de investigar acerca de las descargas de estas aguas hacia un cuerpo receptor que ponen en riesgo la salud de la población ya que estas aguas son utilizadas para el riego y bebida de animales; según la clasificación de los cuerpos de aguas continentales superficiales, en su Artículo 4 sobre la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados. En tanto, esta autoridad no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua a través del procedimiento de clasificación, se aplica la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de esta autoridad, conforme a lo previsto en la Tercera Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Es así que las aguas del río La Encañada es tributario de la Cuenca Criznejas que tiene Categoría III (Riego y bebida de animales).

Por esta razón es necesario que las disposiciones finales de las aguas residuales no alteren la calidad del cuerpo receptor, es necesario así mejorar la eficacia en su tratamiento para conocer si se está reduciendo la cantidad de carga contaminante en el proceso. Las aguas residuales deben cumplir con los Límites Máximos Permisibles según Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM antes de ser vertidos al cuerpo de agua.

La importancia de realizar este trabajo es determinar si el tratamiento que realiza la planta de tratamiento de aguas residuales de la Municipalidad de La Encañada es eficiente y logra remover los contaminantes presentes en dichas aguas; esto se logrará evaluando los parámetros físico químicos y biológicos y comparándolos con los Límites Máximos Permisibles (Véase la Tabla 2), según normativa en nuestro país.

Tabla 2

*Límites máximos permisibles para aguas residuales*

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5- 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto supremo N° 003-2010-MINAM

Se determinó la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTARs) que funciona en el distrito de La Encañada cuya finalidad es tratar dichas aguas provenientes de las viviendas de la población, para luego ser vertidas en el río La Encañada.

Somos conscientes que no podemos evitar la contaminación de las aguas de los ríos con las aguas residuales, pero de alguna manera podemos minimizar los riesgos a través del tratamiento eficaz y de un monitoreo permanente de los parámetros físico químicos y biológicos; que permitirá mejorar la calidad de las aguas de los ríos.

### **Características de las aguas residuales**

#### **DBO<sub>5</sub> (Demanda bioquímica de oxígeno).**

La cantidad de oxígeno (medido en mg/L) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por bacterias, bajo condiciones de una prueba estandarizada, en un tiempo de 5 días e incubada a 20°C. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales. Frecuentemente se refiere solo como DBO (Noyola, et al., 2013, p. 118). Como “la prueba DBO<sub>5</sub> es esencialmente un sistema microbiano de crecimiento, la mezcla de microorganismos utilizados debe contener los tipos capaces de metabolizar las sustancias presentes en la muestra de agua residual. La oxidación de los contaminantes en la muestra se efectúa usando un agente químico oxidante, los de uso más común son el permanganato ácido de potasio, el dicromato ácido y el oxígeno a altas temperaturas” (Comisión Nacional del agua, 2013, p.6).

### **DQO (Demanda química de oxígeno).**

La Cantidad de oxígeno (medido en mg/L) que es consumido en la oxidación de materia orgánica, ya sea biodegradable o no, bajo condiciones de una prueba estandarizada. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. La DQO siempre es mayor a la DBO<sub>5</sub>, ya que contempla la oxidación total de la materia orgánica, no sólo la degradable por microorganismos (Noyola, et al., 2013, p.118).

### **Temperatura**

La temperatura del agua ya sea en un cuerpo natural de agua, en las aguas residuales o en las PTARs es el potencial o grado calorífico que tiene un influencia notable en el comportamiento del metabolismo biológico, así mismo influye en las reacciones químicas y las velocidades de reacción; donde las variaciones de ésta a lo largo del tiempo, dependen de la época del año, no obstante en las aguas residuales que fluyen por el sistema de alcantarillado, puede ser mayores y sin mucha variación temporal, respecto a las aguas de los cuerpos de aguas superficiales (Ocola,2015, p.24).

Un parámetro que afecta a los procesos biológicos en forma considerable es la temperatura, debido a que todas las velocidades de reacciones enzimáticas involucradas en el metabolismo de las células de las bacterias dependen de la temperatura dentro de ciertos intervalos. A temperaturas bajas, la actividad se reduce y, por lo contrario, a temperaturas altas la actividad se incrementa, manteniendo temperaturas menores a los 40°C (Noyola, et al., 2013. p. 50).

### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH es un parámetro muy importante, cuya concentración inadecuada en las aguas residuales genera dificultades para el tratamiento mediante procesos biológicos; así mismo en el efluente de las PTARs, puede influenciar negativamente en la concentración del Ion hidrógeno en las aguas naturales, de allí la importancia de su evaluación (Ocola, 2015, p.25).

### **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Los sólidos suspendidos totales disueltos, están constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión o coloidal, que son retenidos en el elemento filtrante; por ende, los SST o el residuo no filtrable de una muestra de agua doméstica o industrial, se define como la porción de sólidos retenidos por un filtro de vidrio, que posteriormente se seca a 103 – 105 °C hasta obtener un peso constante (Ocola, 2015, 27). La separación de sólidos en el proceso de sedimentación primaria incrementa su eficiencia si se adicionan ciertos productos químicos como cal, alumbre, sales de fierro o polímeros, mismos que actúan como coagulantes e incrementan las eficiencias de remoción, no sólo de los sólidos sedimentables, sino también del fósforo y ciertos metales pesados (Ocola, 2015, p.28).

### **Aceites y Grasas (Ay G)**

Altas concentraciones de A y G en aguas residuales municipales constituyen problemas serios para las PTARs, ya que influyen negativamente en los procesos biológicos del sistema de tratamiento, reducen la reoxigenación a través de la



interface aire-agua, reduciendo la concentración de oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando finalmente la actividad fotosintética (Ocola, 2015, p.29).

### **Coliformes Termotolerantes (CF).**

Los coliformes termotolerantes (CF), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45°C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) y solo ocasionalmente forman parte de la microbiota normal. Por esto, algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes (Ocola, 2015, p.28). La cloración es el proceso de desinfección de aguas residuales más comúnmente usado, la cloración usada en desinfección tiene el objetivo de prevenir la proliferación de enfermedades, el control de crecimientos de algas y producción; la eficiencia de la cloración depende grandemente del pH y la temperatura del agua residual (Noyola, et al., 2013, p.14).

## **Tipos de aguas residuales**

### **Domésticas**

Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente (OEFA, 2014, p.3).

### **Industriales**

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras (OEFA, 2014,p.3).

### **Municipales**

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (OEFA, 2014, p.3).

### **Tratamiento de aguas residuales domésticas**

El propósito principal del tratamiento del agua residual es remover el material contaminante, orgánico e inorgánico, el cual puede estar en forma de partículas en suspensión y/o disueltas, con objeto de alcanzar una calidad de agua requerida por la normativa de descarga o por el tipo de reutilización a la que se destinará (Noyola, et al, 2013, p.7). El tratamiento de las aguas servidas, también constituye un factor importante en la protección de la salud pública y del medio ambiente, puesto que la

volcadura de aguas residuales sin tratamiento previo en un cuerpo receptor, es una fuente de contaminación (FONAM, 2010, p.15).

El objetivo en el tratamiento de aguas residuales de la planta La Encañada es causar un impacto muy importante y positivo para el componente biológico de la localidad de La Encañada y Polloc, que será la reducción de la carga orgánica que se vierta al cuerpo receptor en este caso al río La encañada, por ello nuestro interés en determinar la eficiencia a través de los análisis de parámetros establecidos, así como conocer los distintos procesos efectuados para lograr un óptimo tratamiento.

### **Procesos en el tratamiento de aguas residuales**

En un sistema de tratamiento de aguas residuales, la ley de la conservación de la materia hace que al retirar de alguna forma el material contaminante del agua residual, éste solo se transforme o transfiera. Por esta simple razón, siempre se producirán residuos, tales como los lodos, en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, acompañados por la generación de emisiones gaseosas las cantidades y calidad de estos residuos dependerán de las características del agua residual a tratar y evidentemente de la configuración del sistema de tratamiento (Noyola, et al., 2013, p.7). La planta de tratamiento de La Encañada tiene un área de 908.28 m<sup>2</sup> y un perímetro de 121.80 m.

### **Tratamiento Preliminar**

Noyola (2013) afirma: El tratamiento preliminar de un agua residual, se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas

auxiliares. Este tratamiento se realiza por medio de cribas o rejillas, desarenadores, flotadores o desgrasadores, en ciertas ocasiones se emplean trituradores para reducir el tamaño de ciertos desechos y reincorporarlos al tratamiento (p.12).

En la planta en estudio la cámara de rejas está diseñada para retener los sólidos flotantes que ingresan desde la red de desagüe, la cámara de rejas cuenta con un bypass, el cual es necesario en caso se colmaten las rejas. Asimismo, esta cámara lleva al final del tramo un vertedero rectangular el mismo que sirve para controlar el caudal de ingreso a las demás unidades hidráulicas con su bypass correspondiente, consta de 5 barras metálicas de ¼” separadas cada 1”.

### **Tratamiento Primario**

“En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio. Las cifras de remoción comúnmente alcanzadas en aguas residuales municipales son del 60% en sólidos suspendidos y de 30% en la demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), esta remoción generalmente se lleva a cabo por sedimentación y es considerada como la antesala para el tratamiento secundario” (Noyola, et al., 2013, p.12).

### **Tanque Imhoff**

El tanque imhoff, es una unidad de tratamiento primario que realiza una doble función, sirve como sedimentador y como digestor. Este tanque instalado en la planta de tratamiento de aguas residuales de La Encañada tendrá un área de sedimentación de 17.28 m<sup>2</sup> para un periodo de retención de 2 horas. “El tanque

Imhoff tiene una forma rectangular y se compone de una cámara de sedimentación, una cámara de digestión de lodos y el área de ventilación y acumulación de natas. De la forma del tanque se obtienen las ventajas de mejorar la sedimentación de los sólidos al no tener turbulencia por las burbujas de biogás generadas en la zona de digestión y de retener en forma más eficiente los lodos al no ser arrastrados por los flujos elevados que pueden presentarse en ciertas horas del día” (Noyola, et al., 2013, p.28). Estos tanques no cuentan con mecanismos que requieran mantenimiento, pero sí se debe tener un régimen de cuidados con respecto a las espumas y a los lodos. Los lodos son retirados periódicamente al lecho de secado, allí se filtrará el líquido restante y el sólido permanecerá para finalmente utilizarlo para mejoramiento de los suelos (Metcalf y Eddy, 1995, p.31).

La planta en estudio cuenta con un tanque Imhoff de dimensiones útiles de 3.60 m x 4.80 m y profundidad  $h= 4.60$  m. con un volumen de digestión de  $80 \text{ m}^3$  aproximadamente.

### **Tratamiento secundario**

La materia orgánica biodegradable en un proceso aerobio, sirve como nutriente en una población bacteriana proporcionando oxígeno y condiciones controladas. La materia orgánica será oxidada en este proceso, y a la vez se manifestarán bacterias que acompañarán el proceso para disminuir los contaminantes según la última edición del Reglamento Nacional de Edificaciones, un tratamiento secundario incluye procesos biológicos con una eficiencia de remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) soluble mayor a 80%. (Metcalf y Eddy, 1995,

p.26). “La velocidad de las reacciones biológicas depende de manera importante de la temperatura, este factor es por lo tanto de mucha importancia para valorar la eficacia de un tratamiento biológico. La temperatura no sólo influye en el metabolismo de las células sino también en otros factores tales como en la velocidad de transferencia de gases, características de sedimentación” (Comisión Nacional del agua, 2013, p.12). Los factores que controlan el medio en que se da las reacciones biológicas es “La temperatura, el pH, la existencia de cantidad suficiente de nutrientes y la presencia de productos tóxicos que pudieran inhibir el proceso. El control de las condiciones ambientales asegura que los microorganismos tengan el medio indicado donde poderse desarrollar” (Comisión Nacional del agua, 2013, p.10).

### **Filtro biológico o percolador**

El filtro percolador actual consiste en un lecho constituido por un medio permeable, donde los microorganismos se adhieren y a través del cual percola el agua residual (Metcalf y Eddy, 1995). “El medio filtrante puede estar compuesto por piedras o diferentes materiales plásticos. Es muy usado el filtro de piedra el cual tiene forma circular y reparte el agua residual mediante el distribuidor rotatorio” (Arce, 2013, p.16).

Las dimensiones útiles de este filtro biológico son de 9.80 m x 12.90 m este filtro biológico contará con un lecho filtrante conformado por grava de dimensiones entre 1/8” a 2 1/2” y una altura de grava de 3.35 m.

Uno de los factores que más afecta la eficiencia de los filtros es la temperatura ambiente, ya que a bajas temperaturas se reduce considerablemente la actividad biológica en el proceso. Por esto, su diseño se efectúa para las condiciones críticas de temperatura de invierno. “En filtros rociadores ha sido observada una eficiencia muy baja en la remoción de virus. Ya que los que son absorbidos en la película fija al medio filtrante no llegan a ser inactivados y, por lo tanto, se reintroducen a las aguas residuales por desprendimiento natural del medio fijo” (Comisión Nacional del agua, 2013, p.225).

La planta de tratamiento en estudio utiliza materiales propios de la región tales como arenas y material pétreo (gravillas, grava, piedras), entre otros.

### **Sedimentador Secundario**

Las transformaciones biológicas y químicas, que ocurren en dichos reactores, por lo general se concretan en la formación de un flóculo biológico o flóculo químico, que se separa del medio líquido generalmente en un sedimentador.

Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales son separados de la corriente de agua tratada, normalmente por sedimentación (Noyola, et al., 2013, p.13).

### **Tratamiento y disposición del lodo**

La generación de lodo en cualquier tipo de tratamiento es inevitable y es un factor muy importante que debe ser considerado para una buena elección del proceso de tratamiento (Noyola, et al., 2013, p.14).

Los lodos acumulados en el tanque inhoff, descargarán hacia un lecho de secado que tendrá un área de 12.16 m<sup>2</sup> y de dimensiones útiles de 7.60 m x 1.60 m.

Esta estructura cuenta con un sistema de distribución de lodos compuesta por tuberías y pantallas de distribución de lodos. Este lecho de secado está conformado por un conjunto de capas de arena y grava donde distribuirán los lodos y se secarán paulatinamente.

La utilización de lechos de secado tiene el inconveniente de producir en ocasiones malos olores y de requerir un área extensa para su localización; sin embargo, debido a la sencillez de su operación, se utiliza con frecuencia en plantas de tratamiento de pequeños caudales (Noyola, et al., 2013, p.48).

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Es eficiente el tratamiento de aguas residuales de planta La Encañada del periodo abril – Agosto del 2018?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta La Encañada del periodo abril – Agosto del 2018.



### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar el pH, temperatura y la concentración de aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes en el efluente de la planta La Encañada del periodo abril - agosto del 2018.

Comparar con los resultados fisicoquímicos y biológicos del efluente con de los límites máximos permisibles para aguas residuales según Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Se determinó que el tratamiento de aguas residuales de la planta de La Encañada del periodo abril – agosto del 2018 no es eficiente, pues no existe remoción en ciertos parámetros sobrepasando los Límites Máximos Permisibles (LMP).

### **1.4.2. Hipótesis específica**

El afluente que se descarga a la planta de tratamiento de aguas residuales de La Encañada durante el periodo abril – agosto del 2018 presenta alta carga microbiana, y alta contaminación fisicoquímica.

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales sobrepasan los Límites Máximos Permisibles para aguas residuales establecidos en el Decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

Según su profundidad es de tipo descriptiva al estudiar variables dependientes como la calidad de las aguas, además de tipo experimental ya que se manipula variables fisicoquímicas y biológicas que nos permitan determinar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales.

#### **Población**

La Población de la presente Investigación es el agua residual que se descarga a la planta de tratamiento de La Encañada.

#### **Muestra**

La muestra de esta investigación es el agua residual que se obtiene mensualmente siguiendo el Protocolo de muestreo establecidos por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, analizadas en un Laboratorio certificado para ser comparados con los Límites Máximos Permisibles de los efluentes de aguas residuales domésticas o Municipales según Decreto Supremo N°003-2010-MINAM.

### **2.2. Materiales, instrumentos y métodos**

#### **Materiales**

- Fichas de registro de campo
- Cadena de custodia
- Cinta adhesiva
- Plumón indeleble
- Recipiente limpio y apropiado para muestra de Temperatura.

- Frascos debidamente etiquetados
- Caja térmica
- Hielo u otro refrigerante
- Preservantes químicos para emplearse en el campo para la preservación de las muestras para la determinación de DQO, aceites y grasas, etc.
- Cronómetro
- Reloj
- Balde para muestra de caudal

### **Equipos**

- GPS para la identificación de los puntos de monitoreo
- Termómetro para registro de temperatura
- Cámara fotográfica

### **Indumentaria de protección**

- Botas de jebe
- Guantes de látex descartables

### **Métodos**

De los parámetros establecidos según la normativa vigente para los Límites Máximos Permisibles analizados en el Laboratorio Regional del Agua se utilizó los siguientes métodos:

- pH: Valor de pH: Método electrométrico.
- sólidos suspendidos totales (SST): Sólidos suspendidos totales Secados a 103 – 105 °C.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

- Demanda Química de oxígeno (DQO): Reflujo cerrado, método colorimétrico
- Grasa y aceites (A y G): Método EPA 1664 Rev. B. 2010: Material extraíble con n-hexano (HEM; Aceite y grasa I y gel de sílice Material extraíble con n-hexano tratado (SGT-HEM; Material nompolar) por extracción y gravimetría.
- Coliformes Termotolerantes: Técnica de fermentación de tubos múltiples para miembros del Grupo Coliform. Procedimiento de coliformes fecales.
- Para la medición de caudal: Método volumétrico.

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

#### **Técnicas:**

- Análisis de datos, se procedió a analizar si los datos obtenidos de la muestra del Laboratorio Regional del Agua sobre la caracterización del afluente y efluente de las aguas residuales estaban dentro de los rangos permitidos por los Límites Máximos Permisibles (LMP).
- Análisis Bibliográfico, se usó para la recopilación de información teórica en la elaboración del marco teórico.

#### **Instrumentos:**

- Índice de datos, se estructuraron los datos de la muestra del Laboratorio Regional del agua en cuadros en una forma entendible e interpretable.
- Fichas Bibliográficas, uso del instrumento de las fichas para recopilar información teórica.

## **2.4. Procedimiento**

### **Puntos de monitoreo**

Los puntos de monitoreo serán dos: en el afluente (entrada) a la planta de tratamiento de aguas residuales y en el efluente (salida) de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Los puntos de monitoreo permiten que la muestra sea representativa, están ubicadas donde existe una mejor mezcla y cerca al punto de aforo; son de acceso fácil y seguro.

Los parámetros sujetos al monitoreo de los efluentes de la PTAR son los indicados en el D.S. N° 003-2010-MINAM para los cuales se fija los Límites Máximos Permisibles.

Estos parámetros se monitorearán en el agua residual cruda (afluente) y en el agua residual tratada (efluente), tomando en todos los casos muestras simples.

### **Frecuencia de monitoreo**

En la presente investigación se realizó muestreo de parámetros una vez al mes durante el periodo abril - agosto del 2018, para determinar cambios durante época de estiaje y lluvias.

### **Trabajo de Campo**

El trabajo de campo se inicia con la preparación de materiales (incluido material de Laboratorio), equipos e indumentaria de protección. Asimismo, se deberá contar con las facilidades de transporte para el desarrollo del trabajo de campo.

### **Medición de caudal**

Las PTARs deben contar obligatoriamente con un dispositivo de medición de caudales de sus afluentes y efluentes según lo señalado en la Norma Técnica OS.090, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, y el artículo 136 del D.S. N° 001-2010-AG,

respectivamente. Para afluentes de las PTARs solo está permitida la medición mediante medidores de régimen crítico. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento).

La planta de tratamiento de aguas residuales de La Encañada es una planta con un caudal menor a 500 L/s por lo que se podrá usar métodos de medición indirectos como el Método de Sección – Velocidad, método volumétrico. En la presente investigación utilizaremos el método volumétrico por ser de mayor alcance para los muestreadores.

### **Método volumétrico**

Este método se utiliza para la medición de caudal en una tubería donde se permita coleccionar el caudal por descarga libre, en la cual se puede interponer un recipiente.

### **Medición del tiempo: T (s)**

- Se requiere de un recipiente de 10 a 20 litros con graduaciones de 1 litro para recolectar el agua
- Un cronómetro
- Se mide el tiempo que demora el llenado de un determinado volumen de agua

### **Medición del volumen: V (L)**

Determinar el volumen del recipiente

### **Medición del Caudal: Q (L/s)**

El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

$$Q = V/T$$

Donde:

$$Q = \text{caudal en L/s}$$

V = volumen en litros

T = Tiempo en segundos

## **Medición de la Carga Contaminante y Eficiencia**

### **Carga contaminante o carga másica**

Medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente se expresa en T/año, T/día o Kg/d. La etapa inicial para esta medición comprenderá la identificación de las principales fuentes puntuales de contaminación, localizadas en el determinado lugar de estudio.

### **Cálculo de la carga contaminante**

Se calcula los parámetros importantes como la Demanda Química de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se utilizó la siguiente fórmula (Gálvez, 2013, p.34):

$$CC = [Q] * Concentracion = \frac{kg}{dia}$$

*Ecuación 1 Cálculo de la carga contaminante*

Donde:

CC: Carga Contaminante

[Q] = Caudal

Concentración = Concentración del elemento

### **Cálculo de la eficiencia**

Para conocer la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta de La Encañada se utilizó la siguiente fórmula (Gálvez, 2013, p.35):

$$Eficiencia = \left( \frac{Carga\ Contaminante\ de\ salida}{arga\ contaminante\ de\ entrada} * 100 \right) - 100$$

### *Ecuación 2 Cálculo de la eficiencia*

#### **Cuidados y acondicionamiento de la muestra**

- Se debe tomar la muestra a un tercio del tirante de la superficie, evitando tomar las muestras cerca de la superficie o del fondo.
- En la toma de muestras se debe evitar partículas grandes, sedimentos y/o material flotante que se haya acumulado en el punto de muestreo.

#### **Medición de parámetro en campo y registro de información**

El parámetro de campo es la temperatura, además de la medición y registro de caudal. A fin de obtener la confiabilidad de los datos se requiere:

- El Termómetro tiene que estar en buenas condiciones de uso. Debe realizarse la verificación del equipo antes del inicio del trabajo de campo y calibrar el equipo, de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.
- Las mediciones no deben ser realizadas directamente en el flujo de aguas residuales, se debe tomar una muestra simple en un recipiente apropiado y limpio. La determinación de la temperatura debe realizarse en forma inmediata a la toma de muestra.
- Realizar la medición y registro del caudal del afluente y efluente durante el período de muestreo.
- La información recabada de la medición del parámetro de campo, así como el caudal del afluente y efluente se debe ingresar en el formato de Registro de Datos de Campo.

#### **Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado, rotulado y transporte**

- La toma de muestras simples de agua residual debe ser realizada por laboratorios acreditados ante el INACAL. Las muestras serán recolectadas y preservadas teniendo



en cuenta cada uno de los parámetros considerados, en este caso seguir las instrucciones generales de preservación, embalaje y transporte de las muestras, mostradas en la Tabla 3.

- Se recomienda etiquetar o rotular los frascos preferentemente antes de la toma de muestras de agua.
- El personal responsable deberá colocarse los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua residual; es importante los cuidados en el manejo de los reactivos de preservación por tratarse de sustancias peligrosas.
- En todo momento evitar tomar la muestra tomando el frasco por la boca.

#### **Toma de muestras de agua residual**

- Las características de los recipientes, volumen requerido (dependerá del laboratorio) y tipo de reactivo para preservación de la muestra se contemplan en la Tabla 3. Se recomienda utilizar frascos de plástico o vidrio de boca ancha con cierre hermético y limpio. El tipo de frasco dependerá del parámetro a analizar.
- Se debe preparar los frascos a utilizar en el muestreo, de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.

#### **Preservación de muestras**

- Una vez tomada la muestra, se deberá incorporar, en caso de que el parámetro lo requiera, el reactivo de preservación que se agregaría preferentemente in-situ después de la toma de la muestra de agua.

### **Etiquetado y rotulado de las muestras de agua**

Los frascos deben ser etiquetados y rotulados, con letra clara y legible de preferencia debe usarse plumón de tinta indeleble conteniendo la siguiente información:

- Nombre del punto de monitoreo.
- Número de muestra (referido al orden de toma de muestra).
- Fecha y hora de la toma de muestra.
- Preservación realizada, tipo de reactivo de preservación utilizado.

### **Llenado del formato de Cadena de Custodia**

Llenar el formato de cadena de custodia indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua (agua residual cruda, agua residual tratada), volumen, número de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador del muestreo y otra información relevante.

### **Conservación y Transporte de las Muestras**

Las muestras de agua residual recolectadas, preservadas y rotuladas, deben colocarse en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante (ice pack), para cumplir con la recomendación de temperatura indicada en la Tabla 3. En el caso de utilizar hielo, colocar éste en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua.

El envío de muestras perecibles (Coliformes, DBO<sub>5</sub> y otros) al laboratorio para su análisis, debe cumplir con el tiempo establecido en las recomendaciones para la preservación y conservación y éstas deben ir acompañadas de su respectiva cadena de custodia.

Transportar las muestras hasta el laboratorio, adjuntando el formato de cadena de custodia

Tabla 3

*Toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo*

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico		mínimo de		
Microbiológicos		muestra		
Temperatura	P,V	1000 ml	No es posible	15 min
pH		50 ml	No es posible	15 min
DBO <sub>5</sub>	P,V	1000 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
			Analizar lo más pronto	
DQO	P,V	100 ml	posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	28 días
			hasta pH<2; refrigerar a 4°C	
Aceites y Grasas	V, ambar boca ancha calibrado	1000 ml	Agregar HCL hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Microbiológicos				
Sólidos suspendidos				
Totales (SST)	P,V	100 ml	Refrigerar a 4°C	7 días
Coliformes	V,		Refrigerar a 4°C	
Termotolerantes (NMP)	Esterilizado	250 ml	Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Fuente: Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

**Leyenda:**

- pH = potencial de Hidrogeno
- DBO<sub>5</sub> = Demanda Bioquímica de Oxígeno
- DQO = Demanda Química de Oxígeno
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = El ácido sulfúrico

V, ambar = Vidrio, ambar

HCL = Cloruro De Hidrógeno

P.V = Plastico vidrio

V = Vidrio

NMP = Número Más Probable

SST = Sólidos suspendidos Totales

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

### **3.1 Descripción del área de estudio**

#### **Ubicación**

El Distrito de La Encañada se encuentra a 556 km de la ciudad de Lima. Se recorre la carretera asfaltada Lima- Cajamarca. De allí se toma la carretera a la ciudad de los Baños del Inca. Desde la ciudad de Cajamarca se encuentra a una distancia de 32 km de vía asfaltada hasta La Encañada; de allí se recorre 5.4 km hasta el Centro Poblado de Polloc; lugar donde se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales.

La localidad de La Encañada es la capital del distrito de La Encañada y la localidad de Rosario de Polloc es un centro poblado cercano a la localidad de La Encañada en la cual se construyó la planta de aguas residuales, ubicado en la zona norte de la provincia de Cajamarca en la región de Cajamarca a una altitud de 3107 msnm altitud tomada en la plaza de armas de la localidad de La Encañada. Las localidades se encuentran ubicadas en la región quechua. La localidad tiene las siguientes coordenadas UTM: N= 9216018, E=793543 y N= 9212402, E= 795358. En el Anexo 5 se encuentra la ubicación del área de estudio.

#### **Características climáticas**

El distrito de La Encañada se encuentra en la región natural quechua. Su clima varía entre templado y moderadamente frío. Con una temperatura promedio que va entre los 13°C y los 15°C. Las temperaturas promedio mínimas y máximas no varían mucho durante el año. Las temperaturas absolutas mínimas varían más durante el año. Las épocas de lluvia en el área de influencia del proyecto se concentran principalmente de diciembre a marzo.

Mientras que en abril a junio se producen precipitaciones moderadas. Estas precipitaciones pueden presentar variaciones interanuales abarcando la estación seca en los meses de julio a octubre.

### **Planta de tratamiento de aguas residuales**

La planta de tratamiento de aguas residuales está ubicada en el Centro poblado de Polloc del distrito de La Encañada pues debido a la disposición del área de terreno se construyó en ese lugar; los beneficiarios de este servicio de saneamiento alcanzan un total de 755 viviendas; cuya población mejora su calidad de vida, debido a esta iniciativa por parte de las autoridades responsables. Consta de pre tratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario como se detalla en el (anexo 11).

El servicio de agua potable y alcantarillado de las localidades de La Encañada y Polloc se encuentra a cargo de una organización comunal, la cual forma parte de la municipalidad distrital de La Encañada la cual administra actualmente la planta de tratamiento.

### **Resultados de Laboratorio**

A continuación, se muestran los resultados de los análisis de laboratorio de los parámetros físicos químicos y biológicos de muestra de agua residual, durante los meses de abril hasta agosto del año 2018; es importante mencionar que los análisis se realizaron durante la época de estiaje e inicio de la época de lluvia.

Analizando los resultados obtenidos en el laboratorio, se ha creído por conveniente trabajar estadísticamente los datos por separado, considerando una muestra antes del ingreso a la planta de tratamiento (afluente) y otra muestra después de pasar por el tratamiento de la planta (efluente).

En la Tabla 4, 5, 6 y 7 se presenta los valores de los reportes mensuales de laboratorio, además de algunos parámetros tomados en campo (temperatura y caudal) correspondiente a los análisis de muestras en el P1 (afluente) y P2 (efluente) para los parámetros de los Límites Máximos Permisibles (LMP). Estos reportes mensuales se encuentran en el Anexo 2 de la presente investigación.



Tabla 4

*Resultados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las muestras obtenidas durante los meses de muestreo tanto en el afluente como en el efluente*

PARÁMETRO	UNIDAD	FECHA Y MES DE MUESTREO									
		26/04/2018		28/05/2018		22/06/2018		25/07/2018		23/08/2018	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Temperatura	°C	10	10	7	8	8	8	10	10	10	9
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	7.32	7.06	7.64	7.8	7.76	7.46	7.69	7.78	7.71	7.79
Demanda Biológica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	105.8	85.6	20	23	24.8	116	56.2	20.9	14.2	13.2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	773.9	603.9	45.9	60.4	62.7	238.4	82.1	60.7	45.1	48.2

PARÁMETRO	UNIDAD	FECHA Y MES DE MUESTREO									
		26/04/2018		28/05/2018		22/06/2018		25/07/2018		23/08/2018	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	69	39	19.5	23	50	850	87	17.5	16.1	13.8
Grasas y aceites	mg/L	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	5.7	13	19.5	2.9	<LCM	5.6
Conductividad 25°C	a uS/cm	7.23	885.5	480	574	469.5	592.5	594.5	480	518.5	572
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	35x10 <sup>5</sup>	22x10 <sup>5</sup>	35x10 <sup>5</sup>	24x10 <sup>5</sup>	24x10 <sup>5</sup>	16x10 <sup>5</sup>	54x10 <sup>5</sup>	92x10 <sup>5</sup>	54x10 <sup>5</sup>	92x10 <sup>4</sup>

#### Leyenda

LCM = Límites de Concentración Máxima

P1 = Afluente

P2 = Efluente

Tabla 5

*Resultados de la medición del caudal de las muestras de agua residual obtenidas para el afluente y el efluente durante los meses de muestreo*

Mes de muestreo	Caudal del afluente L/s	Caudal del efluente L/s
Abril	6.6	5.03
Mayo	4.6	4.25
Junio	4.5	2.9
Julio	2.65	2.6
Agosto	2.05	2.5

Tabla 6

*Resultados de la carga contaminante de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) durante los meses de muestreo tanto para el afluente y efluente*

Mes de muestreo	Carga Contaminante de DBO <sub>5</sub> Entrada kg/día	Carga Contaminante de DBO <sub>5</sub> salida kg/día
Abril	60.33	37.2
Mayo	7.94	8.44
Junio	9.64	29.06
Julio	12.87	4.69
Agosto	2.51	2.85

Tabla 7

*Resultados de la carga contaminante de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) durante los meses de muestreo tanto para el afluente y efluente*

Mes de muestreo	Carga Contaminante de DQO Entrada kg/día	Carga Contaminante de DQO salida kg/día
Abril	441.31	262.45
Mayo	18.24	22.17
Junio	24.37	59.73
Julio	18.79	13.63
Agosto	7.99	10.41

Tabla 8

*Resultados de la Eficiencia de la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos durante los meses de muestreo*

Mes de muestreo	Eficiencia del DBO <sub>5</sub> (%)	Eficiencia del DQO (%)
Abril	38.34	40.52
Mayo	- 6.29	-21.55
Junio	-201.45	-145.09
Julio	63.56	27.46
Agosto	- 13.54	-30.28

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Parámetros físico químicos y biológicos

##### Aceites y Grasas (A y G)

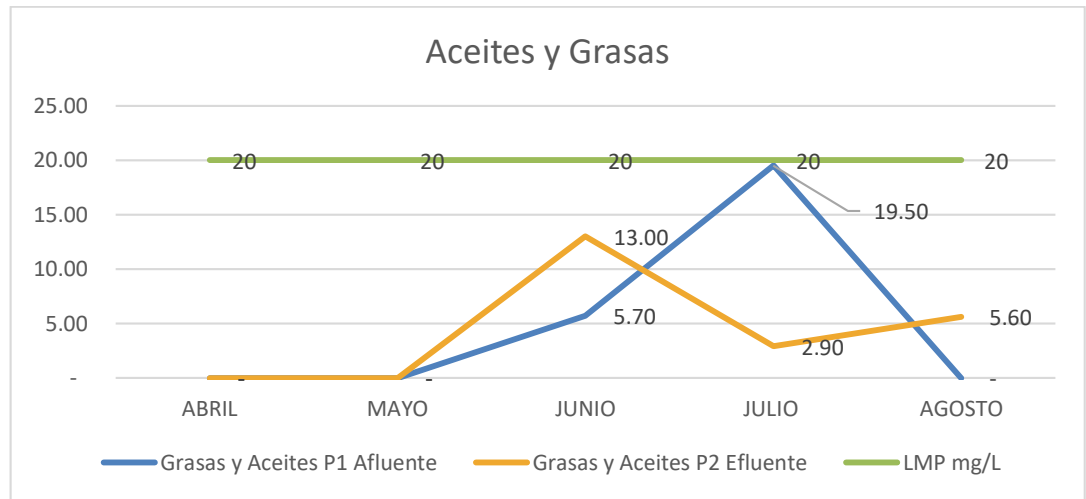


Figura 1. Valores de Aceites y Grasas (A y G)

Los valores obtenidos para aceites y grasas se pueden observar en la figura 1, donde dichos valores durante el mes de abril tanto para el afluente como para el efluente son menores al límite máximo cuantificable (LMC); durante el mes de julio el afluente tiene un valor de 19.5 mg/L, en el efluente tiene un valor de 2.9 mg/L, es decir baja dicha concentración después de recibir el tratamiento; generalmente todos los valores mostrados en la figura 1 se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido en el DS N° 003-2010–MINAM. Se debe tener en cuenta que esta remoción de aceites y grasas “Es de gran importancia ya tanto en el agua como en el suelo, el contenido de aceites y grasas puede ocasionar un gran impacto; incrementando los niveles de DBO<sub>5</sub>, nitratos y fosfatos en el

agua (que posteriormente conllevaría a un proceso de eutrofización de las mismas), así como la disminución de la permeabilidad de los suelos” (Ortega, 2018, p.80).

### Coliformes Termotolerantes

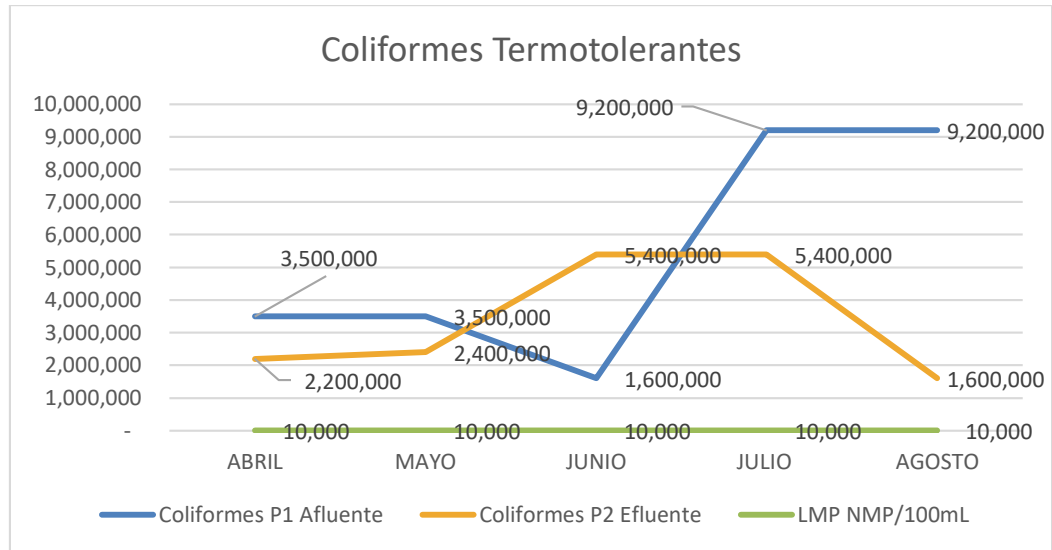


Figura 2. Valores de Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)

Los valores para Coliformes Termotolerantes en las muestras del efluente, presentan altas concentraciones sobrepasando al Límite Máximo Permisible (Figura 2). “El hecho de que se registren altas concentraciones de coliformes durante el estudio, hacen presumir que las lagunas no se han estabilizado en cuanto a la remoción de microorganismos patógenos y/o que existen problemas operacionales” (Guillermo, 2011, p.74). También se debe tener en cuenta que en nuestro recorrido a la PTARs se encontró una tapa de buzón manipulada (abierta) donde pudo darse la contaminación después del tratamiento realizado. Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales, por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

(Guillermo, 2011, p.19), el incremento de coliformes podría estar relacionados “A factores medioambientales como oleadas que arrastren agentes contaminantes que alteran los niveles bacterianos o también por contaminación antropogénica” (Quijada, 2016, p.18). Como se observa en la figura 2, con el tratamiento que realiza la PTARs no se logra la remoción de este parámetro, se recomendaría un tratamiento de desinfección. “El proceso químico más utilizado es la aplicación de cloro por su bajo costo. Sin embargo, este puede verse afectado por factores como: Concentración de materia orgánica, concentración de cloro y tipo de microorganismos presentes reduciendo su efectividad” (Rojas et al., 2010, p.147).

### Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

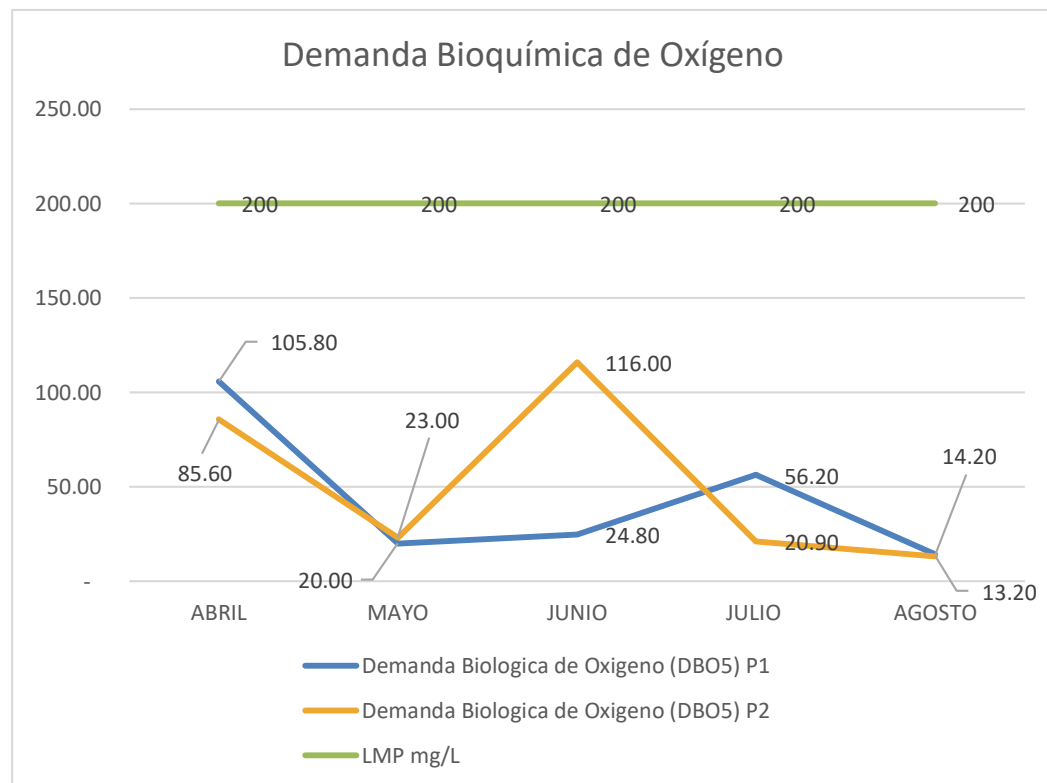


Figura 3. Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

Los valores para el efluente sobre la Demanda Bioquímica de Oxígeno durante los meses de muestreo como se muestra en la figura 3, no supera los Límites Máximos Permisibles, para la degradación biológica de materia orgánica según las reglamentaciones, se fijan valores de  $DBO_5$  máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua, de acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo. (Cenagua, 1980, p.23). Los factores a tener en cuenta son aquellos que controlan el medio en que se da el fenómeno tales como la temperatura, el pH, la existencia de cantidad suficiente de nutrientes y la presencia de productos tóxicos que pudieran inhibir el proceso. Los controles de las condiciones ambientales aseguran que los microorganismos tengan el medio indicado donde poderse desarrollar (Comisión Nacional del agua). Se observa en la Figura 3 que en el mes de mayo se incrementa en 3 mg/L la  $DBO_5$  del efluente y en el mes de junio la  $DBO_5$  del efluente es mayor que la del afluente, se considera que pudo haber fallado el tratamiento primario y secundario para la remoción de materia orgánica, además la influencia de la baja temperatura que condicionada a la remoción de este parámetro.



### Demanda Química de Oxígeno (DQO)

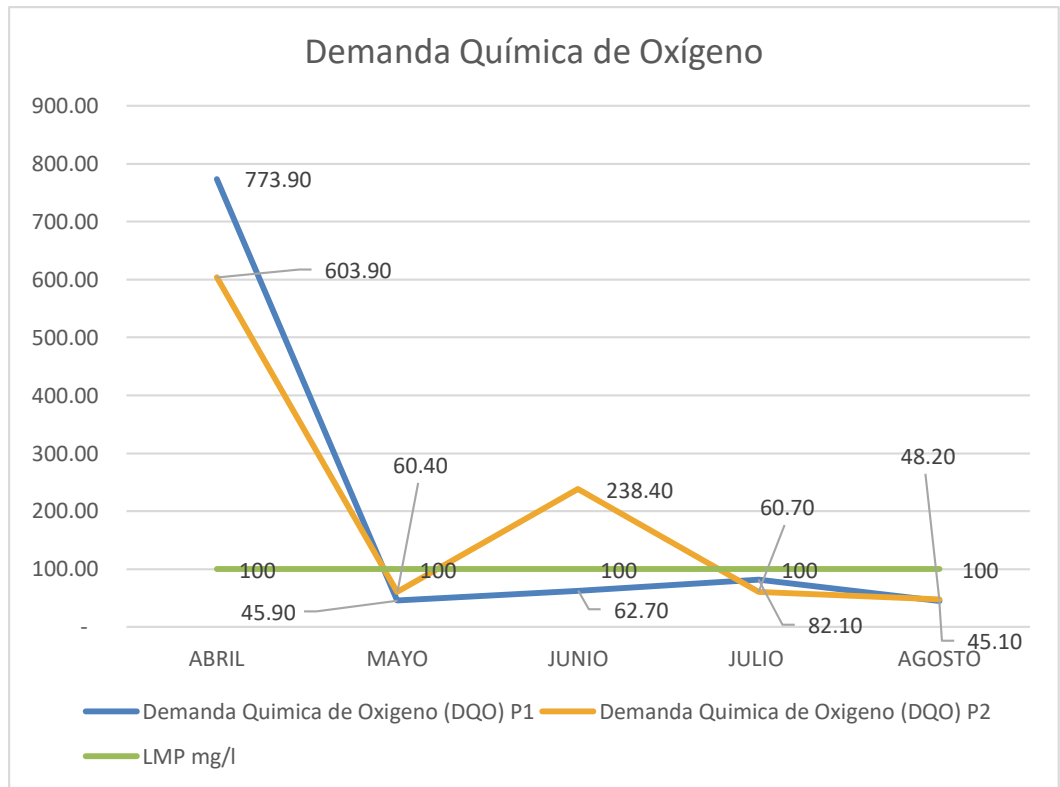


Figura 4. Valores de Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

Los valores obtenidos en el ensayo para la Demanda Química de Oxígeno, muestra un elevado incremento con respecto al Límite Máximo Permissible durante el mes de abril para el efluente (Figura 4). Además, en el mes de mayo el efluente aumenta 14.5 mg/L respecto al afluente, en el mes de junio aumenta 175.7 mg/L y en el mes de agosto un 3.1 mg/L. El valor de la DQO fue superior al de la DBO<sub>5</sub> como se muestra en (Figura 3) y (Figura 4) ya que muchas sustancias orgánicas se oxidaron químicamente pero no biológicamente. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO<sub>5</sub>, siendo esto debido al mayor de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se

oxidan por vía biológica. (Cenagua, 1980, p.26). Pérez & Mejía (2016) en su trabajo de investigación indica que, “El valor de la DQO fue superior al de la DBO puesto que muchas sustancias orgánicas se oxidaron químicamente pero no biológicamente. Es común utilizar como indicador de estabilidad la razón  $DQO/DBO_5$ ; en aguas residuales domésticas esta razón se encuentra entre 1,8 – 2,2. En nuestro caso, tuvo un valor de 3.9 el cual es superior al rango promedio del indicador de estabilidad entre estos dos parámetros” (p. 41). Rodríguez (2015) indica que en su trabajo de investigación que el valor obtenido de la relación  $DQO/DBO_5$  aportó un valor de 2.41 lo que evidencia un vertido eminentemente orgánico y biodegradable (p. 46), la relación  $DQO/DBO_5$  es un indicador de que tan biodegradable es el agua residual doméstica, presenta relaciones cercanas a 2:1; en la medida que la relación vaya creciendo es indicativo que la materia oxidable presente es menos apta para ser consumida por los microorganismos. (Hernández, 1992, p.34). Vargas (2010) de las pruebas de  $DBO_5$  y DQO, se puede concluir que debido a los altos valores registrados, hay una gran concurrencia de bacterias; lo cual implica la necesidad de oxígeno para poder estabilizar las poblaciones de microorganismos; por lo que es determinante mantener una adecuada aereación, de los diferentes tipos de agua residual que se trate, dado que esto ayuda a mantener la distribución de bacterias a lo largo del área de los tanques y de esta manera se puede agilizar los procesos de eliminación de agentes contaminantes y, para el caso de sistemas de tratamientos de aguas residuales con procesos anaerobios, se debe incrementar los microorganismos que pueden sobrevivir con respiración anaerobia y favorezcan la eliminación de contaminantes de las aguas (pp. 106-107).

### Potencial de Hidrógeno (pH)

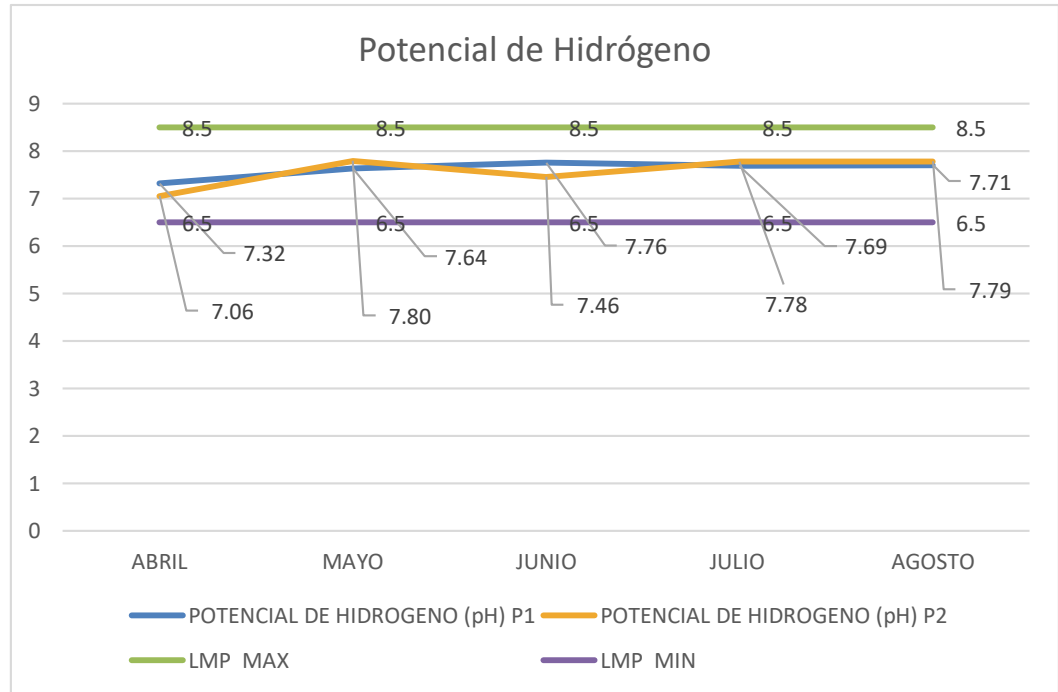


Figura 5. Valores de potencial de Hidrógeno (pH)

Se muestran en la figura 5 los valores obtenidos para pH a 25°C, donde se puede observar que las muestras extraídas de las aguas residuales de La Encañada están dentro del Límite Máximo Permisible establecido en el DS N° 003-2010–MINAM. Un efluente con pH adverso puede alterar la composición y modificar la vida biológica de las aguas naturales. También es más difícil de tratar por métodos biológicos, que sólo pueden realizarse entre valores de pH de 6.5 a 8.5. Las aguas residuales urbanas suelen tener un pH próximo al neutro (Espigares et al., 1985). En la planta de tratamiento en estudio se estabiliza el pH agregando cal que podría ser perjudicial para los suelos agrícolas de la zona.

### Sólidos Suspendedos Totales (SST)

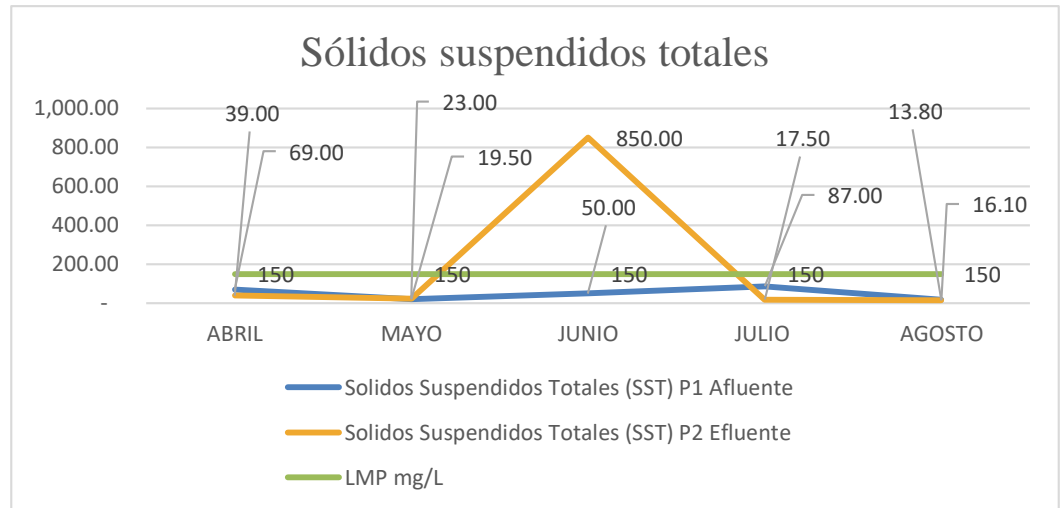


Figura 6. Valores de sólidos en suspensión (mg/L)

El valor que arrojó el ensayo para sólidos en suspensión, muestra que en el mes de junio se sobrepasó el Límite Máximo Permissible en el efluente (Figura 6) con un incremento de 800 mg/L. Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales, y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertido (DIGESA); es posible que durante este mes se haya suscitado un acontecimiento respecto a precipitaciones acarreado sólidos en suspensión, tengamos en cuenta que el buzón abierto que encontramos (Anexo 11) lo hizo alguien que quiso quitar las malezas que congestionaban la afluencia del agua residual. Riccio (2010) realiza un estudio de tesis en la cual obtiene como resultado en la caracterización del agua residual de la Universidad Nacional del Centro del Perú la cual tiene elevada carga orgánica en sólidos totales en 3 716 mg/L (p. x), logrando estabilizar por medio de un sistema de electrocoagulación, la

disminución de los sólidos totales, que se encuentran suspendidos en la solución, se debe también a que los iones desprendidos de los electrodos hacen que estos sólidos precipiten (p. 39), además Beltrán y Campos (2016) concluye que los parámetros de agua residual analizadas excedió los Límites Máximos Permisibles para descarga de efluentes provenientes de plantas de tratamiento, evaluadas según el tiempo de retención Hidráulica de la PTARs fueron STS 400mg/L (p. 180), para ello recomienda implementar el sistema de rejillas de una pulgada para el tratamiento primario; implementar un sistema eficiente de evacuación, secado, tratamiento y disposición final de los lodos residuales (p. 182).

### Temperatura (°C)

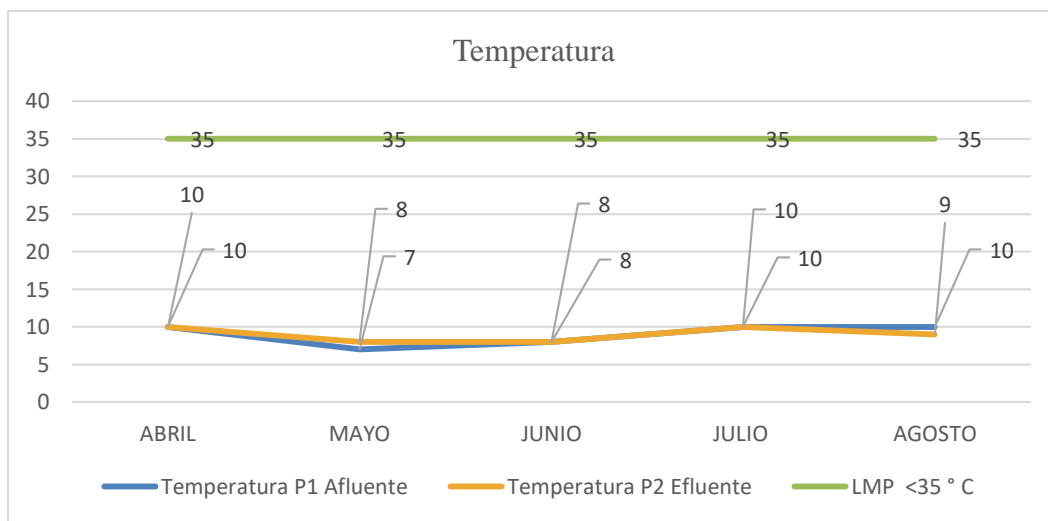


Figura 7. Temperatura (°C) de la muestra de agua residual

La temperatura de las muestras analizadas están por debajo del límite Máximo Permisible (Figura 7), La temperatura del agua residual suele ser más elevada que el del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales (Guillermo, 2011, p.20), en La Encañada la temperatura del agua de suministro a horas muy tempranas (horas que se tomó el muestreo)

es baja además la población no cuenta con un servicio de agua caliente por lo que la temperatura es relativamente baja. La temperatura es un factor importante en la degradación biológica de desechos orgánicos, además la temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C (Cenagua, 1980, p.42), de los resultados de los análisis se tiene un promedio de temperatura de 9 °C por esta razón no se está logrando de una manera eficiente el tratamiento adecuado del componente microbiológico además de la falta de remoción de materia orgánica en el tratamiento primario. Las condiciones climáticas de La Encañada, lugar donde se encuentra la planta de tratamiento influye de una manera determinante en la eficiencia del tratamiento biológico que realiza el filtro percolador.

#### 4.1.2. Caudal y Carga contaminante

##### Caudal

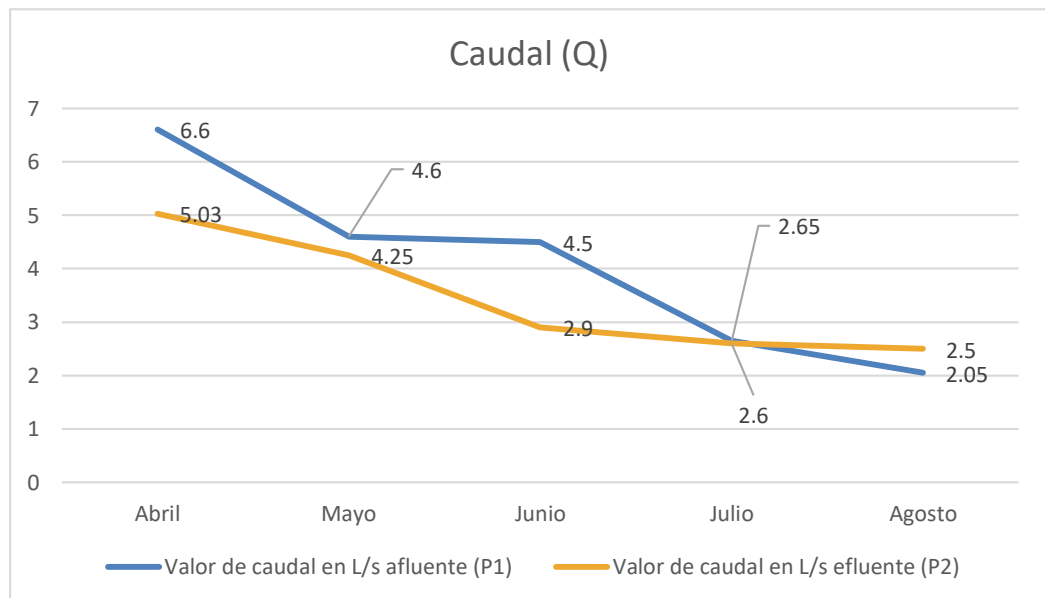


Figura 8. Valores del caudal (Q) para el afluente (P1) y efluente (P2)

Los valores de caudal reportados (Figura 8) son bajos debido a la baja población beneficiada para el servicio de saneamiento del distrito de La Encañada. Otra razón por la cual se pueden dar estos valores es que las tomas de muestras y de caudal se realizaron en entre las 6 y 7 a.m. esto implica que estas no son horas picos de descarga ya que la mayoría de personas no realiza aún sus actividades diarias de aseo y limpieza. El caudal promedio es de 3.8 L/s un caudal relativamente bajo, además durante el mes de abril y mayo se reporta un ligero incremento debido a la presencia de lluvias. Se tiene que tomar en cuenta que el caudal de agua residual varía a lo largo del día y del año, por lo que deben existir reguladores de caudal al momento que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales; en la PTARs de La Encañada, existe un controlador de caudal colocado antes de la entrada al tanque Inhoff, en caso de sobrepasar su dimensión durante los meses de lluvia.

### Carga contaminante

#### Carga Contaminante de la DBO<sub>5</sub>

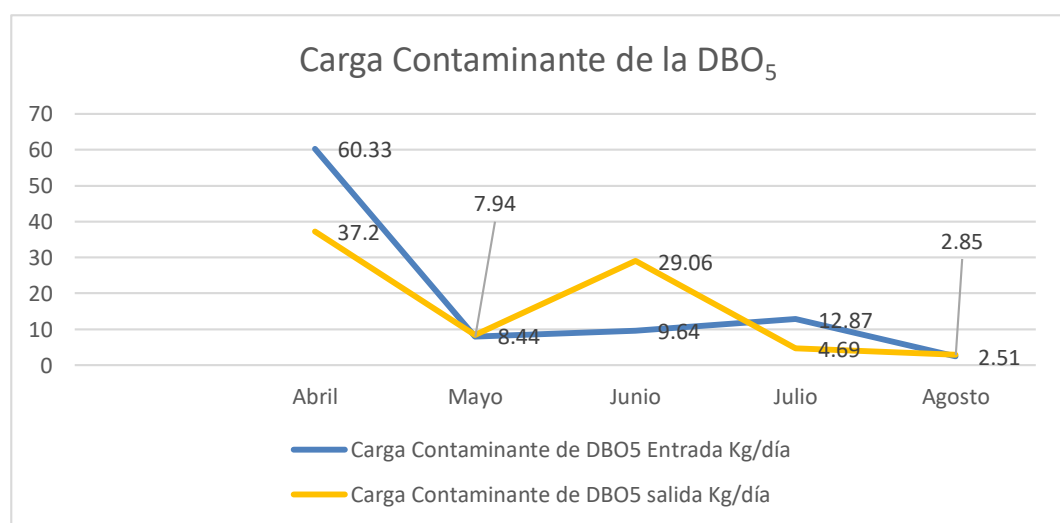


Figura 9. Valor de la carga contaminante de la DBO<sub>5</sub> para el afluente (P1) y efluente (P2)

El valor de la carga contaminante durante los meses de muestreo es irregular. En el mes de mayo la carga contaminante se incrementa en un 0.5 kg/día; en el mes de junio el incremento es de 19.42 kg/día y durante el mes de agosto el incremento de la carga contaminante es de 0.34 kg/día.

### Carga Contaminante de la DQO

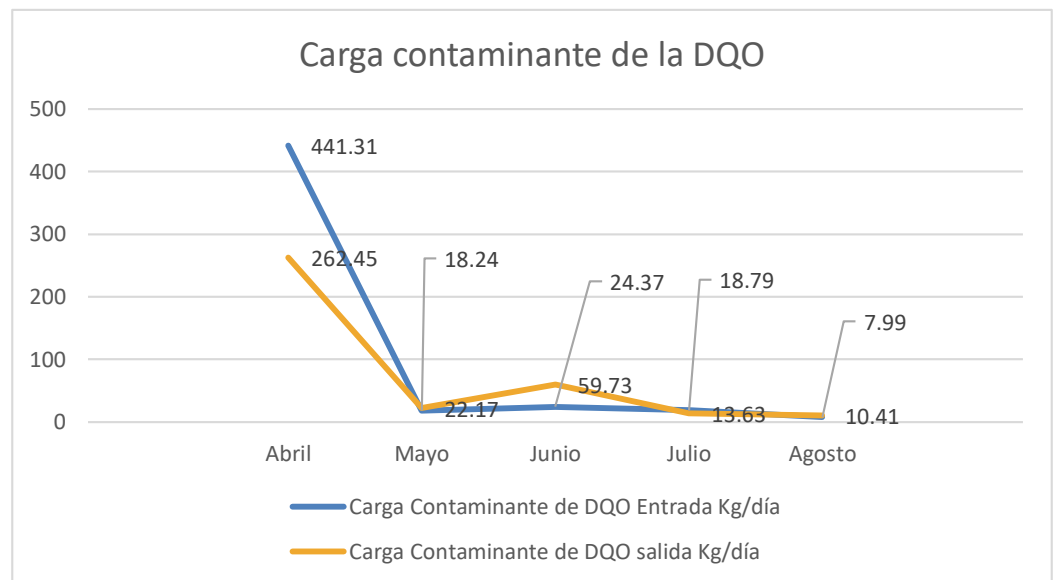


Figura 10. Valor de la carga contaminante de la DQO para el afluente (P1) y efluente (P2)

El valor de la carga contaminante para la Demanda Química de Oxígeno durante el mes de mayo se incrementa en un 3.93 kg/día; en el mes de junio el incremento es de 35.36 kg/día y durante el mes de agosto el incremento de la carga contaminante es de 2.42 kg/día. Los meses de incremento de la carga contaminante de la Demanda Bioquímica de Oxígeno coinciden con los meses de incremento de la carga contaminante para la Demanda Química de Oxígeno.



## Eficiencia

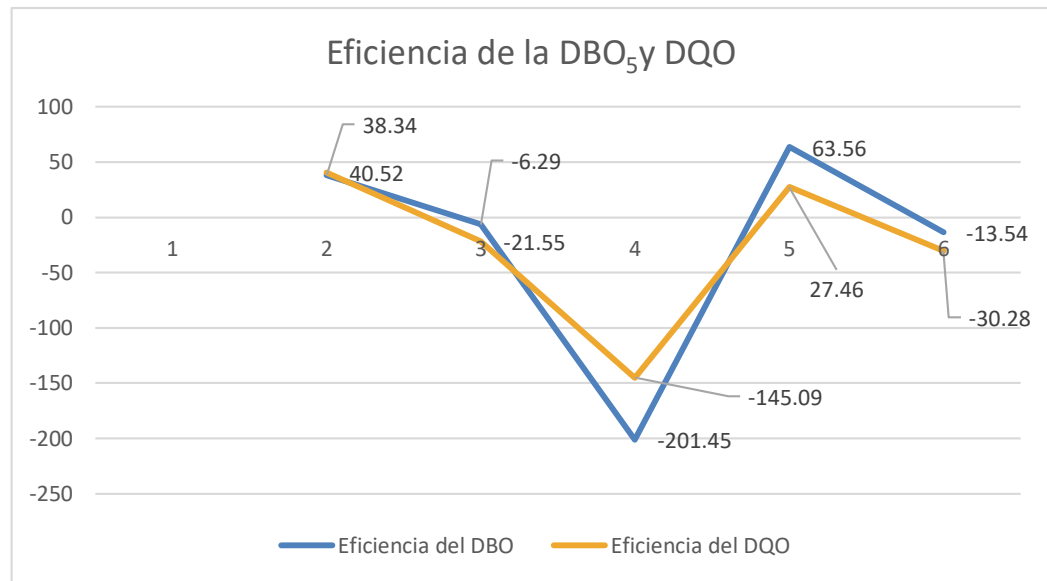


Figura 11. Valor de la eficiencia de la planta de tratamiento

En cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno por mes analizado en la planta de tratamiento de agua residual de La Encañada se observó (Figura 11) que la eficiencia de la planta es nula en los meses de mayo, junio y agosto porque existen valores negativos que indican que en definitiva no existe un tratamiento primario y secundario adecuado al sistema y que los nutrientes no están siendo eliminados en su totalidad.

#### 4.2. Conclusiones

Se determinó que la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta La Encañada es nula pues no existe remoción de nutrientes para la Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo un -23.8 % de remoción y para la Demanda Química de Oxígeno se obtuvo un 25.8 %, se puede definir que el sistema de tratamiento no está haciendo eficiente su trabajo de remoción de nutrientes.

Se logró determinar los parámetros analizados en el efluente como potencial de Hidrógeno que alcanza un promedio de 7.58, la temperatura con un promedio de 9°C, aceites y grasas se obtuvo un promedio 7.17 mg/L, en la Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo un promedio de 51.74 mg/L, para los Sólidos Totales en Suspensión se obtuvo un promedio de 188.66 mg/L, para la Demanda Química de Oxígeno un promedio de 202.32 mg/L y con respecto a los coliformes termotolerantes se determinó 5400000 NMP/100mL.

Al comparar los resultados de las concentraciones de los parámetros analizados en el efluente se concluye que el potencial de Hidrógeno, Temperatura, Aceites y Grasas y Demanda Bioquímica de Oxígeno están dentro del Límite Máximo Permisible según normativa vigente del Decreto Supremo N° 003-2010–MINAM; existiendo parámetros como la Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendedos Totales y Coliformes Termotolerantes que al ser comparados con el Límite Máximo Permisible para efluentes sobrepasa dichos límites considerándose contaminantes para ser vertidos al río de La Encañada.

## REFERENCIAS

- Arce, F. (2013). Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales. Tesis de grado. Universidad católica del Perú.
- Autoridad Nacional del Agua –ANA (2013).
- Beltrán T. & Campos, C. (2016). Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja. Título Profesional. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú.
- CENAGUA. (1999). Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas. Manual. Colombia.
- Comisión Nacional del Agua. (2013). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento Introducción al tratamiento de aguas residuales municipales. Recuperado de <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro25.pdf>
- Cruz, W. (2015). Infraestructura sanitaria y la reducción de la contaminación del agua en la localidad de La Encañada. Tesis de Grado. Universidad Privada del Norte. Cajamarca-Perú.
- Espigares, M., & Pérez, J. (1985). Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Tesis de grado. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada.
- Espinoza, R. (2010). Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores. Tesis de Grado. Universidad de Piura. Perú.
- FONAM. (2010). Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/\\$FILE/Oportunidades\\_Mejoras\\_Ambientales.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/$FILE/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf)

- Gálvez, C. (2013). Eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual de san Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez. Tesis de Grado. Universidad Rafael Landívar. México.
- García, C. & Fonseca, J. (2015). Evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales “Quinta Brasilia” ubicada en el municipio de Honda – Tolima. Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.
- Gómez, M. (2011). Contaminación Difusa “El Problema De Los Nutrientes En El Medio Rural”. CETaqua. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/283461289\\_CONTAMINACION\\_DIFUSA\\_EL\\_PROBLEMA\\_DE\\_LOS\\_NUTRIENTES\\_EN\\_EL\\_MEDIO\\_RURAL](https://www.researchgate.net/publication/283461289_CONTAMINACION_DIFUSA_EL_PROBLEMA_DE_LOS_NUTRIENTES_EN_EL_MEDIO_RURAL)
- Guillermo, P. (2011). Calidad de aguas residuales del tratamiento primario en pozas de oxidación de distrito de Viques-Huancayo. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú.
- Hernández, A. (1992). Depuración de Aguas Residuales, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid. España.
- Mejía, F. & Pérez K. (2016). Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse – Apurímac. Trabajo de Titulación. Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú.
- Metcalf, J., & Eddy, M. (1995). Residuales: tratamiento, vertido y reutilización (1° Edición). Madrid: McGraw-Hill.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)
- Muñoz, C. (2008). Caracterización y tratamiento de aguas residuales. (Monografía). Universidad autónoma del estado de Hidalgo. España. Recuperado de

<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/Caracterizacion%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf;jsessionid=62DFD07FB15EFFF02318D8DF89974EFE?sequence=1>

Noyola, A. Morgan, J. Sagatume, P. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Blog del Agua. México. Recuperado de <https://blogdelagua.com/documentacion/biblioteca/seleccion-de-tecnologias-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales-municipales-pdf-descargable/>

OEFA (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Recuperado de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

Ocola, J. (2015). Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales – Yunguyo. Tesis de grado. Puno - Perú.

Ortega, O. (2018). Uso de trampas de aceites y grasas para efluentes no domésticos de los establecimientos comerciales y de servicios en Tingo María. Informe final de prácticas pre profesionales. Perú.

Quijada, M. (2016). Cuantificación de Coliformes totales y Escherichia coli en las zonas de amortiguamiento Las Delicias y Parachique en la Bahía de Sechura –Piura. Tesis de Grado. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Perú.

Riccio, F. (2010). Remoción de aceites y grasas de aguas residuales de la universidad nacional del centro del Perú, por electrocoagulación, a nivel de laboratorio. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Trujillo. Perú

Rojas, N. Sánchez, A. Matiz, A. Salcedo, J. Carrascal, A. Pedroza, A. (2010). Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y Escherichia coli presentes en agua residual doméstica, empleada para riego. Universitas SCIENTIARUM. 147, 139-149. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/unsc/v15n2/v15n2a05.pdf>

Vargas, C. (2010). Análisis de bacterias comunes en plantas de tratamiento de diferentes efluentes que son indicadores de alta eficiencia en remoción de contaminantes. Grado de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de consistencia

OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE BIBLIOGRÁFICA DE LA TÉCNICA
Determinar las características químicas y microbiológicas del afluente a la planta de tratamiento de aguas residuales de la Municipalidad Distrital de La Encañada.	- pH a 25°C	- Análisis de laboratorio	- Informe de laboratorio acreditado	- SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+.B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
	- Conductividad a 25°C	- Análisis de laboratorio	- Informe de laboratorio acreditado	- SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
	- Sólidos Suspendidos Totales	- Análisis de laboratorio	- Informe de laboratorio acreditado	- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C

OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE BIBLIOGRÁFICA DE LA TÉCNICA
Determinar las características químicas y microbiológicas del afluente a la planta de tratamiento de aguas residuales de la Municipalidad Distrital de La Encañada.	- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	- Análisis de laboratorio	- Informe de laboratorio acreditado	- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
	- Demanda Química de Oxígeno (DQO)	- Análisis de laboratorio	- Informe de laboratorio acreditado	- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
	- Aceites y Grasas	- Análisis de laboratorio	- Informe de laboratorio acreditado	- EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and GreaseI and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.



OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE BIBLIOGRÁFICA DE LA TÉCNICA
<p>Determinar las características químicas y microbiológicas del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Municipalidad Distrital de La Encañada y comparar con los Límites Máximos permisibles para aguas residuales establecidos en el Decreto supremo N° 003-2010-MINAM.</p>	<p>- Coliformes - término - tolerantes</p>	<p>- Análisis de laboratorio</p>	<p>- Informe de laboratorio acreditado</p>	<p>- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.</p>

ANEXO 2. Resultados de los análisis de agua residual.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084**

**IE 0418232**

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 01	Punto 01	-	-	-	-
Código Laboratorio			0418232-01	0418232-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Efluente 1	Efluente 2	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
* pH a 25°C	pH	NA	7.32	7.06	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	uScm	NA	7.23	885.5	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	69.0	39.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	105.8	85.6	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	773.9	603.9	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	<LCM	<LCM	-	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	35x10 <sup>5</sup>	22x10 <sup>5</sup>	-	-	-	-

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084**

**IE 0518279**

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 1	Punto 2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0518279-01	0518279-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			El Jiron Namora	Río Tambo Mayo	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
* pH a 25°C	pH	NA	7.64	7.80	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	uScm	NA	480.0	574.0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	19.5	23.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	20.0	23.0	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	45.9	60.4	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	<LCM	<LCM	-	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	35 x 10 <sup>5</sup>	24 x 10 <sup>5</sup>	-	-	-	-

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084**

**IE 0618343**

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 1	Punto 2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0618343-01	0618343-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			El Jiron Namora	Río Tambo Mayo	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
° pH a 25°C	pH	NA	7.76	7.46	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	uScm	NA	469.5	592.5	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	50.0	850.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	24.8	116.0	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	62.7	238.4	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	5.7	13.0	-	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	16 x 10 <sup>5</sup>	54 x 10 <sup>5</sup>	-	-	-	-

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084**

**IE 0718415**

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 1	Punto 2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0718415-01	0718415-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Av. Namora	Río Tambomayo	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
° pH a 25°C	pH	NA	7.69	7.78	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	uScm	NA	594.5	480.0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	87.0	17.5	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	56.2	20.9	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	82.1	60.7	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	19.5	2.9	-	-	-	-

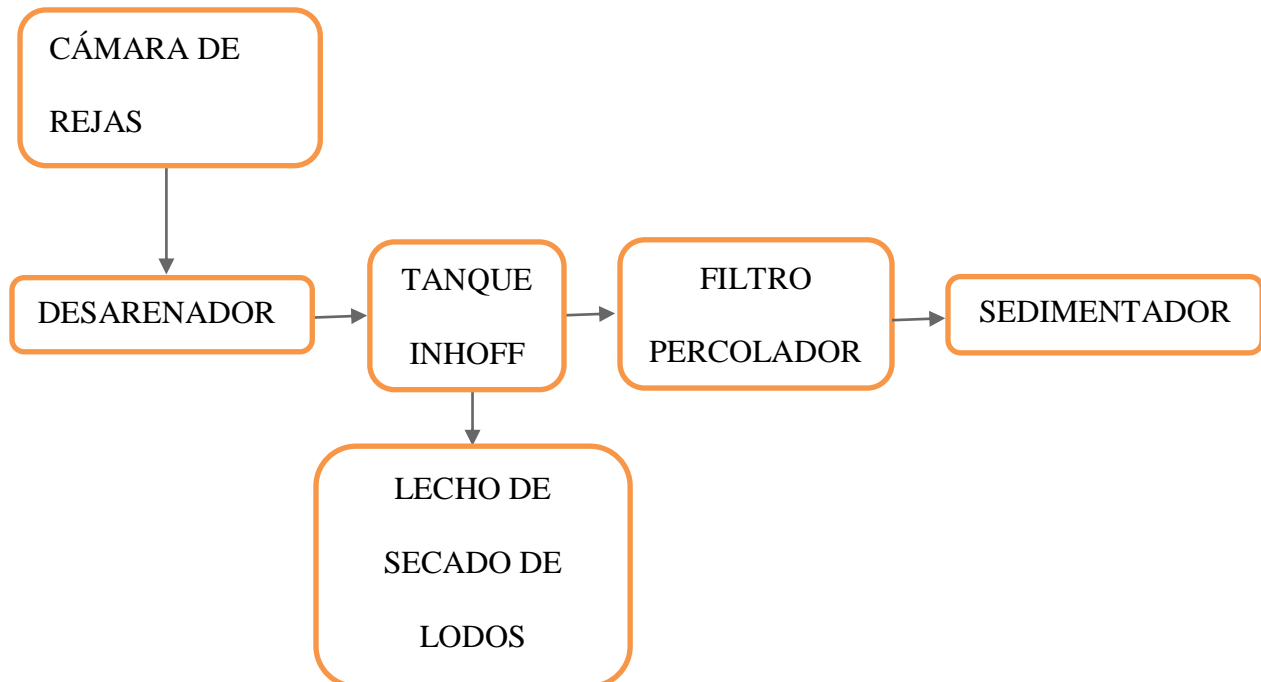
ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	92 x 10 <sup>5</sup>	54 x 10 <sup>5</sup>	-	-	-	-

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084

IE 0818479

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 1	Punto 2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0818479-01	0818479-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Av. Namora	Río Tambomayo	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
° pH a 25°C	pH	NA	7.71	7.79	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	uScm	NA	518.5	572.0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	16.1	13.8	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	14.2	13.2	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	45.1	48.2	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	<LCM	5.6	-	-	-	-
ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	92 x 10 <sup>4</sup>	16 x 10 <sup>5</sup>	-	-	-	-

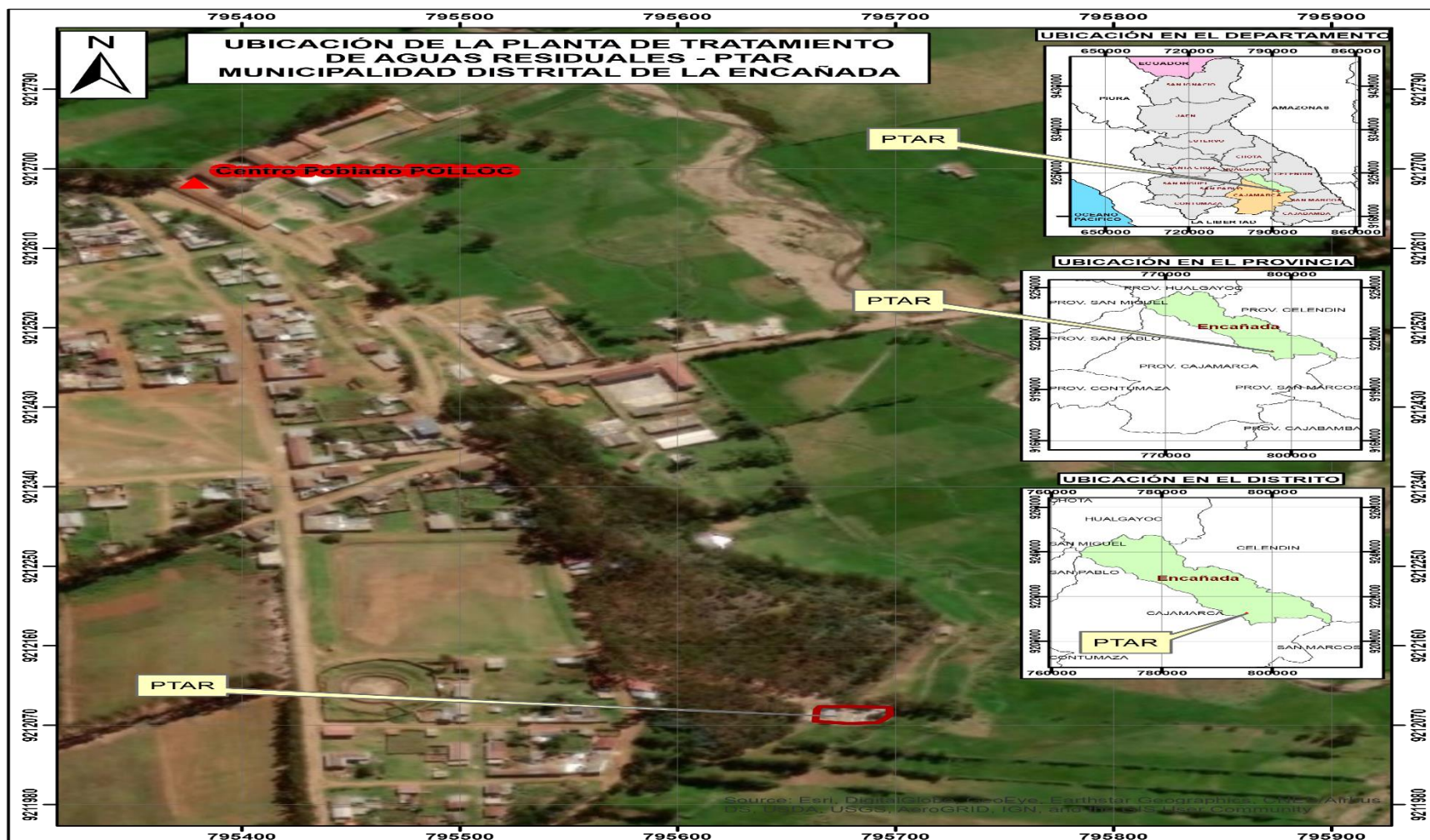
ANEXO 3. Diagrama de la planta de tratamiento de aguas residuales.



ANEXO 4. Mapa de la vertiente del río La Encañada



ANEXO 5. Mapa de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales.



ANEXO 6. Foto de la planta de tratamiento de aguas residuales de La Encañada.



ANEXO 7. Foto del Tanque Imhoff



ANEXO 8. Foto de lodos activados



ANEXO 9. Foto del filtro percolador





ANEXO 10. Foto de sedimentador



ANEXO 11. Foto del buzón manipulado



ANEXO 12. Foto de materiales utilizados.



ANEXO 13. Foto de toma de muestras en el afluente



ANEXO 14. Foto de toma de muestras en el efluente



ANEXO 15. Foto de la visita a la planta de tratamiento de aguas residuales La Encañada.



ANEXO 16. Foto de equipos y materiales de muestreo.



ANEXO 16. Acta de inspección de vertimientos.



“AÑO DE LA CONSOLIDACION DEMOCRATICA”  
FORMATO DE ACTA DE INSPECCION DE VERTIMIENTOS

Nº \_\_\_\_\_

En el marco de la Ley General de Aguas (Decreto Ley N 17752) y sus reglamentos; La Ley General de Salud (Ley No 26842); la Ley del Ministerio de Salud (Ley No 27657) y su reglamento (Decreto Supremo No 013-2002); el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud (Decreto Supremo No 014-2002); y Reglamento de Organización y Funciones de las Direcciones de Salud y de las Direcciones de Red de Salud (Resolución Ministerial 573 – 2003-SA/DM), se desarrolla la siguiente inspección,

**I DATOS GENERALES**

1.1 Nombre o Razón Social: \_\_\_\_\_

1.2 Ubicación del Establecimiento: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_  
 Distrito \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_ Telf. \_\_\_\_\_  
 Responsable de Planta: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

1.3 Domicilio Legal (Sede Administrativa): \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_  
 Provincia \_\_\_\_\_ Telf. \_\_\_\_\_  
 Representante Legal \_\_\_\_\_ Cargo \_\_\_\_\_

1.4 Tipo de Actividad: \_\_\_\_\_

1.5 Autorización Municipal de Funcionamiento: \_\_\_\_\_

1.6 Sector al que pertenece: \_\_\_\_\_

1.7 Autorización de Funcionamiento Sectorial (Licencia de Operación): \_\_\_\_\_

1.8 Autorización de Vertimiento: \_\_\_\_\_

1.9 Fecha y Hora: \_\_\_\_\_

1.10 Inspector(es): \_\_\_\_\_

1.11 Persona que Informa: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

**II DETALLE DE LAS OPERACIONES**

2.1 Consumo Total Promedio de Agua en la Planta: .....m3 / mes

2.2 Fuente de Abastecimiento: .....

2.3 N° de días Operativos/mes: ..... 2.4 N° de Horas Operativas/día: .....

2.5 N° de Vertimientos: ..... 2.6 Cuenta con Tratamiento de Aguas Residuales: si ( ) no ( ):

Describir los sistemas de tratamiento si existen: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**III. TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS**

Se tomaron las siguientes muestras:

M-1: \_\_\_\_\_

M-2: \_\_\_\_\_

M-3: \_\_\_\_\_

M-4: \_\_\_\_\_

**IV. OBSERVACIONES:**


Estando conformes con lo actuado las siguientes personas suscriben esta ACTA DE INSPECCIÓN para su conocimiento y fines.

..... Ministerio de Salud	..... EMPRESA:
Nombre: _____	Nombre: _____
DNI: _____	DNI: _____

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Afluente del Sistema de Tratamiento:** Se refiere al caudal que ingresa a la primera unidad de tratamiento.

**Ambiente:** Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (clima, suelo, agua). Todo en su conjunto condiciona la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos.

**Análisis:** Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio.

**Caudal:** volumen de agua por unidad de tiempo.

**CCPP:** Centro Poblado

**Cloración:** Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.

**Coliformes:** Bacterias gram negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.

**Cuerpo Receptor:** es todo aquel manantial, zonas de recarga, río, quebrada, arroyo permanente o no, lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, estuario, manglar, tubería, pantano, agua dulce, salobre o salada, donde se vierten aguas residuales.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de

tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

**Efluente del Sistema de Tratamiento:** En el manejo de aguas residuales, es el caudal que sale de la última unidad de tratamiento.

**Descarga:** Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

**DIGESA:** Dirección General de Salud Ambiental, es el órgano técnico normativo en los aspectos relacionados con el saneamiento básico, salud ocupacional, higiene alimentaria, zoonosis y protección del ambiente.

**Eficacia:** Actividad y poder para lograr objetivos (técnicos, económicos u otros).

**Eficiencia:** Virtud y facultad para lograr un efecto determinado con el uso racional de los medios necesarios.

**GPS:** Sistema de Posicionamiento Global, es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de cualquier objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros

**INACAL:** Instituto Nacional de Calidad, que tiene como principal objetivo la normalización, acreditación y metrología de las normas que regulan las materias de los distintos sectores del mercado de Perú.

**INEI:** El Instituto Nacional de Estadística e Informática, es un organismo constitucional autónomo del Perú que se encarga de dirigir los sistemas nacionales de estadística y también de informática del país.

**ITP:** Instituto Tecnológico de la Producción.

**LMP:** El Límite Máximo Permisible, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

**LMC:** límite máximo cuantificable, se define como la cantidad de analito que proporciona una señal igual a la del blanco más diez veces la desviación estándar del blanco, considerado como el límite de concentración más bajo para mediciones cuantitativamente precisas.

**Monitoreo ambiental:** Seguimiento permanente y sistemático mediante registros continuos, observaciones y/o mediciones, así como por evaluación de los datos que tengan incidencia sobre la salud y el medio ambiente, efectuado por la propia empresa.

**OEFA:** Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, es un organismo público, técnico especializado, adscrito al Ministerio del Ambiente de Perú encargado de la fiscalización ambiental en todo el territorio peruano.

**Parámetro:** Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

**Planta de tratamiento de aguas residuales:** Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.



**Proceso biológico:** Proceso en el cual las bacterias y otros microorganismos asimilan la materia orgánica del desecho, para estabilizar el desecho e incrementar la población de microorganismos (lodos activados, filtros percoladores, digestión, etc.).

**Sistema de Tratamiento:** conjunto de operaciones y procesos físicos, químicos y/o biológicos, cuya finalidad es depurar la calidad del agua residual a la que se aplican.

**Sólidos Suspendidos Totales:** son aquellos que son visibles y por lo regular flotan en las aguas residuales entre la superficie y en fondo, estos pueden ser removidos por diferentes medios, que pueden ser físicos o mecánicos a través de algún proceso de sedimentación o filtración.

**Tanque Imhoff:** Estructura de concreto reforzado, con dos compartimentos, uno arriba de otro, en los que, respectivamente, se remueven los sólidos sedimentables y se digieren anaeróbicamente los contaminantes; los gases que se forman durante la digestión son evacuados por ventanillas o tubos de ventilación. Tienen eficiencias de 50 al 60%.

**Tratamiento adecuado:** El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso o sistema de eliminación, en virtud del cual las aguas receptoras cumplan después del vertido, los objetivos de calidad previstos en el ordenamiento jurídico aplicable.

**Tratamiento biológico:** Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción de material orgánico disuelto.

**Tratamiento primario:** El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos en un 50%.

**Tratamiento secundario:** El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso, en el que se respeten los requisitos que se establecerán reglamentariamente.

**Vida Útil:** es el periodo de tiempo que las estructuras realizan su función en un 100%.