

# Universidad de Huánuco

## Facultad de Ingeniería

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUANUCO

## TESIS

EFFECTIVIDAD DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS ANTES DEL VERTIDO AL RÍO HUALLAGA, EN LA LOCALIDAD DE PACAYPAMPA, DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE, HUÁNUCO, JUNIO - SETIEMBRE 2018.

**Para Optar el Título Profesional de :  
INGENIERA AMBIENTAL**

### TESISTA

Bach. CRUZ ORTIZ, Karen Lucero

### ASESOR

Ing. CALIXTO VARGAS, Simeon Edmundo

Huánuco- Perú  
2019



UDH  
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
http://www.udh.edu.pe

# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 3:34 horas del día 22 del mes de MARZO del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. FRANK ERICK CAMARGO LLANDR (Presidente)

Blo. Alejandro Rolando Dunan NIEVA (Secretario)

Ing. Heberto Carlos Trujillo (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 173-2019-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada:


"EFECTIVIDAD DE OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA REMOCION DE CONTAMINANTES FISICOS QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS ANTES DEL VENTIDO AL RIO HUANKINGA, EN LA LOCALIDAD DE PARAYPAMEN, DISTRITO DE SANTA MARIA DEL VALLE, HUÁNUCO JUNIO - SEPTIEMBRE 2018"

presentada por el (la) Bachiller KAREN LUCENO, CRUZ ORTIZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 17 y cualitativo de MUY BUENO (Art. 47)

Siendo las 16:14 horas del día 22 del mes de MARZO del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación es dedicado, en primer lugar, a Dios y a la Virgencita por mantenerme con vida.

A mi abuelo materno, Orlando; porque siempre me sorprendió con su inteligencia, y porque sé que desde donde se encuentra está muy orgulloso de mi progreso.

A mi abuela materna, Matilde; por su apoyo incondicional y por la confianza que deposita en mí.

A mi madre, Jenny; por sus ganas de superación profesional y por hacer de mí una mujer con valores y virtudes.

A mis tíos cercanos, Richard, Marden y Diana; que más que tíos los considero hermanos.

A mis primos, Angela, Oswaldo, Jheremy y Valentina; porque los quiero bastante y deseo siempre que lleguen a cumplir cada uno de sus sueños.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad de Huánuco, por los conocimientos brindados a través de los buenos docentes que en el momento estuvieron presentes.

A mi asesor de Proyecto, Simeón Calixto Vargas; por confiar en el presente Trabajo de Investigación.

A mis jurados, Heberto Calvo Trujillo, Alejandro Durán Nieva y Marco Antonio Torres Marquina; por las correcciones y la presión en el cumplimiento de este Trabajo de Investigación.

A la Municipalidad Distrital de Santa María del Valle, por brindarme la oportunidad de ejecutar este Trabajo de Investigación en una de sus localidades, Pacaypampa.

A la Sub Gerencia de Desarrollo Económico y Medio Ambiente, por recibirme en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y brindarme las facilidades del mismo.

A Jesús, mi enamorado; por su interminable paciencia y por ayudarme en la ejecución de este Trabajo de Investigación

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento.....	III
Índice.....	IV
Índice de Ilustraciones.....	VII
Índice de tablas.....	VIII
Índice de gráficos.....	IX
Resumen.....	X
Abstrac.....	XII
Introducción.....	XIII
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. Descripción del problema .....	15
1.2. Formulación del problema .....	15
1.3. Objetivo general.....	16
1.4. Objetivos específicos.....	16
1.5. Justificación de la investigación.....	16
1.6. Limitaciones de la investigación .....	17
1.7. Viabilidad de la investigación.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. Antecedentes de la investigación .....	21
2.1.1. Internacional.....	21
2.1.2. Nacional .....	23

2.1.3. Regional .....	23
2.2. Bases teóricas .....	24
2.3. Definiciones conceptuales .....	37
2.4. Hipótesis .....	39
2.4.1. Hipótesis General .....	39
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	39
2.5. Variables .....	40
2.5.1. Variable 1 .....	40
2.5.2. Variable 2 .....	40
2.6.Operacionalización de variables .....	41
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>42</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>42</b>
3.1. Tipo de investigación .....	42
3.1.1. Enfoque .....	42
3.1.2. Alcance o nivel .....	42
3.1.3. Diseño .....	43
3.2. Población y muestra .....	44
3.2.1. Población.....	44
3.2.2. Muestra .....	45
3.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	46
3.3.1. Para la recolección de datos .....	46
3.3.2. Para la presentación de datos .....	62
3.3.3. Para el análisis e interpretación de los datos .....	64
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>69</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
4.1.Procesamiento de datos .....	69

4.2. Contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis .....	78
CAPÍTULO V .....	82
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	82
CONCLUSIONES .....	86
RECOMENDACIONES .....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS.....	92

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 01: Planta de tratamiento de aguas residuales (laguna facultativa).	18
Ilustración 02: Toma de muestra a la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales (lagunas facultativas).....	19
Ilustración 03: Tipo de respiración de los microorganismos .....	25
Ilustración 04: Actividad entre algas y bacterias .....	26
Ilustración 05: Esquema de funcionamiento de una laguna facultativa.....	28
Ilustración 06: Punto de monitoreo del AFL .....	48
Ilustración 07: Punto de monitoreo del EFL .....	49
Ilustración 8: Punto de monitoreo LAG .....	50
Ilustración 09: Medición de temperatura .....	54
Ilustración 10: Medición de ph .....	55
Ilustración 11: Requisitos mínimos para ensayos de muestras ambientales ....	56
Ilustración 12: Llenado al frasco de vidrio ambar.....	58
Ilustración 13: Etiqueta .....	59
Ilustración 14: Rotulado .....	59
Ilustración 15: Cadena de custodia relleno .....	60
Ilustración 16: Requisitos mínimos para ensayos de muestras ambientales ....	61
Ilustración 17: Red de alcantarillado .....	65
Ilustración 17: Cribado .....	65
Ilustración 18: Rejilla.....	66
Ilustración 19: Afluente .....	66
Ilustración 20: Laguna facultativa primaria.....	67
Ilustración 21: Laguna facultativa secundaria .....	67
Ilustración 22: Efluente .....	68
Ilustración 23: Informe de Ensayo.....	68

## ÍNDICE DE TABLAS



Tabla 1	Coordenadas de ubicación de la Planta de Tratamiento.....	18
Tabla 2	Coordenadas del Punto de Descarga de la Planta de Tratamiento .....	19
Tabla 3	Coordenadas del primer punto.....	47
Tabla 4	Coordenadas del segundo punto .....	49
Tabla 5	Coordenadas del tercer punto.....	50
Tabla 6	Promedio de Caudal de Afluente .....	53
Tabla 7	Promedio de Caudal de Efluente .....	54
Tabla 8	Medición de la Temperatura en los 03 Puntos de Monitoreo .....	55
Tabla 9	Medición del pH en los 03 Puntos de Monitoreo .....	56
Tabla 10	Tipo de Envase .....	57
Tabla 11	Preservación de las muestras .....	62
Tabla 12	Pruebas de Normalidad.....	63
Tabla 13	Pruebas de Normalidad.....	63
Tabla 14	Análisis de los parámetros de Agua Residual .....	70
Tabla 15	Comparación de los resultados parámetros de Agua Residual con los LMP .....	70
Tabla 16	Comparación de SST con LMP .....	71
Tabla 17	Comparación de DBO con LMP .....	72
Tabla 18	Comparación de DQO con LMP.....	73
Tabla 19	Comparación de AyG con LMP.....	74
Tabla 20	Comparación de T° con LMP .....	75
Tabla 21	Comparación de pH con LMP .....	76
Tabla 22	Comparación de CFT con LMP.....	77
Tabla 23	Estadística de muestras relacionadas.....	79
Tabla 24	Estadística de muestras relacionadas.....	80
Tabla 25	Estadística de muestras relacionadas.....	81

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico de barras N° 01: Sólidos totales en suspensión .....	72
Gráfico de barras N° 02: Demanda bioquímica de oxígeno .....	73
Gráfico de barras N° 03: Demanda química de oxígeno.....	74
Gráfico de barras N° 04: Aceites y grasas .....	75
Gráfico de barras N° 05: Temperatura.....	76
Gráfico de barras N° 06: pH.....	77
Gráfico de barras N° 07: Coliformes fecales o termotolerantes .....	78

## RESUMEN

El objetivo general de este proyecto de investigación es el Evaluar la efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga, la Localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle- Huánuco, 2018.

Para llevar a cabo dicha investigación se tomó el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. Asimismo el uso de los instrumentos de recolección de datos como la Cadena de Custodia y los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Luego de obtener y comparar los análisis de laboratorio, mediante Informe elaborado por el Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) de las muestras, se aplicó la T de Student para contrastar la prueba de hipótesis, con un nivel de significancia o nivel de error (Sig.)  $\alpha < 0.05$  por lo que el nivel de confianza es de 95%.

Obteniendo como resultado que los valores de los parámetros son mayores que  $\alpha = 0.05$ ; por lo que, se rechaza la H1 y se acepta la **H0: La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales NO reduce los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.**

Y por último, a manera de recomendación es el construir un lecho de secado para que, los lodos que se encuentran precipitados al fondo de las lagunas sean colocados en este lecho para ser deshidratados de manera natural y luego utilizarlo como abono orgánico para la preparación del sustrato en el Vivero Municipal. Asimismo, el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente, como el uso de plantas para reducir los contaminantes presentes en las lagunas, fitorremediación.

**Palabras clave:** *Efectividad, aguas residuales, remoción, contaminantes físicos, contaminantes químicos, contaminantes microbiológicos.*

## ABSTRAC

The general objective of this research project is to evaluate the operation of the Wastewater Treatment Plant in the removal of physical, chemical and microbiological contaminants before discharge into the Huallaga River, the Pacaypampa Locality, Santa María del Valle District - Huánuco, 2018.

To carry out this research, the Protocol for Monitoring the Quality of Effluents from Domestic or Municipal Wastewater Treatment Plants was adopted, approved by Ministerial Resolution No. 273-2013-HOUSING. Likewise, the use of data collection instruments such as the Chain of Custody and the Maximum Permissible Limits for effluents from Domestic or Municipal Wastewater Treatment Plants, Supreme Decree N ° 003-2010-MINAM.

After obtaining and comparing the laboratory analyzes, by means of a report prepared by the SGS PERU SAC Test Laboratory accredited by the National Institute of Quality (INACAL) of the samples, the Student T was applied to test the hypothesis, with a level of significance or level of error (Sig.)  $\alpha < 0.05$  so the confidence level is 95%.

Obtaining as a result that the values of the parameters are greater than  $\alpha = 0.05$ ; therefore, the H1 is rejected and the H0 is accepted: The Wastewater Treatment Plant DOES NOT reduce the physical, chemical and microbiological parameters.

And finally, as a recommendation is to build a drying bed so that, the sludge that is precipitated at the bottom of the lagoons are placed in this bed to be dehydrated naturally and then use it as organic fertilizer for the preparation of the Substrate in the Municipal Nursery. Also, the use of environmentally friendly technologies, such as the use of plants to reduce the pollutants present in the lagoons, phytoremediation.

**Keywords:** *effectiveness, wastewater, removal, physical contaminants, chemical contaminants, microbiological contaminants.*

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha mostrado preocupación en el mundo y en nuestro país y se está tratando de resolver los problemas relacionados con la disposición de los efluentes líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial.

Por lo que se construye Plantas de Tratamiento para estos efluentes líquidos, ya que a diario las aguas residuales son vertidas a los ríos, lagos y lagunas; mediante la red de alcantarillado; sin embargo muchas de las Plantas de Tratamiento carecen de óptima operación y mantenimiento.

El presente Trabajo de Investigación que titula “Efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga, en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle-Huánuco, junio – setiembre 2018”, se ha realizado porque hasta la fecha no se cuenta con registros de investigaciones ni de análisis de laboratorio, ni de monitoreos ambientales, por lo que se desconocía si el agua residual que se vertía al río Huallaga cumplía al menos con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Entonces, la finalidad de este Trabajo de Investigación es comparar los resultados de las cinco (05) muestras tomadas en tres (03) puntos de monitoreo en la Planta de Tratamiento de la localidad de Pacaypampa, a través del laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C con la normativa nacional el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Las muestras fueron tomadas de la siguiente manera: en el P-AFL al ingreso del agua residual a la Planta, en el P-LAG a mitad de la Laguna Facultativa, y, en el P-EFL a la salida del agua residual (antes de la mezcla con el agua de la quebrada Pacaypampa).

Al usar la prueba estadística de T de Student, y como los valores de los parámetros es  $> \alpha = 0.05$ , se rechaza la H1 y se acepta la **H0: La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los**

**contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al  
río** **Huallaga.**

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Todos los días se hace uso del recurso hídrico como fuente primaria para la preparación de los alimentos, limpieza personal, riego, consumo de animales, etc., luego se desecha, a través de la red de alcantarillado, con contaminantes que modifican las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del mismo.

Muchas personas no tienen conciencia dónde tiene el agua contaminada su disposición final, por lo que éstas son vertidas en los ríos, lagos o lagunas. Si bien es cierto, las aguas superficiales tienen la propiedad de depurarse por sí solas, ya sea descomponiendo, disolviendo o formando alimentos para las plantas y microorganismos. Sin embargo, al unir la red de alcantarillado de toda una ciudad, las condiciones de contaminación se incrementan.

Por lo que, en la localidad de Pacaypampa del distrito de Santa María del Valle, provincia y región de Huánuco, se tiene una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Laguna Facultativa), con la finalidad de disminuir la contaminación de las aguas antes de ser vertidos al río, en este caso al río Huallaga.

Por lo tanto, fue oportuna la realización de un estudio de la efectividad de operación en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos de esta Planta de Tratamiento, con el propósito de analizar e interpretar los resultados de los análisis del agua residual y compararlo con la normativa nacional vigente, en este caso, con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál será la relación de efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Laguna Facultativa) en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes de ser vertido al río Huallaga?



### 1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga, la Localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle-Huánuco, 2018.

### 1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros físicos e interpretar con los resultados del Laboratorio de Ensayo para determinar la efectividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Pacaypampa.
- Analizar los parámetros químicos e interpretar con los resultados del Laboratorio de Ensayo para determinar la efectividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Pacaypampa.
- Analizar los parámetros microbiológicos e interpretar con los resultados del Laboratorio de Ensayo para determinar la efectividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Pacaypampa.
- Proponer alternativas de mejora de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

### 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente Proyecto de Investigación realizado por la tesista se justifica en los siguientes niveles:

- **Teórico:** porque hasta la actualidad no se tiene registro alguno de una evaluación de efectividad de operación en remover los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Lagunas Facultativas) ubicada en la localidad de Pacaypampa, por lo que fue relevante realizar dicha evaluación.

En estos tiempos la población va en crecimiento constante y ya es de vital importancia la construcción de Plantas de

Tratamiento de Aguas Residuales o por lo menos realizar estudios en cuanto a su efectividad de operación de los existentes y tomar medidas correctivas en caso no cumplan con su función, no solo de la mencionada localidad sino de todas las localidades donde estén dirigiendo sus aguas residuales hacia cuerpos de agua superficiales provocando olores fétidos, propagación de plagas y desequilibrando nuestro ecosistema.

Aportando información teórica valiosa ya que se expone el comportamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Lagunas Facultativas), desde el proceso de cribado, hasta el vertido al río Huallaga.

- **Práctico:** esta investigación se circunscribe en el contexto de la realidad mundial, nacional, regional y local, que permite mitigar el problema de la contaminación del agua.
  
- **Metodológico:** este proyecto de investigación se justifica en lo estipulado en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, por lo que fue confiable su ejecución.  
Además, las 15 muestras tomadas fueron enviadas al Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C. acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

## 1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La Laguna Facultativa estuvo ubicada en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle, provincia y región Huánuco.

**Tabla 1**

**Coordenadas de ubicación de la Planta de Tratamiento**

LUGAR	ZONA GEOGRÁFICA	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
		NORTE	ESTE	
Planta de Tratamiento	18 L	8910022	372864	1846

Datos obtenidos en el campo

- El acceso a este lugar es por camino desde la Carretera Central Km. 25, pasando por un predio privado con la respectiva autorización de los propietarios, hacia la dirección del río Huallaga, hasta unos 308 metros (0.308 Km). He allí la Planta de Tratamiento.

**ILUSTRACIÓN 01: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (LAGUNA FACULTATIVA)**



FUENTE: GOOGLE EARTH

Luego, mediante tuberías de alcantarillado, el efluente residual es dirigido hacia el río Huallaga, donde es el punto de descarga, de coordenadas siguientes:

**Tabla 2**

**Coordenadas del Punto de Descarga de la Planta de Tratamiento**

LUGAR	ZONA GEOGRÁFICA	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
		NORTE	ESTE	
Punto de descarga	18 L	8910170	372865	1843

Datos obtenidos en el campo

- Sin embargo, en la toma de muestra **P-EFL** de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Lagunas Facultativas), se observó la ausencia de tuberías que conectan al río Huallaga; por lo que la toma de muestra tuvo que realizarse antes de desembocar al río, justo antes de mezclarse con aguas de la quebrada Pacaypampa.

**ILUSTRACIÓN 02: TOMA DE MUESTRA A LA SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (LAGUNAS FACULTATIVAS)**



- El financiamiento requerido de los diferentes tipos de análisis fue autofinanciado por la autora responsable de ejecutar el Trabajo de Investigación.

## **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El Trabajo de Investigación mencionado fue viable por las razones siguientes:

- El Trabajo de Investigación permite conocer el grado de concentración de contaminantes presentes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Lagunas Facultativas), y compararlo con la Normativa Nacional vigente; siendo amigable con el medio ambiente.
- El Trabajo de Investigación evalúa la efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Lagunas Facultativas) para afirmar o negar si está cumpliendo con sus funciones de operación; por lo que es relevante para conocimiento de la sociedad vecina.
- La tesista solventó todos los costos concebidos en este Trabajo de Investigación, así como los análisis de las muestras de agua residual que fueron enviadas al Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C. acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), siendo de esta manera; viable económicamente.
- Se contó con la autorización y apoyo de la Sub Gerencia de Desarrollo Económico y Medio Ambiente de la Municipalidad Distrital de Santa María del Valle, para la ejecución del Proyecto de Investigación.
- La tesista fue la encargada de la recolección y procesamiento de la información.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

La problemática de la calidad del agua trae alarmantes preocupaciones a las personas dedicadas a la pesca, por ejemplo, a poblaciones que consumen del agua de río para sus cultivos y bebida de animales, a empresas que lo usan para potabilizar y abastecer a una o más ciudades.

Como este recurso es indispensable en nuestras vidas cotidianas, se ingeniaron estudios, proyectos y tecnología para disminuir las concentraciones nocivas para la salud y para el medio ambiente, con el fin de calmar las preocupaciones alarmantes.

##### **2.1.1. INTERNACIONAL**

Jiménez (2014); desarrolló en el Instituto Tecnológico de Costa Rica la Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, titulado: “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL AyA EN LA URBANIZACIÓN LAS LOMAS DE BUENOS AIRES, PUNTARENAS”, esta investigación tuvo por objetivo general: Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales del AyA, ubicada en la Urbanización Las Lomas de Buenos Aires, Puntarenas, para presentar una propuesta de mejora en su operación y desempeño. Llegando a la conclusión siguiente: la conformación actual de una sola laguna facultativa no cumple con los parámetros de diseño, principalmente: relación L/A, tiempo de retención y tasa de aplicación superficial, por lo tanto, es un sistema totalmente ineficiente en lo que respecta a cumplimiento de la legislación, principalmente DBO, DQO y SST.

García et al (2015), desarrollaron en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá la Tesis para obtener el

Título de Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos, titulado: “EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “QUINTA BRASILIA” UBICADA EN EL MUNICIPIO DE HONDA – TOLIMA”, esta investigación tuvo por objetivo general: Evaluar las condiciones técnicas de la planta de tratamiento de aguas residuales Quinta Brasilia del municipio de Honda – Tolima. Llegando a la conclusión siguiente: La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quinta Brasilia fue diseñada para tratar 45 l/s pero debido a la falta de mantenimiento y deterioro no es posible tratar dicho caudal, incluso está trabajado intermitentemente lo que ha aumentado la problemática ambiental porque se está enviando el agua residual directamente a la fuente hídrica del Río Guali generando una fuerte contaminación a esta cuenca.

Correa (2008), desarrolló en la Universidad de Antioquia de Colombia la tesis para obtener el Título de Magíster en Ingeniería, titulado “EVALUACIÓN Y MONITOREO DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE SANTA FÉ DE ANTIOQUIA, COLOMBIA”, este trabajo de investigación tuvo por objetivo general: Evaluar y monitorear el comportamiento actual del sistema de lagunas de estabilización para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del municipio de Santa Fe de Antioquia. Llegando a la conclusión siguiente: El comportamiento de la temperatura en los efluentes de las lagunas facultativas fue muy similar y se puede concluir que en sus centros la temperatura en la laguna facultativa 1 fue casi una réplica de la facultativa 2 (...), para los afluentes y efluentes del sistema, existió gran cantidad de sólidos disueltos con respecto a los sólidos suspendidos, mayores a 72% con respecto a los sólidos totales. De los sólidos suspendidos hubo más del 76% en sólidos suspendidos volátiles, implicando una importante biomasa para los efluentes del sistema.

### **2.1.2. NACIONAL**

Villanueva et al (2017) desarrollaron en la Universidad Nacional del Centro del Perú la tesis para para optar el título profesional de Ingeniero Químico Ambiental, titulado: “MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LA PTAR DEL DISTRITO DE HUÁCHAC-CHUPACA”, esta investigación tuvo por objetivo general: Mejorar la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca. Llegando a la conclusión siguiente: Se monitoreó la calidad de agua residual en el efluente de la segunda laguna facultativa, esta actividad se realizó cada dos meses con un horario de toma de muestra alrededor de las 16 horas, utilizando la metodología establecida en la RM N°273-2013-VIVIENDA.

Canales et al (1998) desarrolló en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima-Perú la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, titulado: “EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA UNI-TRAR”, esta investigación tuvo por objetivo general: Contribuir con la evaluación y control del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta piloto UNI-TRAR conformado por una Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) y dos Lagunas Facultativas. Llegando a la conclusión siguiente: El programa de Monitoreo permitió obtener información del proceso biológico que se desarrolla en el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente y Lagunas de Estabilización, sentando las bases para la evaluación y un mejor control en el sistema de tratamiento.

### **2.1.3. REGIONAL**

Villacorta (2009) desarrolló en la Universidad Agraria de la Selva la tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua, titulado:



CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DEL BALNEARIO "LA ALCANTARILLA" TINGO MARÍA, esta investigación tuvo por objetivo general: determinar el grado de contaminación físico - química y biológica del balneario la Alcantarilla. Llegando a las conclusiones siguientes:

- Las aguas que abastecen el Balneario la Alcantarilla, tienen coliformes totales (541.52 m o/ml), estreptococos (44.8 x 10<sup>3</sup>/ml), estafilococos (55.82 x 10<sup>3</sup>/ml), mesófilos aerobios viables (68.32 x 10<sup>3</sup>/ml), fungi (2.52 x 10<sup>3</sup>/ml) y presencia de salmonella en su totalidad, se encuentran fuera de los estándares internacionales para aguas de uso recreacional.
- Los indicadores físicos - químicos y las sales minerales en las aguas están dentro de los límites aceptables para aguas cuyo uso es el recreacional, no constituyendo causal de contaminación.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. 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)
- Resultado de la actividad doméstica produce principalmente grasas, detergentes y desechos orgánicos generados por el metabolismo humano. (Fonseca et all, 2015).

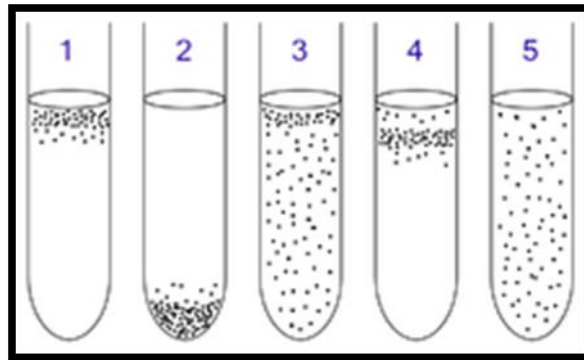
### **2.2.2. Bacterias Facultativas:**

Las bacterias facultativas son bacterias que pueden desarrollarse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno, por lo que también se las llama aerobias facultativas o anaerobias facultativas. Pueden desarrollar un metabolismo respiratorio, usando el oxígeno presente o fermentativo, en ausencia de oxígeno. Las bacterias anaerobias facultativas pueden obtener

energía en ausencia de oxígeno, pero el oxígeno no les es tóxico. (WIKIPEDIA, s.f.)

Se puede identificar el tipo de respiración de los microorganismos, mediante el tipo de crecimiento en un medio líquido de cultivo:

### ILUSTRACIÓN 03: TIPO DE RESPIRACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS



FUENTE: (WIKIPEDIA, s.f.)

1. Aerobio estricto.
2. Anaerobio estricto.
3. Facultativo.
4. Microaerófilo.
5. Aerotolerante (anaerobio)

#### 2.2.3. Laguna de Estabilización:

Una laguna de estabilización es una estructura simple, que se basa en el embalsamiento del agua por un tiempo de retención específico, para lograr un tratamiento biológico del agua residual. (Silva, 2004)

Las lagunas de estabilización, pueden clasificarse de muchas maneras, ya sea por su tratamiento biológico, extensión, presencia o ausencia de equipo de aireación y otros. Sin embargo, la forma más adecuada para clasificarlas es según su actividad biológica, y son los siguientes:

- Lagunas Anaerobias (sin oxígeno)
- Lagunas Aerobias (con oxígeno)

- Lagunas Facultativas (aerobia en las partes altas y anaerobia en las partes bajas)

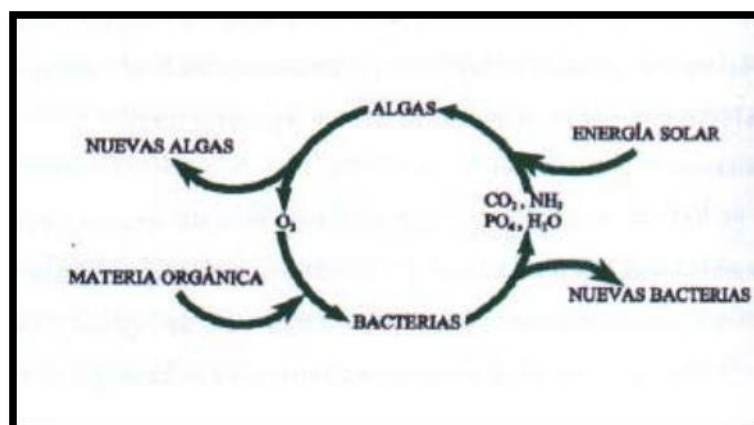
#### 2.2.4. Laguna Facultativa:

Son aquellas que poseen una zona aerobia y una anaerobia, siendo respectivamente en superficie y fondo. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionado principalmente por las algas presentes (Rolim, 2000).

La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical (Rolim, 2000).

Las bacterias y algas actúan en forma simbiótica, con el resultado global de la degradación de la materia orgánica. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono en grandes cantidades, estos son utilizados por las algas en su crecimiento. De esta forma, la actividad de ambas es mutuamente beneficiosa (Rolim, 2000).

#### ILUSTRACIÓN 04: ACTIVIDAD ENTRE ALGAS Y BACTERIAS

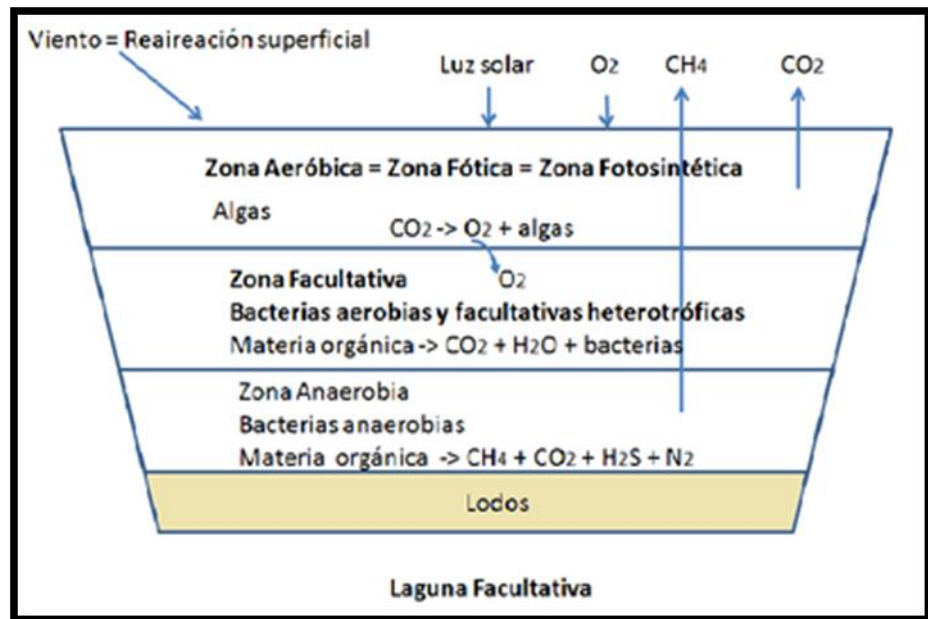


FUENTE: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades

En una laguna facultativa existen tres zonas:

1. Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica, como se ha descrito anteriormente.
2. Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias.
3. Una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas. Los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaerobio. Los materiales orgánicos sólidos y coloidales se oxidan por la acción de las bacterias aerobias y facultativas empleando el oxígeno generado por las algas presentes cerca de la superficie. El dióxido de carbono, que se produce en el proceso de oxidación orgánica, sirve como fuente de carbono por las algas. La descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango implica la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y el  $\text{CH}_4$ , que o bien se oxidan por las bacterias aerobias, o se liberan a la atmósfera (Rolim, 2000).

## ILUSTRACIÓN 05: ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA LAGUNA FACULTATIVA



FUENTE: (WIKIPEDIA, s.f.)

### 2.2.4.1. Ventajas y Desventajas de la Laguna Facultativa

#### 2.2.4.1.1. Ventajas

- Razonable eficiencia de remoción de patógenos.
- Construcción, operación y mantenimiento simples.
- Reducidos costos de implantación y operación.
- Ausencia de equipos mecánicos.
- Satisfactoria resistencia a variaciones de carga.
- Remoción de lodo necesaria en períodos superiores a 20 años

#### 2.2.4.1.2. Desventajas

- Elevados requerimientos de área.

- La simplicidad operacional puede traer un descuido en el mantenimiento (crecimiento de vegetación).
- Posible necesidad de remoción de algas en el efluente.
- El rendimiento varía según las condiciones climáticas.

FUENTE: (VON SPERLING, 1986)

## **2.2.5. Factores climáticos principales que afectan a las lagunas**

### **2.2.5.1. Temperatura:**

Las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en las lagunas de estabilización son muy influenciadas por la temperatura (Rolim, 2000).

En general y para los intervalos de temperatura normales en las lagunas, se puede decir que la velocidad de degradación aumenta con la temperatura, en especial en lo que concierne a la actividad de las bacterias. Estos fenómenos son retardados por las bajas temperaturas. Por eso, el proyecto de las lagunas debe tener en cuenta siempre las condiciones de temperaturas más adversas.

Una caída de 10°C en la temperatura reducirá la actividad microbiológica aproximadamente 50%. La actividad de fermentación del lodo no ocurre significativamente en temperaturas por debajo de 17° C (Rolim, 2000).

### **2.2.5.2. Radiación solar:**

La luz es fundamental para la actividad fotosintética, ésta depende no solo de la luz que alcanza la superficie del agua, sino de la que penetra en profundidad. Como la intensidad de la luz varía a lo largo del año, la velocidad de crecimiento de las algas cambia

de misma forma. Este fenómeno da lugar a dos efectos: el oxígeno disuelto y el pH del agua presentan valores mínimos al final de la noche, y aumentan durante las horas de luz solar hasta alcanzar valores máximos a media tarde. (Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades)

#### **2.2.5.3. Viento:**

El viento tiene un efecto importante en el comportamiento de las lagunas, ya que induce a la mezcla vertical del líquido de la laguna, una buena mezcla asegura una distribución más uniforme de DBO, oxígeno disuelto (importante para lagunas aerobias y facultativas), bacterias y algas y por lo tanto un mejor grado de estabilización del agua residual. En ausencia de mezcla inducida por el viento, la población de algas tiende a estratificarse en banda estrecha, de unos 20 cm de ancho, durante las horas de luz del día. Esta banda concentrada de algas se mueve hacia arriba o hacia abajo en la capa superior, de 50 cm de espesor (ROMERO, 1999).

#### **2.2.6. Microalgas en Lagunas Facultativas:**

El crecimiento de microalgas en las lagunas facultativas está sujeto a muchos factores. Entre ellos, la radiación solar, nutrientes (Nitrógeno y Fósforo), temperatura, carga orgánica, el viento, área superficial, tiempo de retención, diseño de la laguna y otros. En algunas ocasiones, por problemas en estos factores, se da una sobreproducción de microalgas, las cuales provocan una disminución en la calidad del efluente por un ineficiente tratamiento, por lo cual se aumentan algunos parámetros como el Potencial de Hidrógeno (pH), la DQO, DBO y SST, generalmente. En ocasiones, es difícil detectar el motivo por el cual una laguna se encuentra con este tipo de problemas, por lo que hay que

tomar medidas para disminuirlas antes de que salgan por el efluente (CORREA, 2008).

Algunos grupos de microalgas que generalmente están presentes en las lagunas facultativas son (CRITES & TCHOBANOGLOUS, G., 2000) (BELLINGER, 2010)

- **Algas Verdes:** Estas son de las más comunes, los géneros principales en lagunas están las *Chlamydomonas*, *Chlorella* (Figura 2.4.1.A) y *Euglenas* (Figura 2.4.1.B). Las *Euglenas* son de importancia ambiental, ya que indican sobrecarga orgánica.
- **Algas azul-verdosas o cianobacterias:** la presencia de este tipo de microorganismos es de mucho cuidado, ya que algunas de ellas liberan toxinas al agua. Algunos géneros principales son como las *Anabaena* (Figura 2.4.1.C), *Oscillatoria* (Figura 2.4.1.D), *Phormidium* y *Anacystis*.



Figura 2.4.1. Microalgas presentes en lagunas facultativas. A. *Chlorella*. B. *Euglena*. C. *Anabaena*. D. *Oscillatoria*.

Fuente: (Bellinger & Sigee, 2010)

## 2.2.7. Marco legal e institucional:

### 2.2.7.1. Ley general del Ambiente, Ley N° 28611

#### ➤ Artículo I.- Del derecho y deber fundamental

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la



salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

➤ **Artículo 120.- De la protección de la calidad de las aguas:**

120.1 El Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.

120.2 El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

**2.2.7.2. Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972**

➤ **Artículo 80.- SANEAMIENTO, SALUBRIDAD Y SALUD**

**4. Funciones específicas compartidas de las municipalidades distritales:**

4.1 Administrar y reglamentar, directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo.

**2.2.7.3. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales**

Aprobado mediante Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, cuyo objetivo es el de estandarizar la metodología para el desarrollo del monitoreo de la calidad del agua residual tratada (efluente), de las plantas de

tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR).

### **2.2.8. Parámetros a analizar:**

Los parámetros que se analizarán son físicos, químicos y microbiológicos de interés para la determinación de la calidad de agua, según lo estipulado en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

#### **2.2.8.1. Parámetros Físicos:**

Son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbidez, color, sabor, olor, conductividad y Resistividad.

En esta investigación se considera a los sólidos totales en suspensión y temperatura.

##### **2.2.8.1.1. Sólidos Totales en Suspensión:**

Los sólidos suspendidos son principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapos y células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua. (Zambrano, 2013).

Los sólidos se encuentran en suspensión, coloidales y disueltos, se oxidan consumiendo el oxígeno disuelto en el agua, sedimentan al fondo de los cuerpos receptores donde modifican el hábitat natural y afectan a la biodiversidad acuática. (Villanueva et al, 2017).

Este parámetro es medido en miligramo por litro (mg/l).

#### **2.2.8.1.2. Temperatura:**

Suele ser superior a la del agua de consumo, por el aporte de agua caliente procedente del aseo y las tareas domésticas. Oscila entre 10 °C y 21 °C, con un valor medio de 15 °C, aproximadamente. Esta mayor temperatura ejerce una acción perjudicial sobre las aguas receptoras, pudiendo modificar la flora y fauna de éstas, y dando lugar al crecimiento indeseable de algas, hongos, etc.

También, el aumento de temperatura puede contribuir al agotamiento del oxígeno disuelto, ya que la solubilidad del oxígeno disminuye con la temperatura. (López, 1985).

#### **2.2.8.2. Parámetros Químicos:**

##### **2.2.8.2.1. Aceites y Grasas:**

En el lenguaje común, se entiende por grasas y aceites el conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente.

En aguas residuales, los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia. El parámetro grasas y aceites incluye los ésteres de ácidos grasos de cadena larga, compuestos con cadenas largas de hidrocarburos, comúnmente con un grupo ácido carboxílico en un extremo; debido a la estructura larga hidrofóbica del hidrocarburo.

Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes

(Zambrano, 2013). Este parámetro se expresa en miligramo por litro (mg/l).

#### **2.2.8.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):**

Cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en miligramo por litro (mg/l).

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).

Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20° C; esto se indica como DBO<sub>5</sub>. (Ferrero, 1974)

#### **2.2.8.2.3. Demanda Química de Oxígeno (DQO):**

- Es definido como la cantidad de oxidante que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumido es expresado en términos de su equivalente en oxígeno. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2013).
- Se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible a ser oxidada. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno miligramos por litro (mg/l). A menudo se prefiere el método DQO para análisis diarios ya que es intrínsecamente más reproducible debido a que

oxida tanto la materia orgánica como inorgánica y requiere poco tiempo para su medición. (HANNA INSTRUMENTS, s.f.)

- La demanda química de oxígeno es un parámetro de polución que mide al material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de la materia orgánica presente en la muestra y oxidable por agente químico oxidante fuerte. (Korbut, 2009).

#### **2.2.8.2.4. pH:**

El valor de pH en las lagunas viene determinado fundamentalmente por la actividad fotosintética del fitoplancton y la degradación de la materia orgánica por las bacterias. Las algas consumen anhídrido carbónico en la fotosíntesis, lo que desplaza el equilibrio de los carbonatos y da lugar a un aumento del pH. Por otra parte, la degradación de la materia orgánica conduce a la formación de dióxido de carbono como producto final, lo que causa una disminución de pH.

Como la fotosíntesis depende de la radiación solar, el pH de las lagunas presenta variaciones durante el día y el año. Cuanto mayor es la intensidad luminosa, los valores del pH son más altos. Estas variaciones diarias son muy marcadas en verano, cuando pueden alcanzarse valores de pH en torno a 9 o mayores, partiendo de valores de 7-7.5, al final de la noche (Rolim, 2000).

### **2.2.8.3. Parámetros Microbiológicos:**

#### **2.2.8.3.1. Coliformes Termotolerantes:**

Son definidas como bacilos gram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44,5 °C +/- 0,2 °C dentro de las 24 +/- 2 horas. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es el *Escherichia coli*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes.

*E. coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales (Villanueva et al, 2017).

Este parámetro tiene la unidad de media de Número más probable por 100 mililitros (NMP/100 ml).

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **2.3.1. Afluente:**

Es el agua, agua residual u otro líquido que ingresa a un cuerpo de agua receptor, reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (Ministerio del Ambiente)

### **2.3.2. Calidad del agua:**

Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas del agua, determinada básicamente por los valores establecidos por la presente Reglamentación de concentraciones máximas admisibles y las establecidas en las guías de calidad, que aseguran la inexistencia de algún tipo de riesgo o peligro de carácter sanitario. (Ministerio de Salud, 2010)

### **2.3.3. Caudal:**

- Es la cantidad de agua residual que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2013)
- El caudal y la concentración de constituyentes son muy importantes en el diseño y operación de las unidades de tratamiento. Las unidades de proceso y conductos para el transporte del agua residual se deben dimensionar en forma tal que permitan soportar los caudales pico que llegarán a la planta de tratamiento (Fonseca et al, 2015).

### **2.3.4. Estándares de Calidad Ambiental (ECA):**

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. (OEFA)

### **2.3.5. Efluente:**

Líquido que sale de un proceso o planta de tratamiento de aguas residuales. (Ministerio del Ambiente)

### **2.3.6. Límites Máximos Permisibles (LMP):**

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental. (MINAM, 2010)

### **2.3.7. Protocolo de Monitoreo:**

Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en

coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo. (MINAM, 2010)

### **2.3.8. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):**

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales. (MINAM, 2010).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

- **Hipótesis Alternativa (Ha):** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.
- **Hipótesis Nula (Ho):** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- **Hipótesis Alternativa (Ha1):** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, antes del vertido al río Huallaga.
- **Hipótesis Alternativa (Ho1):** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos antes del vertido al río Huallaga.
- **Hipótesis Alternativa (Ha2):** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es efectivo en la remoción de los contaminantes químicos antes del vertido al río Huallaga.
- **Hipótesis Alternativa (Ho2):** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes químicos antes del vertido al río Huallaga.
- **Hipótesis Alternativa (Ha3):** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es efectivo en la remoción de los contaminantes microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.



- **Hipótesis Alternativa (Ha3):** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE 1**

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la Localidad de Pacaypampa.

### **2.5.2. VARIABLE 2**

Efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la Localidad de Pacaypampa.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

**TÍTULO:** “Efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la remoción de contaminantes Físico, Químicos y Microbiológicos antes del vertido al río Huallaga, en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle-Huánuco, junio – setiembre 2018”

**TESISTA:** Bach. Karen Lucero Cruz Ortiz

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN
1. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva. ( <a href="https://definicion.de/parametro/2018">https://definicion.de/parametro/2018</a> )	Los principales factores a monitorear son los parámetros físicos como los sólidos totales y temperatura; los parámetros químicos como el pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Aceites y grasas; así como los parámetros microbiológicos como los coliformes fecales. Ya que son estos parámetros que nos indicarán la calidad del efluente final que llega al río Huallaga.	<b>FÍSICO</b>	<b>LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES</b>		
			Temperatura	<35	°C	
			Sólidos Suspendidos Totales	150	ml/L	
			<b>QUÍMICO</b>			
			Aceites y Grasas	20	mg/L	CADENA DE CUSTODIA, DE
			Demanda Bioquímica de Oxígeno	100	mg/L	PROTOCOLO DE MONITOREO, DE
			Demanda Química de Oxígeno	200	mg/L	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			pH	6.5 - 8.5	Unidad de pH	
			<b>MICROBIOLÓGICO</b>			
			Coliformes Termotolerantes	10000	NMP/100mL	
2. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales. (MINAM, 2010).	La Municipalidad Distrital de Santa María del Valle ha construido una Planta de Tratamiento con la finalidad de almacenar y aislar los sólidos biológicos que ingresan a esta Planta de Tratamiento mediante la red de alcantarillado.	Diseño de las Lagunas Facultativas	Expediente técnico del Proyecto: "Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y desagüe de la localidad El Valle"	Global	EXPEDIENTE TÉCNICO
			Caudal del afluente	Método volumétrico	L/s	PROMEDIO DEL REGISTRO
			Caudal del efluente	Método volumétrico	L/s	
			Tiempo de operación de la Planta de Tratamiento.	Registro de inicio de la Obra en la Municipalidad Distrital de Santa María del Valle.	Global	RESOLUCIÓN DE INICIO DE OBRA

DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM: Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. ENFOQUE**

El enfoque cuantitativo busca describir, explicar y predecir los fenómenos (causalidad), generar y probar teorías; y el enfoque cualitativo busca describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de las percepciones y significados producidos por las experiencias de los participantes (investigador) (Hernández et al, 2008).

Por lo que, el enfoque aplicado en el desarrollo del Trabajo de Investigación es de tipo mixto, cualitativo como cuantitativo, ya que la investigación está basada en datos experimentales, con el recojo de información en el campo, así como los resultados de los análisis del Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C. acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).

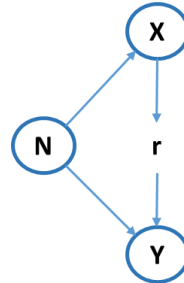
Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández Sampieri et al, 2008).

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

El trabajo de investigación es del tipo correlacional, ya que se establece la relación existente entre las dos variables, los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la Localidad de Pacaypampa, con la

Efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la Localidad de Pacaypampa.

Para la presente tesis se utilizó el diseño de tipo correlacional, como se muestra a continuación:



**N:** muestra de estudio

**X:** variable 1 (Efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales)

**Y:** variable 2 (Parámetros físicos, químicos y microbiológicos)

**r:** relación entre variable independiente y dependiente

Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba (Hernández Sampieri et all, 2008).

### 3.1.3. DISEÑO

El diseño de investigación que adoptará la investigadora para responder al problema planteado, ¿Cuál será la relación de efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Laguna Facultativa) en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes de ser vertido al río Huallaga? será la siguiente:

- **Investigación Mixta:** ya que consistirá en someter a la variable independiente (Efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) a análisis, para

observar los efectos que se producen en la variable dependiente (Reducción de los parámetros físico, químicos y microbiológicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales).

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

Como población se toma en consideración a todo el sistema de las viviendas conectadas a la red de alcantarillado, de acuerdo a los datos del diseño estipulado en el Expediente Técnico “Ampliación, Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Desagüe del Valle, distrito de Santa María del Valle-Huánuco-Huánuco”.

Es decir, a 420 viviendas del ámbito urbano del distrito de Santa María del Valle, que es equivalente a 2310 habitantes en el año de ejecución, que luego será conducido mediante la red principal hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, ubicado en la localidad de Pacaypampa.

El diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, según el Expediente Técnico, considera para el cálculo de la Población Actual lo siguiente:

#### **DATOS GENERALES:**

N: número de viviendas (420)

U: número de habitantes por vivienda promedio (5.5)

Población Total=N x U

Año 2007: Población Actual = 2310 Habitantes

#### **CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA:**

Población Actual: 2310 habitantes

Periodo De Diseño: 20 años

Dotación: 110 lts/hab/día

Tasa de Crecimiento Poblacional (t) = 2.9% (INEI)

#### CRECIAMIENTO ARITMÉTICO:

$$\text{Población Futura} = \text{Población Actual} (r \ t/110)$$

$$\text{Población Futura} = 3,650 \text{ Habitantes}$$

#### CRECIAMIENTO GEOMÉTRICO:

$$\text{Población Futura} = \text{Población Actual} (r \ t/100)$$

$$\text{Población Futura} = \text{Población Actual} \times (1 + r)^t$$

$$\text{Población Futura} = 4,092 \text{ Habitantes.}$$

### 3.2.2. MUESTRA

El tamaño de la muestra fue tomado considerando lo estipulado en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Con la recolección de muestras puntuales del afluente (P-AFL), del efluente (P-EFL), y uno adicional en la misma Laguna Facultativa (P-LAG) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Doméstico ubicada en la localidad de Pacaypampa.

#### 3.2.2.1. Tipo de muestra:

- **Muestreo no Probabilístico o Propositivo:** procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra. Guiado por uno o varios fines más que por técnicas estadísticas que buscan representatividad (Sampieri, 2008).
- **Muestreo Intencional u Opinático:** selección de los elementos con base en criterios o juicios del investigador. (Arias, 1999)

### **3.2.2.2. Número de muestras:**

Según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, se toman 2 muestras puntuales, uno del afluente y otro en el efluente; sin embargo se tomó uno adicional por iniciativa de la investigadora en la misma Laguna Facultativa.

## **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS (DETALLAR TÉCNICAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS):**

Para la recolección de datos, las técnicas usadas fueron la observación, la identificación de los puntos de monitoreo, la preparación de materiales, equipos, indumentaria, las mediciones de caudal, temperatura y pH así como la toma de muestras puntuales según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, luego fueron analizados por el Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C. acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).

En cuanto a los instrumentos utilizados fueron la Cadena de Custodia, el Etiquetado y Rotulado respectivo, el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, y los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

### 3.3.1.1. Técnicas

#### 3.3.1.1.1. Identificación de Puntos de Monitoreo:

Los puntos de monitoreo son 03: en el efluente, en el afluente, y uno adicional en la misma Laguna Facultativa.

#### 1. Agua residual cruda (afluente), entrada a la PTAR

Se ubicó un punto de monitoreo en el ingreso del agua residual cruda a la PTAR, después de la combinación de los distintos colectores de agua residual que descargan a la obra de llegada a la PTAR, el punto de monitoreo se ubica en un lugar que evite la interferencia de sólidos de gran tamaño en la toma de muestras, por lo que debe ubicarse preferentemente después del proceso de cribado de las aguas residuales.

Las coordenadas en el Sistema WGS-85 de este primer punto son:

**Tabla 3:**  
**Coordenadas del primer punto**

LUGAR	ZONA GEOGRÁFICA	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
		NORTE	ESTE	
AFLUENTE P-AFL	18 L	89099.79.47	372848.03	1850

Datos obtenidos en campo

Este punto de monitoreo fue denominado por la investigadora como P-AFL (Punto Afluente).



## ILUSTRACIÓN 06: PUNTO DE MONITOREO DEL AFL



### **2. Agua residual tratada (efluente), dispositivo de salida de la PTAR**

Se ubica un punto de monitoreo en el dispositivo de salida del agua residual tratada de la PTAR. Este punto fue ubicado en un lugar de fácil acceso y antes de que se mezclen el agua residual con el agua de la Quebrada Pacaypampa, para que el análisis no sea alterado.

Las coordenadas en el Sistema WGS-85 de este segundo punto son:

**Tabla 4:**  
**Coordenadas del segundo punto**

LUGAR	ZONA GEOGRÁFICA	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
		NORTE	ESTE	
EFLUENTE P-EFL	18 L	8910027.89	372904.14	1843

Datos obtenidos en campo

Denominándolo P-EFL (Punto Efluente).

### ILUSTRACIÓN 07: PUNTO DE MONITOREO DEL EFL



### 3. Agua residual en proceso de operación

Se ubica un tercer punto de monitoreo en la misma Laguna Facultativa de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la Localidad de Pacaypampa. Esto a criterio de la investigadora con la finalidad de comparar los resultados de los análisis y explicar el comportamiento del agua residual.

Las coordenadas en el Sistema WGS-85 de este tercer punto son:

**Tabla 5:  
Coordenadas del tercer punto**

LUGAR	ZONA GEOGRÁFICA	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
		NORTE	ESTE	
LAGUNA P-LAG	18 L	89099.79.47	372848.03	1847

Datos obtenidos en campo

Este punto también se ubicó en un lugar accesible sin poner en riesgo a la investigadora. Este punto fue denominado P-LAG (Punto Laguna).

**ILUSTRACIÓN 8: PUNTO DE MONITOREO LAG**



### **3.3.1.1.2. Preparación de materiales y equipos para la toma de muestra:**

#### **➤ Materiales:**

Los materiales son indispensables para la toma de muestra, por lo que es necesario tener todo listo con anticipación, entre ellos tenemos:

- Plumón indeleble.
- Frascos etiquetados.
- Cooler.
- Hielo.
- Cuadernillo.

#### **➤ Equipos:**

- GPS.
- pH-metro.
- Termómetro.
- Cámara fotográfica.

### **3.3.1.1.3. Preparación de Indumentaria de protección:**

- Botas de jebe.
- Lentes de seguridad.
- Guantes de nitrilo descartable.
- Mascarilla descartable.
- Casco de seguridad.
- Guardapolvo blanco.

### **3.3.1.1.4. Medición de parámetros en campo y registro de información**

Como parámetros de campo se tomó la temperatura y el pH, además se ha medido el caudal del afluente y efluente, por lo que se realizó los siguientes pasos:

#### **3.3.1.1.4.1. Medición del caudal del afluente y efluente:**

Se tomó en consideración lo estipulado en el Anexo VII del Protocolo de Monitoreo de calidad de los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales, en el cual se indica el método Volumétrico para la medición de caudales menores a 5L/s.

#### **3.3.1.1.4.2. Método volumétrico para el afluente y efluente:**

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

##### **a) Medición del tiempo: T (s)**

- Se usó un recipiente de 04 litros para colectar el agua.
- Un cronómetro.
- Se mide el tiempo que demora el llenado de un determinado volumen de agua.

##### **b) Medición del volumen: V (L)**

- El volumen del recipiente usado para la medición del caudal fue de 04 litros.

**c) Medición del Caudal del Afluente:**

**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 = caudal en L/s

V = volumen en litros

T = Tiempo en segundos

Esta operación se llevó a cabo 03 veces con la finalidad de determinar un promedio que se aproxime a la realidad.

Por lo que, se obtiene la siguiente

Tabla:

**TABLA 6**

**Promedio de Caudal de Afluente**

<b>N° REPETICIONES</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>LITROS (lt)</b>
01	02:67	4
02	01:57	4
03	02:98	4
<b>PROMEDIO</b>	<b>2:41</b>	

Datos obtenidos en campo

Por lo tanto:

$$Q = 4 \text{ lt} / 2.41 \text{ s}$$

$$Q = 1.66 \text{ lt/s}$$

**d) Medición del Caudal del Efluente:**

**Q (L/s)**

Se realizó de la misma manera que el anterior, construyendo la siguiente Tabla:

**TABLA 7**  
**Promedio de Caudal de Efluente**

<b>N° REPETICIONES</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>LITROS (lt)</b>
01	02:55	4
02	03:30	4
03	02:89	4
<b>PROMEDIO</b>	<b>02:91</b>	

Datos obtenidos en campo

$$Q = V/T$$

Por lo tanto:

$$Q = 4 \text{ lt} / 2:91 \text{ s}$$

$$Q = 1.37 \text{ lt/s}$$

#### **3.3.1.1.5. Medición de temperatura:**

La medición de la temperatura se tomó inmediatamente después de la toma del caudal con la ayuda de un equipo multiparámetro, como se muestra en la siguiente Ilustración:

**ILUSTRACIÓN 09: MEDICIÓN DE TEMPERATURA**



Se ha medido la temperatura en los 03 puntos de monitoreo, ordenándolos en la siguiente Tabla:

**TABLA 8**  
**Medición de la Temperatura en los 03 Puntos de Monitoreo**

<b>PUNTOS DE MONITOREO</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>
P-EFL	21
P-LAG	21
P-EFL	21
<b>PROMEDIO</b>	<b>21</b>

Datos obtenidos en campo

#### **3.3.1.1.6. Medición del pH:**

Luego de la medición de la temperatura, se continuó con la medición del pH con el instrumento llamado pH-metro, como se muestra en la siguiente Ilustración:

**ILUSTRACIÓN 10: MEDICIÓN DE PH**



Se ha medido el pH en los 03 puntos de monitoreo, ordenándolos en la siguiente Tabla:



**TABLA 9**  
**Medición del pH en los 03 Puntos de Monitoreo**

PUNTOS DE MONITOREO	pH
P-EFL	6.5
P-LAG	6.8
P-EFL	7.5
<b>PROMEDIO</b>	<b>7</b>

Datos obtenidos en campo

**3.3.1.1.7. Toma de muestra de agua residual:**

La toma de muestra se realizó con un recipiente apropiado esterilizado para el agua residual, acondicionado a una rama de diámetro de 2" para que sea posible la toma de dichas muestras.

Se tomaron muestras puntuales para 05 parámetros entre físicos, químicos y microbiológicos, los cuales fueron llenados en los recipientes indicados por el Laboratorio de Ensayo acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).

Los recipientes están señalados en la Ilustración siguiente:

**ILUSTRACIÓN 11: REQUISITOS MÍNIMOS PARA ENSAYOS DE MUESTRAS AMBIENTALES**

No	Descripción de la muestra	Método de ensayo	Tipo Envase	Tamaño mínimo de muestra	Tipo Muestra	Preservación	Precauciones	Tiempo de Almacenamiento
1	2018_Aguas y Gases (mg/L)	ASTM D881 - 06 (Reapproved 2015) Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water - 11666002014	Frasco tipo amber 500 ml boca ancha	500.00	PUNTUAL	ADICIONAR APROX. 2.5ML DE H2SO4 (1:1), HASTA UN PH=2	POR CADA 20 MUESTRAS O MENOS ENVIAR DOS MUESTRAS POR DUPLICADO CUANDO SE MONTEN LOS SIGUIENTES REQUISITOS DE LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE CALLACHAREQUIPA. CONTRAMUESTRA ENVIAR 12 LT ADICIONAL.	28 DIAS SOLO SI ENVA CONTRAMUESTRA TERAPO PROPUETO POR LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE CALLACHAREQUIPA.
2	2018_Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	5200-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B 2nd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day 20°C test	Frasco PVC 1 L boca ancha (Transparente)	1000.00	PUNTUAL COMPOSITO	LLENAR EL FRASCO COMPLETAMENTE SIN DEJAR BUBULAS DE AIRE. ALMACENAR DE -4°C A +4°C		48 HORAS.
3	2018_Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	5220-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D 2nd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD) Reflux, Closed-Reflex Method	Frasco PVC 100 ml boca ancha	100.00	PUNTUAL COMPOSITO	ADICIONAR H2SO4 HASTA PH = 2 JABONAR 3ML O 10 GOTAS DE H2SO4 (1:1) ALMACENAR DE -4°C A +4°C	METODO NO APLICA PARA AGUA SALINA	28 DIAS
4	2018_Aguda Total en Suspensión (mg/L)	5270-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D 2nd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids (mg/L) at 103-105 °C	Frasco PVC 1 L boca ancha (Transparente)	1000.00	PUNTUAL COMPOSITO	ALMACENAR DE -4°C A +4°C		7 DIAS
5	Num.Cult.Fec.	5271-APHA-AWWA-WEF Part 5271 E 2nd Ed. 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Puff Culture Procedure. Thermocoker Coliform Test (EC Method).	Frasco PVC esteril 250 ml (Tapa roja)	250.00	PUNTUAL	REFRIGERAR + 4°C ADICIONAR TOSUATO DE SODIO A MUESTRAS QUE TIENEN CLORO PARA AGUA RESIDUAL USAR 0.8 ML TOSUATO AL 10% Y PARA AGUA DE USO Y CONSUMO HUMANO 0.8 ML TOSUATO AL 2% POR 250 ML DE MUESTRA	NO ELIMINAR LA CUBIERTA DE LA BOTTLETA JABONAR CON PAPEL KRAFT, NO LLENAR LOS BOTTLETAS. SOLO TOMAR 3/4 PARTES DELAN UN ESPACIO PARA LA REACION Y HOMODENACION ENVIAR BLANCO VIAJERO PIDIEND COMERCIAL.	AGUA DE BEBIDA 30 HORAS. AGUA NO POTABLE. 24 HORAS

Para una mejor visualización, se muestra la siguiente Tabla:

**TABLA 10**  
**Tipo de Envase**

<b>N°</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>TIPO DE ENVASE</b>	<b>TAMAÑO MÍNIMO DE MUESTRA</b>
<b>PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS</b>			
01	Aceites y Grasas	Frasco de Vidrio Ámbar, boca ancha	500 ml
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Frasco PVC	1 L
03	Demanda Química de Oxígeno	Frasco PVC	100 ml
04	Sólidos Totales en Suspensión	Frasco PVC	1 L
<b>PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO</b>			
05	N° Coliformes Fecales	Frasco PVC estéril	250 ml

Una vez llenado en el envase correspondiente, se asegura con la tapa de rosca y se coloca en el cooler que contiene dentro bolsas de hielo. Este procedimiento se repite en el Punto Laguna (P-LAG) y en el Punto Efluente (P-EFL).

## ILUSTRACIÓN 12: LLENADO AL FRASCO DE VIDRIO AMBAR



### 3.3.1.2. Instrumentos

Los instrumentos son medios que se emplean para recoger y almacenar información (Arias, 1999).

#### 3.3.1.2.1. Etiquetado y rotulado:

Una vez tomado las muestras, se procedió inmediatamente a etiquetarlo y rotularlo, con letra clara y legible, conteniendo los datos básicos de etiquetado como nombre de la PTAR, número de muestra, fecha y hora de la toma de muestra, y operador de muestreo; de acuerdo a lo indicado por el Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C.

### ILUSTRACIÓN 13: ETIQUETA

<b>SGS</b>	<b>DIVISIÓN MEDIO AMBIENTE</b>
OI: 344454-2	PREACTA:
CLIENTE: CRUZ ORTIZ KAREN LUCERO	
LUGAR DE INSPECCIÓN: _____	
CÓDIGO DE LA MUESTRA: _____	
FECHA DE MUESTREO: _____	HORA DE MUESTREO: _____
MUESTREADO POR: _____	
ANÁLISIS REQUERIDO: _____	
<input type="checkbox"/> PRESERVADO DE ACUERDO A DR-18	<input type="checkbox"/> FILTRADO

### ILUSTRACIÓN 14: ROTULADO



### 3.3.1.2.2. Llenado de la cadena de custodia:

En el llenado de la Cadena de custodia se indicarán los parámetros a evaluar por cada Punto de Monitoreo, el tipo de frasco utilizado por cada Parámetro a evaluar, tipo de muestra de agua, en este caso residual, volumen de la muestra, número de las muestras, condiciones de conservación, operador del muestreo y otra información que se considere relevante, como la fecha y hora, número de frascos, número de cooler, etc. Siempre siguiendo las instrucciones del Laboratorio de Ensayo S.G.S PERÚ S.A.C.

### ILUSTRACIÓN 15: CADENA DE CUSTODIA RELLENADO

The form is titled 'CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA' and includes the SGS logo. It contains the following sections:

- DATOS DEL CLIENTE:** Karen Lucero Cruz Ortiz, Teléfono: 987844243, Correo: karen\_lu\_01@hotmail.com, Dirección: Calle 6, Pasadizo 760, Teléfono: 987844243.
- FACTURAS:** Karen Lucero Cruz Ortiz, Calle 6, Pasadizo 760, Teléfono: 987844243.
- ANÁLISIS REQUERIDOS / PRESERVANTES:** Agua residual, Agua de lluvia, Agua de río, Agua de manantial, Agua de pozo, Agua de perforación, Agua de lluvia (reservorio), Agua de lluvia (cisterna), Agua de lluvia (tanque), Agua de lluvia (cisterna), Agua de lluvia (tanque), Agua de lluvia (cisterna).
- TIPO DE AGUA:** Agua residual.
- Tabla de Muestras:**

Nº	Etiqueta	Coordenadas UTM	Altitud (msnm)	Fecha	Hora	X	Y	Observaciones
1	P-001-AFL	12° 01' 32" S, 76° 01' 33" W	1907	22/07/16	10:00	X	X	Si tiene preservante.
2	P-001-AFL	12° 01' 32" S, 76° 01' 33" W	1907	22/07/16	10:00	X	X	Duplicado, si tiene preservante.
3	P-002-AFL	12° 01' 33" S, 76° 01' 33" W	1907	22/07/16	10:40	X	X	
4	P-003-AFL	"	1907	22/07/16	10:15	X	X	Si tiene preservante.
5	P-004-AFL	"	1907	22/07/16	10:10	X	X	
6	P-005-AFL	"	1907	22/07/16	10:13	X	X	Si preservante.
- Responsible person:** Karen Lucero Cruz Ortiz, Fecha: 22/07/2016, Firma: [Signature]
- Responsible of the Client:** Karen Lucero Cruz Ortiz, Fecha: 22/07/2016, Firma: [Signature]
- Responsible of the Laboratory:** Karen Lucero Cruz Ortiz, Fecha y hora del envío: 08:00 pm / 22/07/2016.

### 3.3.1.2.3. Preservación y transporte de las muestras:

Las muestras de agua residual que fueron recolectadas, etiquetadas y rotuladas se preservaron con soluciones químicas dentro de un cooler juntamente con hielo para evitar el contacto con la luz y el calor durante el transporte desde la ciudad de Huánuco hacia la ciudad de Lima, de esta manera

los parámetros no sean alterados durante el transporte hacia el laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) para continuar con los análisis respectivos. Siempre teniendo en cuenta lo indicado por el Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C. según los Requisitos Mínimos para Ensayos de Muestras Ambientales, como se muestra en la siguiente Ilustración:

### ILUSTRACIÓN 16: REQUISITOS MÍNIMOS PARA ENSAYOS DE MUESTRAS AMBIENTALES

No	Descripción (Barridos)	Matr. Método de ensayo	Tipo Envase	Tamaño mínimo de muestra	Tipo Muestra	Preservación	Precauciones	Tiempo de Almacenamiento
1	2016, Asbesto y Cargas (mg/L)	ASTM D2021 - 06 (Reapproved 2011) Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water - r16ab092014	Frasco HDPE 500 ml boca ancha	50.00	PUNTUAL	ADICIONAR 500.0 ML DE H2O2 (1%), HASTA UN PVCC	POR CADA 30 MUESTRAS O MENOS ENVIAR DOS MUESTRAS POR DUPLICADO CUANDO SE MONITOREE SÓLO UNA MUESTRA ENVIAR UN DUPLICADO SI SE REQUIERE CONTRAMUESTRA ENVIAR 10 LT ADICIONAL	28 DÍAS SÓLO SI ENVA CONTRAMUESTRA TEMA PO PROPOSITO POR LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE CALLO-AREGUÑA
2	2016, Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	ISO 15709-1 ALPHA-AUTWA-WEF Part 2210 B 2nd Ed. 2007. Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD test	Frasco PVC 1 L boca ancha (Transparente)	100.00	PUNTUAL COMPOSITO	LLENAR EL FRASCO COMPLETAMENTE, SIN DEJAR BUBULAS DE AIRE ALMACENAR DE: <math>4^{\circ}\text{C}</math> a <math>8^{\circ}\text{C}</math>		48 HORAS
3	2016, Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	ISO 15709-1 ALPHA-AUTWA-WEF Part 2220 C 2nd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand Closed Reflux, Colormetric Method	Frasco PVC 100 ml boca ancha	100.00	PUNTUAL COMPOSITO	ADICIONAR H2O2 HASTA 10% JARRON 0.5 ML O 10 GOTAS DE H2O2 (1%) ALMACENAR DE: <math>4^{\circ}\text{C}</math> a <math>8^{\circ}\text{C}</math>	MÉTODO NO APLICA PARA AGUA SALINA	28 DÍAS
4	2016, Sólidos Totales en Suspensión (mg/L)	ISO 15709-1 ALPHA-AUTWA-WEF Part 2540-D 2nd Ed. 2017. Solids, Total Suspended Solids and at 103-100 °C	Frasco PVC 1 L boca ancha (Transparente)	100.00	PUNTUAL COMPOSITO	ALMACENAR DE: <math>4^{\circ}\text{C}</math> a <math>8^{\circ}\text{C}</math>		7 DÍAS
5	Num. Col. Fac.	ISO 15709-1 ALPHA-AUTWA-WEF Part 2217E 1, 2nd Ed. 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group: Fecal Coliforms, Producers, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	Frasco PVC 250 ml (Tapa rígida)	250.00	PUNTUAL	REFRIGERAR a <math>4^{\circ}\text{C}</math> SACOSER TUBOS Y AGU DE BODO A MUESTRAS QUE TIENEN CLORO PARA AGUA RESIDUAL USAR 0.8 mL TOSULFATO AL 10% PARA AGUA DE USO Y CONSUMO HUMANO O AL 3% PARA AGUA BLANCO VALERO FORDEN COMERCIAL	NO ELIMINAR LA COBERTA DE LA BOTELLA USANDO CON PAPEL DRAFT, NO LLENAR LOS FRASCOS DE MUESTRAS SÓLO TOMAR 3/4 PARTE. DEJAR UN ESPACIO PARA LA AIREACION + HOMOGENEIZACION ENVIAR BLANCO VALERO FORDEN COMERCIAL	AGUA DE BEBIDA 30 HORAS. AGUA NO POTABLE: 24 HORAS

Para mejor visualización de la conservación, se muestra la siguiente Tabla:

**TABLA 11**  
**Preservación de las muestras**

N°	PARÁMETROS	PRESERVACIÓN	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS			
01	Aceites y Grasas	Adicionar aprox. 2.5 ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , hasta pH<2	28 días
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Llenar el frasco completamente, sin dejar burbujas de aire. Almacenar >0°C a <6°C	48 horas
03	Demanda Química de Oxígeno	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH=2. Almacenar >0°C a <6°C	28 días
04	Sólidos Totales en Suspensión	Almacenar >0°C a <4°C	7 días
PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO			
05	N° Coliformes Fecales	Refrigerar <8°C. Adicionar Tiosulfato de sodio (para agua residual 0.5 ml). Solo tomar ¾ partes del frasco para dejar un espacio para la aireación y homogenización.	24 horas

### 3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

La presentación de datos se realizó con tabulaciones y cuadros estadísticos con la aplicación del programa IBM SPSS Statistics Visor.

En el que se trabajó con 3 puntos de monitoreo (P-AFL, P-LAG, P-EFL). Para un nivel de significancia o nivel de error (Sig.)  $\alpha < 0.05$ , por lo que el nivel de confianza es de 95%.

**TABLA 12**  
**Pruebas de Normalidad**

PRUEBAS DE NORMALIDAD						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SST	,177	3	.	1,000	3	,974
LMPSSST	.	3	.	.	3	.
DBO	,358	3	.	,812	3	,143
LMPDBO	.	3	.	.	3	.
DQO	,357	3	.	,815	3	,151
LMPDQO	.	3	.	.	3	.
AyG	,380	3	.	,763	3	,030
LMPAyG	.	3	.	.	3	.
T°	.	3	.	.	3	.
LMPT°	.	3	.	.	3	.
pH	,219	3	.	,987	3	,780
LMPpH	.	3	.	.	3	.
CF	,328	3	.	,870	3	,295
LMPCF	.	3	.	.	3	.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como son 3 puntos de monitoreo (<30 individuos) se usa la Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk, con el siguiente criterio:

P-valor  $\geq \alpha$  se acepta **H<sub>0</sub>**= los datos provienen de una distribución normal.

P-valor  $< \alpha$  se acepta **H<sub>1</sub>**= los datos NO provienen de una distribución normal.

**TABLA 13**  
**Pruebas de Normalidad**

N°	NORMALIDAD		
1	P-VALOR (SST) = 0.974	>	$\alpha = 0.05$
2	P-VALOR (DBO)= 0.143	>	$\alpha = 0.05$
3	P-VALOR (DQO)= 0.151	>	$\alpha = 0.05$
4	P-VALOR (AyG)= 0.30	<	$\alpha = 0.05$
5	P-VALOR (T°)= -	-	$\alpha = 0.05$
6	P-VALOR (pH)= 0.780	>	$\alpha = 0.05$
7	P-VALOR (CF)= 0.295	>	$\alpha = 0.05$



En los cuales el P-valor son  $> \alpha = 0.05$ , se acepta la **H0: La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.**

En el caso del P-valor (AyG) es  $< \alpha = 0.05$ , por lo que se acepta la **H1: La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.**

En caso de la Temperatura ( $T^\circ$ ), ésta no presenta un  $< \alpha = 0.05$  ni  $> \alpha = 0.05$ ; por lo mismo que no reduce ni incrementa el valor del parámetro, sino que la temperatura es constante en los 3 puntos de monitoreo y cumple los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

### **3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Para realizar el análisis e interpretación de los datos es de mucha importancia conocer el Sistema de Alcantarillado y las partes que constituye la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

#### **3.3.3.1. Red de alcantarillado**

Viene a ser toda la recolección de las aguas residuales domésticas mediante tuberías de alcantarilla, para transportarlos hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la localidad de Pacaypampa.

Esta red de alcantarillado recolecta las aguas residuales de 420 viviendas de la zona urbana del distrito de Santa María del Valle.



### ILUSTRACIÓN 18: REJILLAS DE ACERO



#### 3.3.3.3. Afluente

Es el agua, agua residual u otro líquido que ingresa a un cuerpo de agua receptor, reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (Ministerio del Ambiente)

### ILUSTRACIÓN 19: AFLUENTE



#### **3.3.3.4. Laguna facultativa primaria y secundaria**

Estructuras con el propósito de almacenar y aislar los sólidos biológicos.

**ILUSTRACIÓN 20: LAGUNA FACULTATIVA PRIMARIA**



**ILUSTRACIÓN 21: LAGUNA FACULTATIVA SECUNDARIA**



### 3.3.3.5. Efluente

Líquido que sale de un proceso o planta de tratamiento de aguas residuales. (Ministerio del Ambiente).

**ILUSTRACIÓN 22: EFLUENTE**



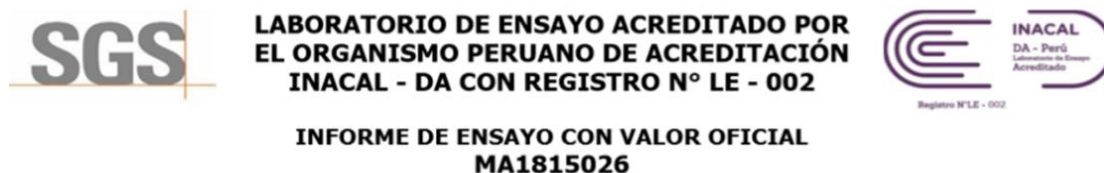
# CAPÍTULO IV RESULTADOS

## 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta oportunidad, en el presente Proyecto de Investigación se considera a la recolección de datos en campo, así como la presentación en Cadena de Custodia, el análisis de bibliografía y los análisis por el Laboratorio de Ensayo acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) de las muestras de agua residual.

En la siguiente Ilustración se muestra el Informe de análisis realizado y enviado a la investigadora por el Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C.

### ILUSTRACIÓN 23: INFORME DE ENSAYO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1815026**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-AFL	P-LAG	P-EFL
FECHA DE MUESTREO					22/07/2018	22/07/2018	22/07/2018
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:26:00	10:47:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Análisis Fisicoquímicos</b>							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg/L	1	3	134	200	263
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHAS210B	mg/L	1.0	2.6	127.1	343.7	325.7
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHAS220D	mg/L	1.8	4.5	302.3	807.7	856.3
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	18.1	1.2	1.5
<b>Análisis Microbiológicos</b>							
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHAS221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	1300000	490000	330000

Representándolos de la mejor manera en la siguiente Tabla:

**TABLA 14**  
**Análisis de los parámetros de Agua Residual**

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO		
			P-AFL	P-LAG	P-EFL
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
01	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	134	200	263
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	127.1	343.7	325.7
03	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	302.3	807.7	856.3
04	Aceites y Grasas	mg/L	18.1	1.2	1.5
05	Temperatura	°C	21	21	21
06	pH	Unidad	6.5	7.1	7.5
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</b>					
07	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	13,000,000	4,900,000	3,300,000

Estos resultados son comparados con el D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, con la finalidad de identificar el comportamiento de las Aguas Residuales durante el proceso de operación.

**TABLA 15**  
**Comparación de los resultados parámetros de Agua Residual con los LMP**

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			P-AFL	P-LAG	P-EFL	D.S. 003-2010-MINAM
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>						
1	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	134	200	263	150
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	127.1	343.7	325.7	100
3	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	302.3	807.7	856.3	200
4	Aceites y Grasas	mg/L	18.1	1.2	1.5	20
5	Temperatura	°C	21	21	21	<35
6	pH	Unidad	6.5	7.1	7.5	6.5-8.5
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</b>						
7	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	13,000,000	4,900,000	3,300,000	10,000

**Interpretación:** Como se puede observar en la TABLA 9, los parámetros resaltados de color amarillo son las que están permitido por los

Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales; mientras que los resultados de color rojo son aquellos parámetros que se exceden estos Límites Máximos Permisibles.

Para una comprensión más clara, a continuación se explicará cada parámetro.

#### 4.1.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

##### 4.1.1.1. SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)

**TABLA 16**  
**COMPARACIÓN DE SST CON LMP**

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		P-AFL	P-LAG	P-EFL	D.S. 003-2010-MINAM
Sólidos Totales en Suspensión	en mg/l	134	200	263	150

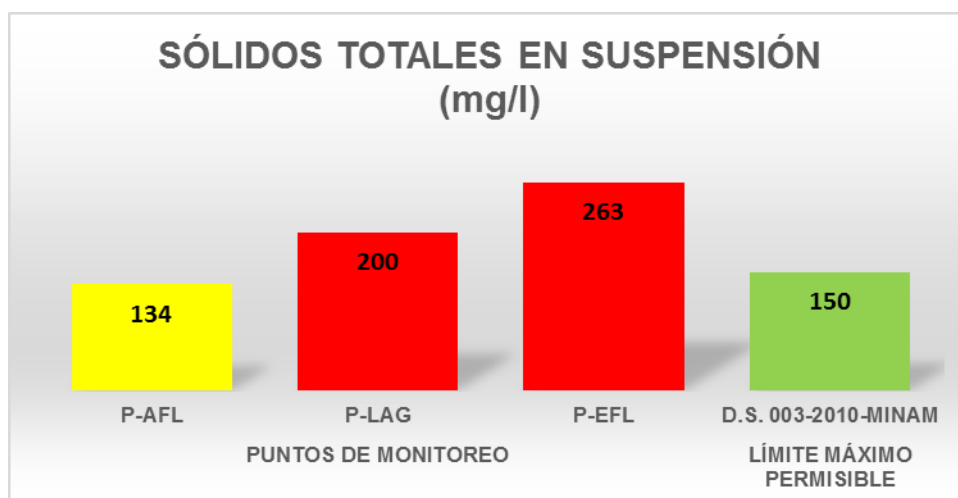
**Interpretación:** Como se aprecia en la Tabla 10, en el P-AFL el agua residual ingresa con una carga de 134 mg/l de Sólidos Totales en Suspensión; sin embargo ésta aumenta en los siguientes dos puntos, P-LAG con 200 mg/l y P-EFL con 263 mg/l.

Si nos fijamos en la Normativa Peruana, el D.S. 003-2010-MINAM, el valor promedio debe ser de 150 mg/l, por lo que podemos indicar que el P-LAG y el P-EFL están excediendo los Límites Máximos Permisibles.

En el Gráfico de Barras siguiente, se muestra lo mencionado líneas anteriores.



### GRÁFICO DE BARRAS N° 01: SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN



#### 4.1.1.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

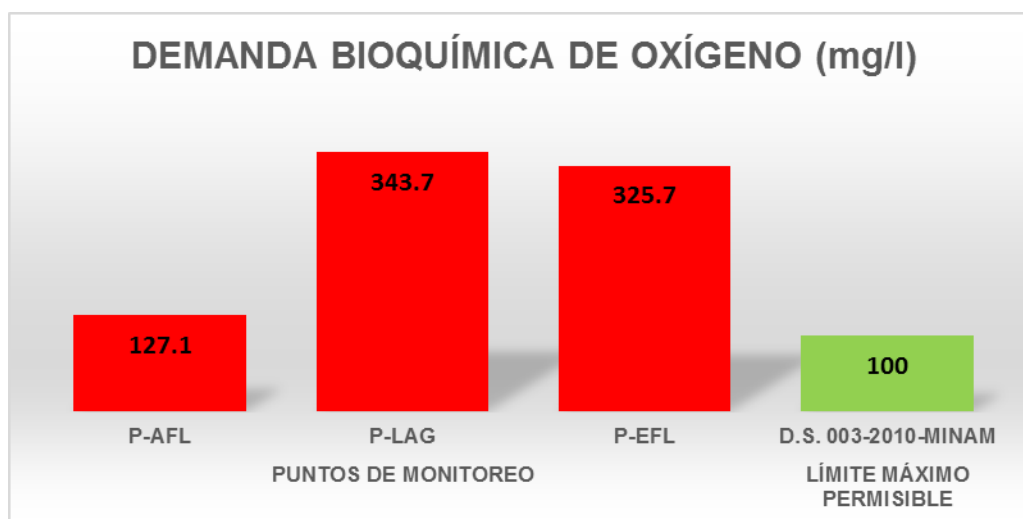
TABLA 17  
COMPARACIÓN DE DBO CON LMP

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		P-AFL	P-LAG	P-EFL	D.S. 003-2010-MINAM
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	127.1	343.7	325.7	100

**Interpretación:** Como se aprecia en la Tabla 11, los tres puntos de monitores, el P-AFL, P-LAG y el P-EFL, presentan 127.1 mg/l, 343.7 mg/l y 325.7 mg/l respectivamente. Luego de compararlo con la Normativa Peruana, el D.S. 003-2010-MINAM, que el valor promedio debe ser de 100 mg/l, podemos indicar que el P-EFL, P-LAG y el P-AFL están excediendo los Límites Máximos Permisibles.

En el Gráfico de Barras siguiente, se muestra lo mencionado líneas anteriores.

## GRÁFICO DE BARRAS N° 02: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO



### 4.1.1.3. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

TABLA 18

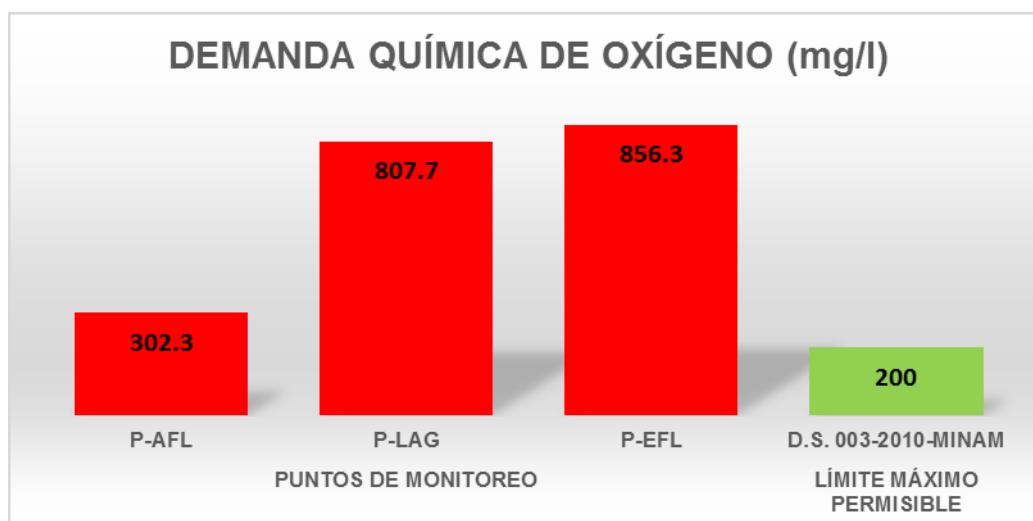
#### COMPARACIÓN DE DQO CON LMP

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		P-AFL	P-LAG	P-EFL	D.S. 003-2010-MINAM
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	302.3	807.7	856.3	200

**Interpretación:** Como se aprecia en la Tabla 12, los tres puntos de monitores, el P-AFL, P-LAG y el P-EFL, presentan 302.3 mg/l, 807.7 mg/l y 856.3 mg/l respectivamente. Luego de compararlo con la Normativa Peruana, el D.S. 003-2010-MINAM, que el valor promedio debe ser de 200 mg/l, podemos indicar que el P-EFL, P-LAG y el P-AFL están excediendo los Límites Máximos Permisibles.

En el Gráfico de Barras siguiente, se muestra lo mencionado líneas anteriores.

### GRÁFICO DE BARRAS N° 03: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO



#### 4.1.1.4. ACEITES Y GRASAS (AyG)

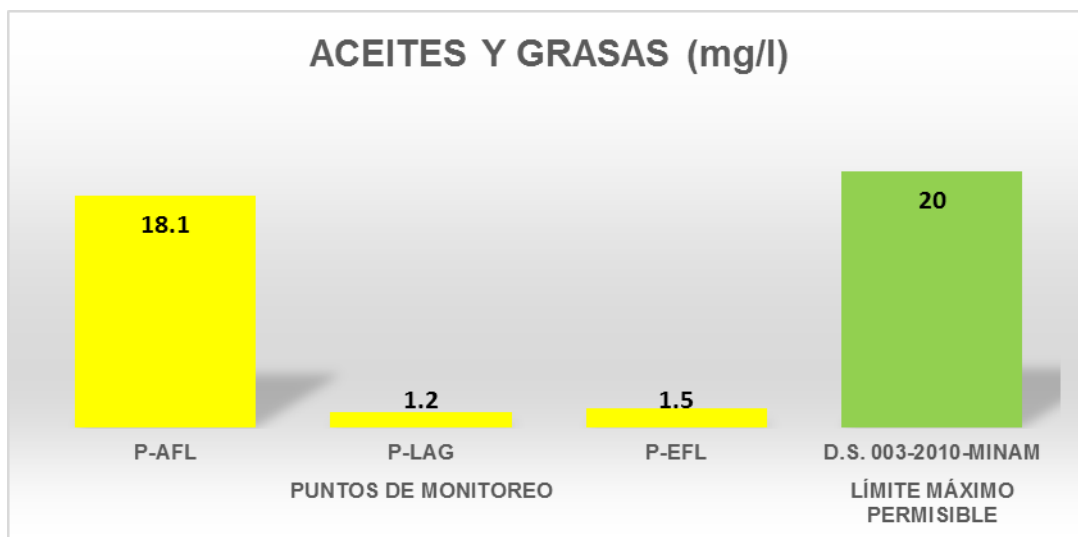
TABLA 19  
COMPARACIÓN DE AyG CON LMP

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		P-AFL	P-LAG	P-EFL	D.S. 003-2010-MINAM
Aceites y Grasas	mg/l	18.1	1.2	1.5	20

**Interpretación:** Como se aprecia en la Tabla 13, los tres puntos de monitores, el P-AFL, P-LAG y el P-EFL, presentan valores de 18.1 mg/l, 1.2 mg/l y 1.5 mg/l respectivamente. Luego de compararlo con la Normativa Peruana, el D.S. 003-2010-MINAM, que el valor promedio debe ser de 20 mg/l, podemos indicar que el P-EFL, P-LAG y el P-EFL están muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles.

En el Gráfico de Barras siguiente, se muestra lo mencionado líneas anteriores.

**GRÁFICO DE BARRAS N° 04: ACEITES Y GRASAS**



**4.1.1.5. TEMPERATURA (T°)**

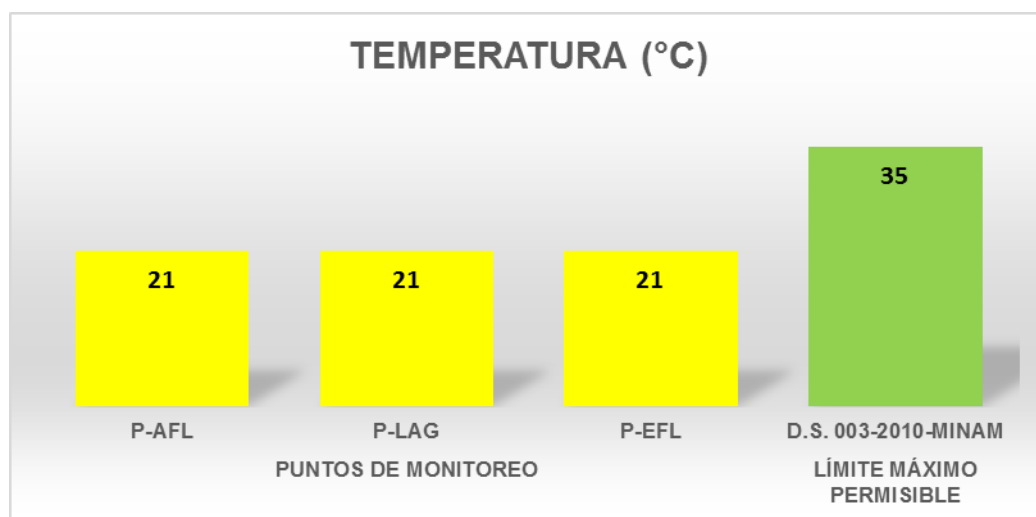
**TABLA 20  
COMPARACIÓN DE T° CON LMP**

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		P-AFL	P-LAG	P-EFL	D.S. 003-2010-MINAM
Temperatura	°C	21	21	21	35

**Interpretación:** Como se aprecia en la Tabla 14, los tres puntos de monitores, el P-AFL, P-LAG y el P-EFL, presentan valores de 21 °C, 21 °C y 21 °C respectivamente. Luego de compararlo con la Normativa Peruana, el D.S. 003-2010-MINAM, que el valor promedio debe ser de 35 °C, podemos indicar que el P-EFL, P-LAG y el P-AFL están muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles.

En el Gráfico de Barras siguiente, se muestra lo mencionado líneas anteriores.

### GRÁFICO DE BARRAS N° 05: TEMPERATURA



#### 4.1.1.6. pH

TABLA 21

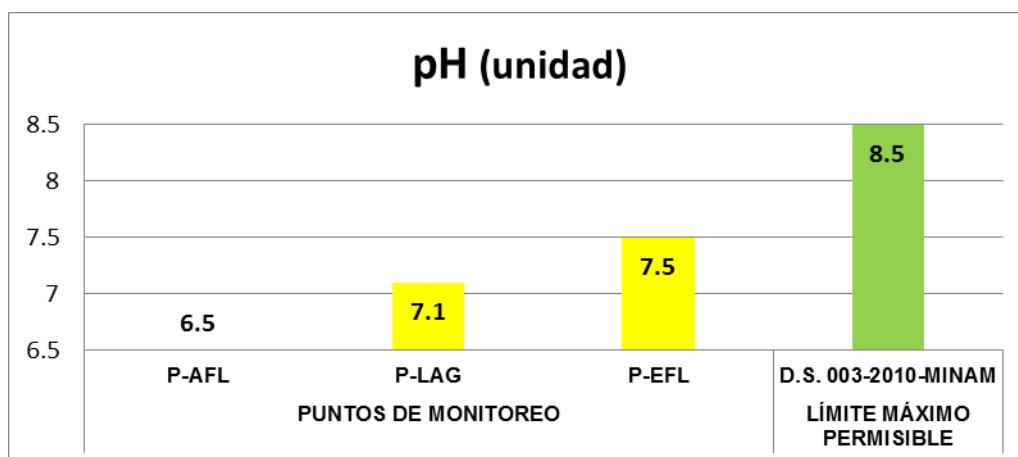
#### COMPARACIÓN DE pH CON LMP

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		P-AFL	P-LAG	P-EFL	D.S. 003-2010-MINAM
pH	Unidad	6.5	7.1	7.5	8.5

**Interpretación:** Como se aprecia en la Tabla 15, los tres puntos de monitores, el P-AFL, P-LAG y el P-EFL, presentan valores de 6.5, 7.1 y 7.5 respectivamente. Luego de compararlo con la Normativa Peruana, el D.S. 003-2010-MINAM, que el valor promedio debe ser de 8.5, podemos indicar que el P-EFL, P-LAG y el P-EFL están muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles.

En el Gráfico de Barras siguiente, se muestra lo mencionado líneas anteriores.

GRÁFICO DE BARRAS N° 06: pH



#### 4.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

##### 4.1.2.1. COLIFORMES FECALES TERMOTOLERANTES (CFT)

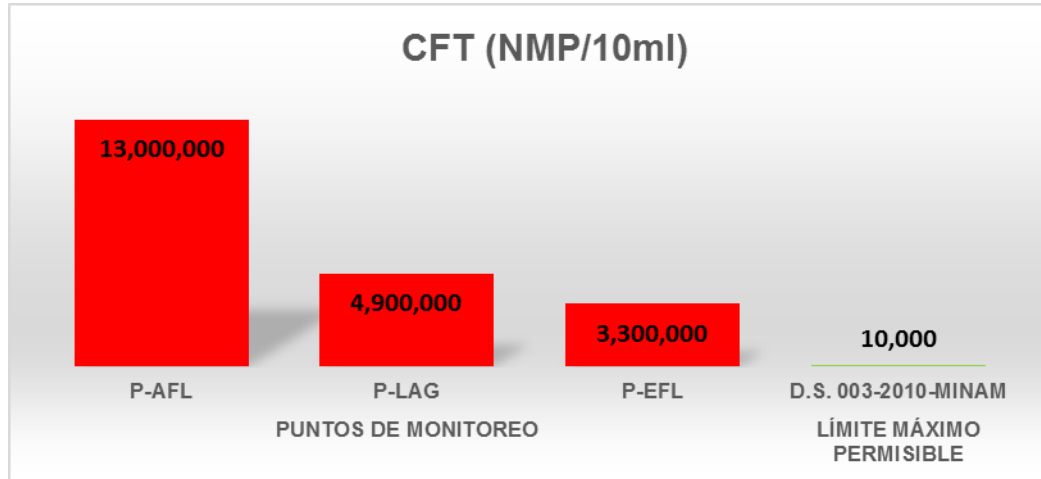
TABLA 22  
COMPARACIÓN DE CFT CON LMP

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTOS DE MONITOREO			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		P-AFL	P-LAG	P-EFL	D.S. 003-2010-MINAM
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	13,000,000	4,900,000	3,300,000	10,000

**Interpretación:** Como se aprecia en la Tabla 16, los tres puntos de monitores, el P-AFL, P-LAG y el P-EFL, presentan valores de 13,000.000 NMP/100ml, 4,900.000 NMP/100ml y 3,300.000 NMP/100ml respectivamente. Luego de compararlo con la Normativa Peruana, el D.S. 003-2010-MINAM, que el valor promedio debe ser de 10.000 NMP/100ml, podemos indicar que el P-EFL, P-LAG y el P-EFL están muy por encima de los Límites Máximos Permisibles.

En el Gráfico de Barras siguiente, se muestra lo mencionado líneas anteriores.

## GRÁFICO DE BARRAS N° 07: COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES



### 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

La comprobación de la hipótesis de esta Tesis fue realizada en función a los objetivos planteados.

#### 4.2.1. Prueba de hipótesis para evaluar la Efectividad de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río huallaga, en la localidad de pacaypampa, distrito de santa maría del valle, huánuco, junio -setiembre 2018:

Para la contrastación, se realizó en referencia a los parámetros evaluados del agua residual de la localidad de Pacaypampa, en el afluente, efluente, y uno adicional en la laguna facultativa. A continuación se detalla el planteamiento de la Hipótesis General:

- Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ): La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.
- Hipótesis Nula ( $H_0$ ): La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga. Para un nivel de significancia o nivel de error (Sig.)  $\alpha < 0.05$ .

**TABLA 23**  
**Estadística de muestras relacionadas**

		<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>			
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	SST	199,00	3	64,506	37,242
	LMPSS T	150,00	3	,000	,000
Par 2	DBO	265,500	3	120,1953	69,3948
	LMPD BO	100,00	3	,000	,000
Par 3	DQO	655,433	3	306,7863	177,1232
	LMPD QO	200,00	3	,000	,000
Par 4	AyG	6,933	3	9,6718	5,5840
	LMPAy G	20,00	3	,000	,000
Par 5	T°	21,00 <sup>a</sup>	3	,000	,000
	LMPT°	35,00 <sup>a</sup>	3	,000	,000
Par 6	pH	7,033	3	,5033	,2906
	LMPpH	7,500	3	,0000	,0000
Par 7	CF	7,066666 67	3	5,2003205 03	3,0024064 42
	LMPCF	10,00000	3	,000000	,000000

a. La correlación y t no se pueden calcular porque el error estándar de la diferencia es 0.



**TABLA 24**  
**Estadística de muestras relacionadas**

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	SST - LMPST	49,000	64,506	37,242	-111,241	209,241	1,316	2	,319
Par 2	DBO - LMPDBO	165,5000	120,1953	69,3948	-133,0818	464,0818	2,385	2	,140
Par 3	DQO - LMPDQO	455,4333	306,7863	177,1232	-306,6662	1217,5328	2,571	2	,124
Par 4	AyG - LMPAyG	-13,0667	9,6718	5,5840	-37,0927	10,9594	-2,340	2	,144
Par 6	pH - LMPpH	-,4667	,5033	,2906	-1,7170	,7837	-1,606	2	,250
Par 7	CF - LMPCF	2,933333333 3	5,20032050 3	3,00240644 2	15,85164560 8	9,984978941	,977	2	,432

**TABLA 25**  
**Estadística de muestras relacionadas**

N°	PRUEBA T DE STUDENT		
1	P-VALOR (SST) = 0.319	>	$\alpha = 0.05$
2	P-VALOR (DBO)= 0.140	>	$\alpha = 0.05$
3	P-VALOR (DQO)= 0.124	>	$\alpha = 0.05$
4	P-VALOR (AyG)= 0.144	>	$\alpha = 0.05$
5	P-VALOR (T°)= -	-	$\alpha = 0.05$
6	P-VALOR (pH)= 0.250	>	$\alpha = 0.05$
7	P-VALOR (CF)= 0.432	>	$\alpha = 0.05$

Entonces el criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida P-valor  $\leq \alpha$ , se acepta la H1.

Si la probabilidad obtenida P-valor  $> \alpha$ , se acepta la H0.

Por lo tanto; como los valores de los parámetros es  $> \alpha = 0.05$ , rechazo la  $H_a$  y se acepta la **H0: La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.**

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Según el primer antecedente internacional señalado en este Trabajo de Investigación, Jiménez (2014), en su Tesis titulado: “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL AyA EN LA URBANIZACIÓN LAS LOMAS DE BUENOS AIRES, PUNTANERAS”, el autor llega a la siguiente conclusión: la conformación actual de una sola laguna facultativa no cumple con los parámetros de diseño, principalmente la relación L/A, tiempo de retención, por lo tanto, es un sistema ineficiente en lo que respecta a cumplimiento de la legislación, principalmente DBO, DQO y SST.

Por lo que se puede manifestar después de realizar este Trabajo de Investigación se afirma que solo una laguna facultativa no cumple con los parámetros de diseño como para el cual está construido, que es el remover los contaminantes presentes en el agua residual.

El segundo antecedente internacional, García et al (2015), en tu Tesis “EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “QUINTA BRASILIA” UBICADA EN EL MUNICIPIO DE HONDATOLIMA”, en el que llega a la conclusión de que debido a la falta de mantenimiento y deterioro no es posible tratar dicho caudal, incluso está trabajando intermitentemente lo que ha aumentado la problemática ambiental porque se está enviando el agua residual directamente a la fuente hídrica del río Guali generando una fuerte contaminación a esta cuenca.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Pacaypampa se encuentra con abundante mala hierba en sus alrededores y residuos sólidos flotantes sobre la Laguna Facultativa, por lo que se puede afirmar la falta de mantenimiento de la misma; además el efluente se encuentra conectado a tuberías que desembocan el río Huallaga, contaminando con estas aguas residuales.

El tercer antecedente internacional, Correa (2008), en su Tesis “EVALUACIÓN Y MONITOREO DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE SANTA FÉ DE ANTIOQUIA,

COLOMBIA”, concluye que el comportamiento de la temperatura en los efluentes de las lagunas facultativas fue muy similar, y que existió gran cantidad de sólidos disueltos con respecto a los sólidos suspendidos.

Cuando se realizó la medición in situ de la temperatura en la Laguna Facultativa se obtuvo el mismo resultado de 21°C en los tres puntos de monitoreo (P-AFL, P-EFL, P-LAG).

En el primer antecedente Nacional, Villanueva et al (2017) en tu Tesis “MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LA PTAR DEL DISTRITO DE HUÁCHAC-CHUPACA”, llegó a la conclusión siguiente: se monitoreó la calidad de agua residual en el efluente de la segunda laguna facultativa, utilizando la metodología establecida en la RM N° 273-2013-VIVIENDA.

Antes de realizar el presente Trabajo de Investigación, se ha revidado la base legal que fundamente alguna metodología a seguir para el monitoreo y/o toma de muestra de las aguas residuales; por lo que, llevó a seguir la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA en el que Aprueba el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales-PTAR.

En el segundo antecedente Nacional, Canales et al (1998) en tu Tesis “EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA UNI-TRAR”, llegó a la conclusión siguiente: El programa de Monitoreo permitió obtener información del proceso biológico que se desarrolla en el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente y Lagunas de Estabilización, sentando las bases para la evaluación y un mejor control en el sistema de tratamiento.

Por lo que puedo manifestar, que gracias al monitoreo del Trabajo de Investigación presente se pudo obtener información valiosa a través de los resultados generados por el Laboratorio de Ensayo S.G.S PERÚ SAC, con los cuales se realizaron tablas comparativas con los Límites Máximos Permisibles, y se acepta la Ho: La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es

efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.

Por último, el antecedente Regional, Villacorta (2009), en su Tesis: “CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DEL BALNEARIO “LA ALCANTARILLA” TINGO MARÍA”, concluyó que las aguas que abastecen el Balneario la Alcantarilla, tienen coliformes totales (541.52 /ml), estreptococos, estafilococos, mesófilos aerobios viables, fungi, y presencia de salmonella en su totalidad, se encuentran fuera de los estándares internacionales para aguas de uso recreacional.

Se puede indicar que, la Laguna Facultativa de la localidad de Pacaypampa después de haber obtenido los resultados tabulados, el agua residual contiene coliformes fecales en el P-AFL en el que ingresa con un valor de 13, 000,000 NMP/100 ml, en el P-LAG disminuye a 4, 900,000 NMP/100 ml, y en el P-EFL a 3, 300,000 NMP/100 ml. Sin embargo, en tales muestras superan los Límites Máximos Permisibles (10.000 NMP/100ml).

## **5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El estudio que se ha realizado sobre la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua residual antes del vertido al río Huallaga, en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle; comprobó mediante la “T” de Student que existe una significancia estadística respecto a la remoción de estos contaminantes presentes en la Laguna Facultativa por lo que, los valores de los parámetros son  $> \alpha = 0.05$ , rechazo la  $H_a$  y se acepta la  $H_o$ : **La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.**

De esta manera los resultados obtenidos por este estudio permiten determinar que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no reduce todos los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Es decir no cumple con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de

Aguas Residuales Domésticas o Municipales, Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Solo reduce el parámetro químico de Aceites y Grasas y el pH; sin embargo, ambos se encuentran dentro de los valores permitidos por los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

## CONCLUSIONES

- Se analizaron 7 parámetros, tanto físicos, químicos, y microbiológicos por cada punto de monitoreo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es decir, P-AFL, P-LAG, y P-EFL.
- Según los resultados proporcionados por el Laboratorio de Ensayo SGS PERÚ S.A.C., acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL); los sólidos totales en suspensión en el P-AFL ingresan con 134 mg/l, incrementando su valor en el P-LAG a 200 mg/l, y finalmente a 263 mg/l en el P-EFL.
- En cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, también existe un incremento de los valores con respecto al P-AFL y P-LAG. Ingresando al primer punto de monitoreo con un valor de 127.1 mg/l, en el segundo punto aumenta en valor a 343.7 mg/l, y en el último disminuye a 325.7 mg/l.
- En cuanto a la Demanda Química de Oxígeno, existe un incremento 505.4 mg/L en el P-AFL en el que ingresa con un valor de 302.3 mg/l, incrementando en el P-LAG a 807.7 mg/l, y a 856.3 mg/l en el P-EFL.
- El parámetro de Aceites y Grasas disminuye 16.9 mg/L del primer al segundo punto; desde el valor de 18.1 mg/l en el P-AFL, luego a 1.2 mg/l en el P-LAG, y se incrementa a 1.5 mg/l en el P-EFL.
- La temperatura se mantiene estándar en los tres puntos de monitoreo, con 21°C.
- El valor de pH en el P-AFL es de 6.5, en el P-LAG incrementa a 7.1, y en el P-EFL a 7.5.
- En cuanto al análisis microbiológicos de los Coliformes Fecales, en el P-AFL ingresa con un valor de 13, 000,000 NMP/100 mL, en el P-LAG disminuye a 4, 900,000 NMP/100 mL, y en el P-EFL a 3, 300,000 NMP/100 mL.
- Los parámetros de Sólidos Totales en Suspensión, la Demanda Bioquímica de Oxígeno, la Demanda Química de Oxígeno y Coliformes Fecales; superan los Límites Máximos Permisibles para

los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

- Mientras que los parámetros de Aceites y Grasas, Temperatura y pH, sí cumplen con lo estipulado en los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.
- Al usar la prueba estadística de T de Student, y como los valores de los parámetros es  $> \alpha = 0.05$ , se rechaza la H1 y se acepta la **H0: La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no es efectivo en la remoción de los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga.**



## RECOMENDACIONES

- Realizar la limpieza constante o al menos 1 vez por semana a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, como quitar las malezas, los residuos sólidos que se encuentran en la superficie de las lagunas, etc.
- Plantar árboles alrededor de las lagunas facultativas para que el suelo se mantenga firme y se evite posibles erosiones fluviales, y dañe los cultivos y viviendas vecinos.
- Construir el lecho de secado para lodos con la finalidad de remover los lodos que se encuentran precipitados al fondo de las lagunas y colocarlos en el lecho para ser deshidratados de manera natural y luego utilizarlo como abono orgánico para la preparación del sustrato en el Vivero Municipal de la Entidad.
- El uso de tecnologías amigables con el medio ambiente, como el uso de plantas para reducir los contaminantes presentes en las lagunas, fitorremediación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. G. (1999). *EL PROYECTO DE INVESTIGACION* (3RA. EDICIÓN ed.). Caracas, Venezuela: O R I A L E D I C I O N E S.
- BELLINGER, E. &. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Manchester, Inglaterra.
- Canales Grande, G. A. (1998). *"EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA UNITRAR"*. Lima.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*:. Coyoacán.
- Correa Restrepo, G. (2008). *EVALUACIÓN Y MONITOREO DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE*. Medellín.
- CRITES, R., & TCHOBANOGLOUS, G. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. Bogotá, Colombia.
- Ferrero, J. (1974). *Depuración Biológica del agua*. Alhambra.
- Fonseca Martínez, J. A., & García Paniagua, C. I. (2015). *EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "QUINTA BRASILIA" UBICADA EN EL MUNICIPIO DE HONDA - TOLIMA*. BOGOTÁ D.C.
- García Paniagua, C. I., & Fonseca Martínez, J. A. (2015). *EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – QUINTA BRASILIA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE HONDA - TOLIMA*. BOGOTÁ D.C.
- HANNA INSTRUMENTS. (s.f.). *Demanda Química de Oxígeno*. Obtenido de [www.hannainst.es/blog/demanda-quimica-de-oxigeno](http://www.hannainst.es/blog/demanda-quimica-de-oxigeno)
- Hernandez Sampieri , R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). (J. M. Chacón, Ed.) México, México.
- Jiménez Gonzales, S. (2014). *EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL AyA EN LA*

*URBANIZACIÓN LAS LOMAS DE BUENOS AIRES, PUNTARENAS.*  
Cartago.

- López, M. E. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Granada.
- MINAM. (17 de Marzo de 2010). Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. *El Peruano*.
- Ministerio de Salud. (2010). *Decreto Supremo N° 031-2010-SA: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al recurso Agua*. Ecuador.
- OEFA. (s.f.). *FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES*.
- Rolim. (2000). *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Santa Fe de Bogotá: Mc Graw Hill.
- ROMERO. (1999).
- Silva, J. (2004). *Evaluación y rediseño del Sistema de lagunas de estabilización de la universidad de piura*. Piura.
- (s.f.). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades*. En *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades*.
- Villacorta Taboada, S. D. (2009). *CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DEL BALNEARIO*. Tingo María.
- Villanueva Aliaga, L., & Yance Soto, J. Y. (2017). *“MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LA PTAR DEL DISTRITO DE HUÁCHAC-CHUPACA”*. Chupaca, Perú.
- VON SPERLING, M. (1986). *Lagoas de estabilizaçõ*. Brasil.
- WIKIPEDIA. (s.f.). *WIKIPEDIA*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Laguna\\_facultativa](https://es.wikipedia.org/wiki/Laguna_facultativa)

-WIKIPEDIA. (s.f.). WIKIPEDIA. Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Bacteria\\_facultativa](https://es.wikipedia.org/wiki/Bacteria_facultativa)

-Zambrano Ligia, E. A. (2013). *“DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SUSPENDIDOS, SEDIMENTADOS Y VOLÁTILES, EN EL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN SITUADAS EN LA PARROQUIA COLÓN, CANTÓN PORTOVIEJO, PROVINCIA DE MANABÍ, DURANTE EL PERÍODO DE MARZO A SEPTIEMBRE 2013”*. Portoviejo.

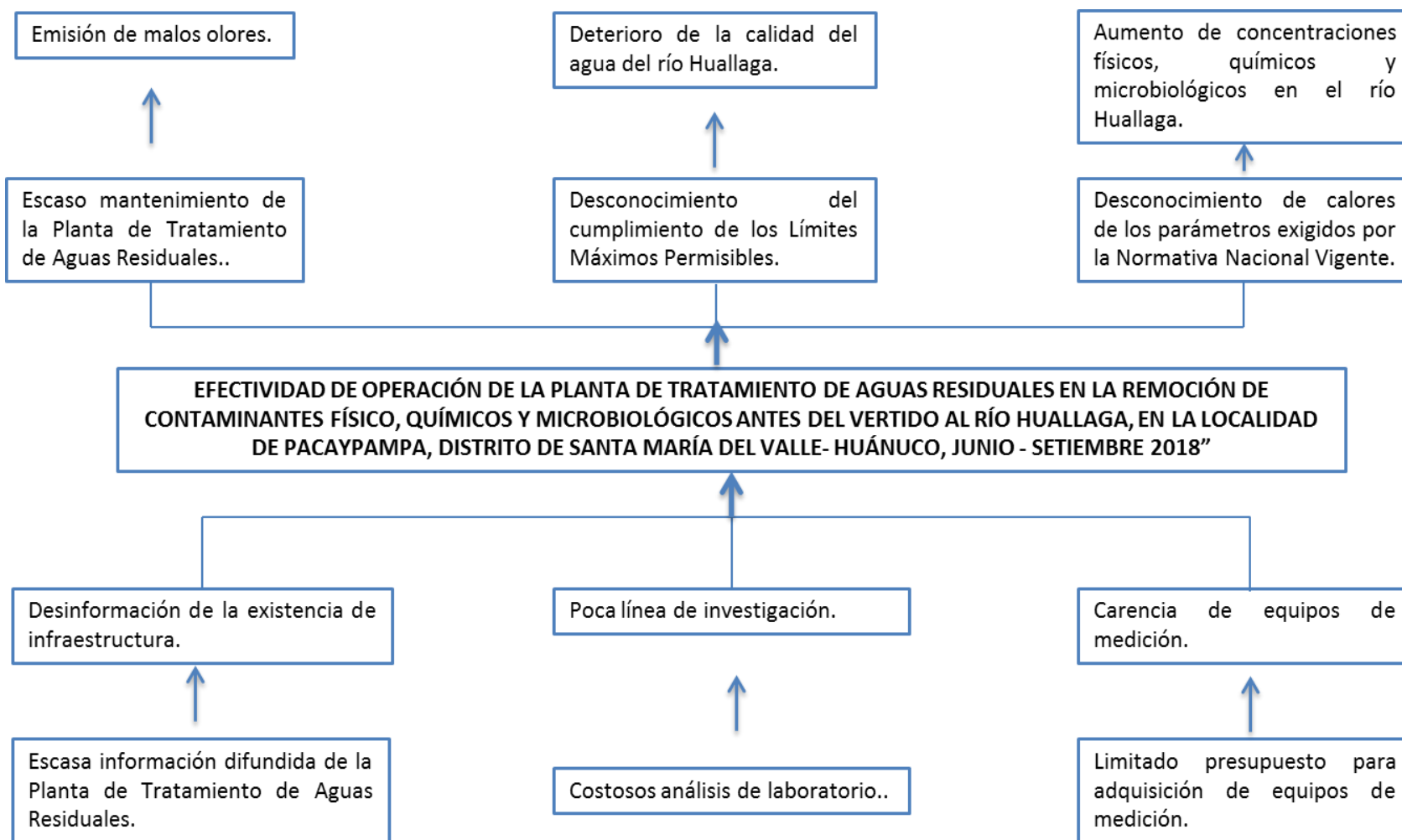
## **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** “Efectividad de Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la remoción de contaminantes Físico, Químicos y Microbiológicos antes del vertido al río Huallaga, en la Localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María Del Valle- Huánuco, junio - setiembre 2018”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS
<p><b>Problema General:</b> ¿De qué manera la reducción de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se relaciona con la efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la localidad de Pacaypampa?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b> <b>Pe 1.</b> ¿Cuál es la metodología a usarse para evaluar la efectividad de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la Localidad de Pacaypampa? <b>Pe 2.</b> ¿Cuál es el comportamiento de las aguas residuales durante el proceso de operación en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales? <b>Pe 3.</b> ¿Qué alternativa factible se puede proponer para mejorar el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa ubicada en la localidad de Pacaypampa?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Evaluar la efectividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle-Huánuco.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b> <b>Oe 1.</b> Analizar los parámetros de las muestras de agua residual en el Laboratorio acreditado por INACAL. <b>Oe 2.</b> Identificar el comportamiento de las aguas residuales durante el proceso de operación en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. <b>Oe 3.</b> Proponer la limpieza frecuente de residuos sólidos flotantes dentro de la Laguna Facultativa, así como la remoción del lodo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la localidad de Pacaypampa.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sí cumple efectivamente sus funciones de depuración.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b> <b>He 1.</b> Los parámetros de análisis cumplen con la normativa nacional vigente. <b>He 2.</b> El comportamiento de las aguas residuales durante el proceso de operación es eficiente. <b>He 3.</b> Es factible la limpieza frecuente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la localidad de Pacaypampa.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Planta de Tratamiento de Aguas Residuales</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> Parámetros físico-químicos y microbiológicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales</p>	<p>El enfoque a aplicar en el desarrollo de la Tesis es de tipo mixto, ya que la investigación estará basada en datos experimentales, con el recojo de información en el campo, así como los resultados de los análisis de laboratorio. Para la presente tesis se utilizó el diseño de tipo correlacional, como se muestra a continuación:</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD     N((N)) --- X((X))     N --- Y((Y))     X -- r --&gt; Y             </pre> </div> <p><b>N:</b> muestra de estudio <b>X:</b> variable independiente <b>Y:</b> variable dependiente <b>r:</b> relación entre variable independiente y dependiente</p>	<p><b>Unidad de análisis:</b> Calidad de agua residual. <b>Unidad de muestreo:</b> Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Pacaypampa. <b>Tipo de muestra:</b> <b>-No probabilístico:</b> <b>Muestreo Intencional o Propositivo:</b> Selección de los elementos con base en criterios o juicios del investigador. Guiado por uno o varios fines más que por técnicas estadísticas que buscan representatividad (Sampieri, 2008). <b>Número de muestra:</b> Según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, se tomarán 2 muestras, uno del afluente y otro en el efluente, uno adicional se tomará en la misma Laguna Facultativa.</p>	<p>Técnicas para la recolección de la muestra de la calidad de agua residual:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>a. Puntos de Monitoreo:</b> Los puntos de monitoreo serán 03, en la entrada de la PTAR, en la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y uno adicional en la misma Laguna Facultativa.</li> <li><b>b. Identificación de los puntos de monitoreo:</b> serán identificados con la ayuda de un GPS; se pintará de color verde o rojo los puntos de identificación para el reconocimiento de las mismas.</li> <li><b>c. Medición de los parámetros de campo y toma de muestras de agua residual:</b> se tomarán 03 muestras de agua residual, 01 en el ingreso (afluente), 01 en la salida (efluente) y 01 en la misma Laguna Facultativa.</li> <li><b>d. Etiquetado y rotulado:</b> Una vez tomado las muestras, se procederá inmediatamente a etiquetarlo y rotularlo de acuerdo a lo indicado en el Protocolo de Monitoreo de calidad de los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales.</li> <li><b>e. Conservación y transporte de las muestras:</b> se conservarán dentro de un cooler con hielo para evitar el contacto con la luz y el calor intenso, de esta manera los parámetros no serán alterados durante el transporte hacia el laboratorio para continuar con los análisis respectivos.</li> <li><b>f. Análisis físico-químico y microbiológico:</b> las muestras serán enviadas al laboratorio acreditado por INACAL para continuar con sus respectivos análisis.</li> </ol>

## ÁRBOL DE CAUSA-EFECTO





Laboratorio Callao  
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1  
Teléfono: (01) 517 1900  
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa  
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial  
Teléfono: (054) 213508  
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca  
Calle Amaldo Márquez 257, Barrio San Antonio  
Teléfono: (076) 367723  
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

N° 222575

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

DATOS DEL CLIENTE		FACTURAR A:		Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*				
Cliente: Karen Lucero Cruz Ortiz		Razón Social: Karen Lucero Cruz Ortiz		Cantidad de envases (Plástico / Vidrio)	Acetatos y grasas Demanda Biológica de Oxígeno Demanda Química de Oxígeno Sólidos Totales en suspensión Coliformes Fecales										AGUA NATURAL			
Contacto: Karen Lucero Cruz Ortiz		RUC:													AGUA SUBTERRÁNEA		AGUA SALINA	
Teléfono: 987814217		Dirección: Calle República 780													AGUA DE MANANTIAL		AGUA DE MAR	
Email: Karen Lucero Cruz Ortiz		Contacto:													AGUA LLENAL		AGUA SUPERFICIAL	
Sector: Investigación - TESIS		Teléfono: 987814217													AGUA DE RÍO		AGUA DE LAGO / LAGUNA	
Tipo de Inspección: Localidad Pacay pampa		Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> El Cliente <input checked="" type="checkbox"/>													AGUA DE DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA		AGUA DE PROCESO	
Enviar el Informe a:		Frecuencia del Monitoreo:													AGUA RESIDUAL		AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO	
Destinatario: Karen Lucero Cruz Ortiz		Periódico <input type="checkbox"/>													AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		AGUA DE BEBIDA	
Dirección: Calle República 780		No Periódico <input type="checkbox"/>													AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL			
Teléfono: 987814217		Especial <input checked="" type="checkbox"/>													AGUA RESIDUAL MUNICIPAL			
Email: Karen Lucero Cruz Ortiz																		
N° de Pre-Acta:		N° de MA:																
Fecha de inicio: 10:00 22/07/18		Fecha de finalización: 22/07/18																
Hora de inicio: 10:00		Hora de finalización: 10:23																
Estación	Coordenadas UTM WGS 84 <input checked="" type="checkbox"/> PSAD 56 <input type="checkbox"/>	Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra		Fecha	Hora	P	V			OBSERVACIONES						
P-001-AFL	9° 51' 32" S 72° 09' 33" W	1907	ARD	X		22/07/18	10:00	X	X			Si tiene preservante.						
P-001-AFL	9° 51' 32" S 72° 09' 33" W	1907	AED	X		22/07/18	10:00	X	X			Duplicado, si tiene preservante.						
P-002-AFL	9° 51' 32" S 72° 09' 33" W	1907	ARD	X		22/07/18	10:10	X		X		Si tiene preservante.						
P-003-AFL	"	1907	ARD	X		22/07/18	10:15	X			X	Si tiene preservante.						
P-004-AFL	"	1907	ARD	X		22/07/18	10:20	X			X	Si tiene preservante.						
P-005-AFL	"	1907	ARD	X		22/07/18	10:23	X			X	Si tiene preservante.						
Responsable:		Fecha:		Firma:		N° de Coolers		N° de Frascos		Fecha de recepción de las Muestras:		Hora:						
Karen Lucero Cruz Ortiz		22/07/2018		<i>[Firma]</i>		1		6		23 JUL. 2018		09:20						
Representante del Cliente:		Fecha:		Firma:		N° de Ice Pack's		Firma:		Responsable de la Recepción de las Muestras:		Firma:						
						4		<i>[Firma]</i>		Data Center - CHS		<i>[Firma]</i>						
Medio de envío:		Responsible del Envío:		Agencia / Persona a cargo del transporte:		RUC / DNI:		Fecha y Hora del envío:		Condiciones en que se conservaron las muestras:		Temperatura (°C):						
Terrestre <input checked="" type="checkbox"/>		Karen Lucero Cruz Ortiz,		Bahía Continental, S.A.C.		76548688		08:00 pm / 22/07/2018		Refrigeradas <input type="checkbox"/>		38						
Aérea <input type="checkbox"/>										Preservadas <input type="checkbox"/>								
Fluvial <input type="checkbox"/>										Dentro del tiempo de conservación <input type="checkbox"/>								
Marítima <input type="checkbox"/>										N° de muestras rotas: <input type="checkbox"/>								
										Otros (especifique): <input type="checkbox"/>								







**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1815026**

**CRUZ ORTIZ KAREN LUCERO**

CAL.LA REPUBLICA CDRA NRO. 7 EL VALLE (A 300MTS ARRIBA DEL RECREO VILLA CAMI)

ENV / LB-344454-002

PROCEDENCIA : LOCALIDAD PACAYPAMPA

Fecha de Recepción SGS : 23-07-2018


Fecha de Ejecución : Del 23-07-2018 al 30-07-2018

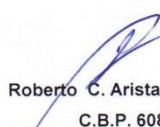
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
P-AFL
P-LAG
P-EFL

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 30/07/2018

  
Rocio J. Manrique Torres  
C.I.P. 136634  
Coordinador de Laboratorio

  
Roberto C. Arista Gonzales  
C.B.P. 6085  
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348  
Ernesto Gunther 275  
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1  
Parque Industrial  
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe  
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com  
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

Anex 4



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1815026

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-AFL	P-LAG	P-EFL
FECHA DE MUESTREO					22/07/2018	22/07/2018	22/07/2018
HORA DE MUESTREO					10:00:00	10:26:00	10:47:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Análisis Físicoquímicos</b>							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg/L	1	3	134	200	263
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	127.1	343.7	325.7
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg/L	1.8	4.5	302.3	807.7	856.3
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	18.1	1.2	1.5
<b>Análisis Microbiológicos</b>							
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHAS221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	13000000	4900000	3300000



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1815026

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación  
MB: Blanco del proceso  
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.  
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.  
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.  
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	3	<3	1 - 4%	96 - 100%		
Aceites y Grasas	mg/L	0.4	<0.4	0%	106%	106%	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4.5	<4.5		98 - 100%	91%	1%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	0%	99 - 102%		



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1815026**

**REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO**

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23rd Ed. 2017; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
EW_ASTMD3921	Callao	Aceites y Grasas	ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011). Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014

**Notas:**

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es/ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestrar(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015

Página 4 de 4

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe  
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com  
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



# Resolución Ministerial

N° 273-2013-VIVIENDA

Lima, 24 OCT. 2013

## VISTOS:

Los Informes N° 059-2013-VIVIENDA-VMCS-OMA y N° 002-2013-VIVIENDA/VMCS-OMA-UGIIA-RBC de la Oficina del Medio Ambiente del Viceministerio de Construcción y Saneamiento;

## CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidos en dicha Ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32 de la Ley N° 28611, modificado por el Decreto Legislativo N° 1055, define al Límite Máximo Permisible - LMP, como 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;

Que, el numeral 4.1 del artículo 4 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR, establece que los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y que dicho Programa especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas, así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos;

Que, el numeral 4.3 del artículo 4 del citado Decreto Supremo dispone que sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI;

Que, el numeral 5.1 del artículo 5 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM establece que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que, los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo del citado



decreto supremo, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por este Sector;

Que, mediante Informe N° 059-2013-VIVIENDA/VMCS-OMA, la Oficina del Medio Ambiente del Viceministerio de Construcción y Saneamiento propone la aprobación del Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR, el cual cuenta con la opinión favorable del Ministerio del Ambiente; y,

En virtud de lo establecido en la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; el Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y, el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales;



**SE RESUELVE:**

**Artículo 1.-** Aprobar el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR; que en Anexo forma parte integrante de la presente Resolución.



**Artículo 2.-** Designar a la Oficina del Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento como responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, debiendo elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente, dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los titulares de las PTAR durante el año anterior, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 5.2 del artículo 5 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

**Artículo 3.-** Disponer que la Oficina del Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en el marco de sus funciones, coordine la supervisión y evaluación del monitoreo de efluentes de las PTAR.

**Artículo 4.-** Disponer que los titulares de las PTAR en un plazo máximo de ciento cincuenta (150) días calendario, contados desde el día siguiente de la publicación de la presente Resolución, identifiquen y adecúen los puntos de monitoreo y la infraestructura para la medición de caudales, conforme al Protocolo de Monitoreo aprobado.

**Artículo 5.-** Disponer que los titulares de las PTAR en un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, contados desde el día siguiente de la publicación de la presente Resolución, remitan el reporte inicial conforme al Capítulo 9.1 del



## Resolución Ministerial

Protocolo de Monitoreo. La ejecución del monitoreo e informe será posterior al reporte inicial y se realizará de acuerdo a la frecuencia aplicable.



**Artículo 6.-** Disponer que los titulares de las PTAR en un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, contados desde el día siguiente de la publicación de la presente Resolución, elaboren e implementen el "Plan de aseguramiento de la calidad del monitoreo"; conforme al Capítulo 6.5.1 del Protocolo de Monitoreo, debiendo encontrarse disponible una copia de dicho Plan en el lugar de la PTAR.

**Artículo 7.-** Disponer la publicación del Protocolo de Monitoreo en el Portal Electrónico del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el mismo día de la publicación de la presente Resolución en el Diario Oficial El Peruano.



**Regístrese, comuníquese y publíquese.**

.....  
**RENÉ CORNEJO DÍAZ**  
Ministro de Vivienda,  
Construcción y Saneamiento

**Oficina de Medio Ambiente (OMA)**  
**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)**

**PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE  
LOS EFLUENTES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES**



## INDICE

<b>1.Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2.Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>3.Objetivos</b>	<b>4</b>
3.1Objetivo General	4
3.2 Objetivos Específicos	4
<b>4. Marco Legal</b>	<b>5</b>
<b>5. Alcance y Aplicación del Protocolo</b>	<b>6</b>
<b>6. Metodología</b>	<b>6</b>
6.1 Puntos de Monitoreo	6
6.1.1 Agua residual cruda (afluente), entrada a la PTAR	6
6.1.2 Agua residual tratada (efluente), dispositivo de salida	6
6.1.3 Identificación del punto de monitoreo	6
6.1.4 Características del punto de monitoreo	7
6.2 Parámetros de Calidad	7
6.3 Frecuencia de Monitoreo	7
6.4 Desarrollo del Monitoreo	7
6.4.1 Preparación de materiales y equipos	8
6.4.2 Precauciones durante el monitoreo	9
6.4.3Muestreo	9
6.5 Aseguramiento y Control de Calidad	11
6.5.1 Plan de aseguramiento de la calidad del monitoreo	12
6.5.2 Recolección de muestras	12
<b>7. Consideraciones Específicas</b>	<b>12</b>
7.1 Medición de Caudal	12
7.2 Verificación de la Eficiencia de la PTAR	13
<b>8. Registro y Procesamiento de Datos</b>	<b>13</b>
<b>9. Reporte de Monitoreo de Efluentes a ser enviado al MVCS</b>	<b>13</b>
9.1 Reporte Inicial	13
9.2 Reporte de Monitoreo	13

<b>10. Informe Anual de Resultados del Monitoreo .....</b>	<b>14</b>
<b>11. Supervisión y Evaluación .....</b>	<b>14</b>
<b>12. Glosario de Términos .....</b>	<b>14</b>
<b>13 Referencias .....</b>	
<b>16 ANEXOS</b>	
<b>Anexo N° I UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO .....</b>	<b>18</b>
<b>Anexo N° II FRECUENCIA DE MONITOREO .....</b>	<b>19</b>
<b>Anexo N° III REQUISITOS PARA TOMA DE MUESTRA DE AGUA RESIDUAL Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL MONITOREO .....</b>	<b>20</b>
<b>Anexo N° IV REGISTRO DE DATOS DE CAMPO .....</b>	<b>22</b>
<b>Anexo N° V ETIQUETA PARA MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL .....</b>	<b>23</b>
<b>Anexo N° VI REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA .....</b>	<b>24</b>
<b>Anexo N° VII MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CAUDALES .....</b>	<b>25</b>
<b>Anexo N° VIII REPORTE DE RESULTADOS DEL MONITOREO DE EFLUENTES DE PTAR .....</b>	<b>30</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los recursos hídricos son esenciales para la existencia de los seres vivos y para el bienestar del entorno ambiental. En este sentido, considerando el impacto negativo de los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales sobre los cuerpos de agua receptores, que en muchos casos saturan su capacidad de autodepuración, resulta importante estandarizar la medición de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a estos vertimientos.

El Protocolo de Monitoreo establece procedimientos y metodologías que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo. Su aplicación contribuye al cumplimiento de las normas ambientales y la protección de los ecosistemas acuáticos.

La aplicación de los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo representa asimismo una herramienta de evaluación, fiscalización y mejora de las

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) existentes. A través de la aplicación de este instrumento se contribuye además a realizar una verificación del funcionamiento de la PTAR.

## **2. ANTECEDENTES**

En el país existe una gran cantidad de efluentes provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) que son vertidos a los cuerpos naturales de agua, afectando la calidad de los mismos.

A partir del 01 de abril del 2009 entró en vigencia la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, que establece que la Autoridad Nacional del Agua es la responsable de la protección del agua como recurso hídrico. En este sentido, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad del agua sobre la base de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECAAgua).

Con la aprobación del D.S. N° 003-2010-MINAM entraron en vigencia, a partir del 17 de marzo del 2010, los Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR. Este decreto establece la obligatoriedad de los titulares de las PTAR a realizar el monitoreo de sus efluentes, considerándose válido únicamente el monitoreo realizado conforme al *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales* (en adelante Protocolo de Monitoreo). Este debe especificar la ubicación de los puntos de control, los métodos y las técnicas adecuadas, así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento puede disponer asimismo el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el Decreto Supremo cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

Sólo se considera válido el monitoreo de aguas residuales de las PTAR conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Estandarizar la metodología para el desarrollo del monitoreo de la calidad del agua residual tratada (efluente), de las plantas de tratamiento de aguas residuales

domésticas o municipales (PTAR). Además es aplicable al agua residual cruda (afluente) que ingresa a la PTAR.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el procedimiento y criterios técnicos, para establecer parámetros de evaluación, puntos de monitoreo, frecuencia, toma de muestras, preservación, conservación, transporte de muestras y el aseguramiento de la calidad para el desarrollo del monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, municipales y habilitaciones urbanas privadas para el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP).
- Determinar la calidad del agua residual cruda (afluente) para verificar la consistencia de los valores de la calidad de los efluentes, determinando la eficiencia de la PTAR y relacionándola con los procesos de tratamiento aplicados.

## **4. MARCO LEGAL**

El Protocolo de Monitoreo es un instrumento de gestión ambiental de cumplimiento obligatorio para efectuar el monitoreo, supervisión y fiscalización ambiental, así como para la verificación del cumplimiento de los LMP y de los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados, de conformidad con lo establecido en el Artículo 4 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. También es de obligatorio cumplimiento para la evaluación y seguimiento de la eficiencia de las PTAR. En este sentido estas acciones están vinculadas a la aplicación e implementación de las siguientes normas:

- **Ley N° 29338**, Ley de Recursos Hídricos.
- **Ley N° 28611**, Ley General del Ambiente.
- **Ley N° 28245**, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- **Ley N° 29325**, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- **Decreto Supremo N° 001-2010-AG**, aprueba el Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- **Decreto Supremo N° 008-2005-PCM**, aprueba el Reglamento de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- **Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM**, aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
- **Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM**, aprueba disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

- **Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA**, aprueba la clasificación de cuerpos de aguas superficiales y marino-costeros.
- **Resolución Jefatural N° 489-2010-ANA**, modifica el Anexo N° 1 de la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA referente a la clasificación de los cuerpos de agua marino-costeros.
- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM**, aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.
- **Decreto Supremo N° 007-2010-AG**, declara de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados.
- **Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA**, aprueba Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial.
- **Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA**, dicta medidas para la implementación del Programa de Adecuación de Vertimiento y Reúso de Agua Residual – PAVER.
- **Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM**, aprueba el Plan Nacional de Acción Ambiental – PLANAA PERÚ: 2011-2021.
- **Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM**, aprueba la Política Nacional del Ambiente.
- **Norma Técnica OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales**, del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada mediante D.S. N° 011-2006-VIVIENDA y modificada por D.S. N° 022-2009-VIVIENDA.

## **5. ALCANCE Y APLICACIÓN DEL PROTOCOLO**

El Protocolo de Monitoreo es de cumplimiento obligatorio para todas las entidades públicas y/o privadas titulares de las PTAR Domésticas o Municipales en el territorio nacional; con excepción de las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino, de acuerdo con el numeral 3.2 del artículo 3 del D.S. N° 003-2010-MINAM. Este Protocolo de Monitoreo puede también ser aplicado para los efectos de control operacional de los titulares de las PTAR, así como en los efluentes de las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino sin tener el carácter de obligatorio.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 PUNTOS DE MONITOREO**

Los puntos de monitoreo deben guardar concordancia, respecto a la evaluación del efluente residual, según lo especificado en el instrumento de gestión ambiental.

Los puntos de monitoreo serán dos: en la entrada de la PTAR y en el dispositivo de salida de la PTAR, pudiendo incorporarse un punto adicional, entre el dispositivo de la salida de la PTAR y el punto de vertido ante la posibilidad de la incorporación o conexión de otras descargas, lo cual quedará a criterio de la autoridad sectorial ambiental competente.

#### **6.1.1 Agua residual cruda (afluente), entrada a la PTAR**

Se ubicará un punto de monitoreo en el ingreso del agua residual cruda a la PTAR, después de la combinación de los distintos colectores de agua residual que descargan a la obra de llegada a la PTAR o, en su defecto, al ingreso a cada módulo de tratamiento, según sea el diseño del ingreso a la PTAR. En todos los casos el punto de monitoreo debe ubicarse en un lugar que evite la interferencia de sólidos de gran tamaño en la toma de muestras, por lo que debe ubicarse preferentemente después del proceso de cribado de las aguas residuales.

#### **6.1.2 Agua residual tratada (efluente), dispositivo de salida**

Se ubicará un punto de monitoreo en el dispositivo de salida del agua residual tratada de la PTAR. En el caso de que la PTAR contara con más de un dispositivo de salida se ubicarán los puntos de monitoreo en cada uno de ellos, asegurando el monitoreo del total de los efluentes de la PTAR monitoreada. Este dispositivo de salida, puede ser el medidor de flujo, caja de registro, buzón de inspección u otra estructura apropiada que cumpla con las características detalladas en el capítulo 6.1.4.

#### **6.1.3 Identificación del punto de monitoreo**

Los puntos de monitoreo, deben ser identificados y reconocidos claramente, de manera que permita su ubicación exacta en los muestreos. En la determinación de la ubicación se utilizará el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), el mismo que se registrará en coordenadas UTM y en el sistema WGS84. Una vez establecidos los puntos de monitoreo se debe colocar una placa de identificación para el reconocimiento de su ubicación.

El punto de monitoreo, no deberá cambiar a menos que se modifique su ubicación por alguna razón justificada. Se debe reportar la ubicación de los puntos de monitoreo y aplicar los procedimientos para su modificación de acuerdo a lo

detallado en el Capítulo 9. Ver asimismo el **Anexo N° I. Ubicación del Punto de Monitoreo.**

#### **6.1.4 Características del punto de monitoreo**

Los puntos de monitoreo deben tener las siguientes características:

- permitir que la muestra sea representativa del flujo;
- estar localizados en un punto donde exista una mejor mezcla y estar preferentemente cerca al punto del aforo;
- para la medición del afluente, el punto de monitoreo debe estar antes del ingreso de agua de recirculación, si existiera;
- ser de acceso fácil y seguro, evitando caminos empinados, rocosos, vegetación densa y fangos;
- contar con una placa de identificación incluyendo la denominación del punto de monitoreo.

Si no existe un lugar apto para la toma de muestras, el titular de la PTAR instalará la infraestructura necesaria para que el punto de control cumpla con estas características.

### **6.2 PARÁMETROS DE CALIDAD**

Los parámetros sujetos al monitoreo de los efluentes de las PTAR son los indicados en el D.S. N° 0032010-MINAM para los cuales se fija los Límites Máximos Permisibles. Estos son los siguientes:

- Aceites y Grasas
- Coliformes Termotolerantes
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Demanda Química de Oxígeno
- pH
- Sólidos Totales Suspendidos
- Temperatura

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

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el D.S. N° 003-2010-MINAM, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

### **6.3 FRECUENCIA DE MONITOREO**

La frecuencia de monitoreo se establece para medir los cambios sustanciales que ocurren en determinados periodos de tiempo, a fin de realizar el seguimiento periódico respecto a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos, orgánicos, microbiológicos ligados al agua residual cruda y tratada de la PTAR.

En el **Anexo N° II. Frecuencia de monitoreo** se establece la frecuencia de monitoreo para cada parámetro en función al caudal de operación actual de la PTAR (promedio diario). Esta frecuencia de monitoreo es aplicable siempre y cuando el instrumento de gestión ambiental aprobado de la PTAR no requiera una frecuencia mayor. De otro lado, el MVCS podrá modificar esta frecuencia cuando existan indicios razonables de daño a la salud o al medio ambiente.

### **6.4 DESARROLLO DEL MONITOREO**

El Monitoreo se desarrollará conforme al presente documento y será realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual –

INDECOPI. 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 y logística para el desarrollo del trabajo de campo.

#### ***6.4.1 Preparación de materiales y equipos***

Tiene como objetivo cubrir todos los elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva, por lo que es importante preparar con anticipación los materiales de trabajo, solución amortiguadora de pH, formatos (registro de datos de campo, etiquetas para las muestras de agua residual y cadena de custodia). Asimismo, se debe contar, sin carácter limitante, con los materiales y equipos de muestreo operativos y debidamente calibrados, que se señalan a continuación.

#### **a) Materiales**

- Fichas de registro de campo
- Cadena de custodia
- Papel secante
- Cinta adhesiva
- Plumón indeleble
- Frascos debidamente etiquetados (ver Anexo N° V)



- Cajas térmicas (pequeña y grande)
- Hielo u otro refrigerante
- Bolsas de poliburbujas u otro material de embalaje adecuado
- Piseta
- Agua destilada y/o desionizada
- Solución amortiguadora de pH
- Preservantes químicos a emplearse en el campo para la preservación de las muestras para la determinación de DQO, aceites y grasas, etc.
- Pipeta
- Cronómetro
- Reloj
- Cinta métrica
- Vaso o probeta graduado de 1 L
- Papel aluminio
- Cuerda de nylon de 0,5 a 1 cm de diámetro de longitud suficiente para manipular los baldes de muestreo en los puntos de monitoreo

#### **b) Equipos**

- GPS para la identificación inicial del punto de monitoreo
- pH-metro con función de registro de temperatura
- Cámara fotográfica

#### **c) Indumentaria de protección**

- Botines de seguridad
- Gafas de seguridad
- Guantes de jebe antideslizantes con cubierta de antebrazo
- Guantes de látex descartables
- Casco
- Arnés para profundidades mayores a 1,50 metros
- Respirador con cartucho para gases y polvo
- Mascarilla descartable

#### **6.4.2 Precauciones durante el monitoreo**

Se establece las siguientes consideraciones para prevenir daños personales y de materiales y equipos durante el desarrollo del monitoreo de los afluentes y efluentes de la PTAR:

1. Si el acceso al punto de muestreo es profundo (mayor a 1,50m), está prohibido el ingreso para la toma de muestra. En tales casos, recoger las muestras con ayuda de un brazo telescópico o con un recipiente con lastre sujeto a una soguilla pero guardando las medidas de seguridad (uso de arnés, chalecos flotadores, máscara antigases, etc.).
2. Si el punto de muestreo está confinado es necesario ventilarlo antes de realizar la toma de muestra en un período mínimo de una hora. Es necesario, además, usar un equipo de respiración autónoma.
3. Utilizar zapatos antideslizantes y cascos.

4. Después del monitoreo, es necesario cambiarse la indumentaria utilizada durante el mismo, para prevenir contaminación a terceros.

En general se debe tener conocimiento de lo siguiente:

1. El peligro de explosión causado por la mezcla de gases explosivos en el sistema de alcantarillado.
2. El riesgo de envenenamiento por gases tóxicos, por ejemplo, Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S) o Monóxido de Carbono (CO).
3. El riesgo de sofocación por la falta de oxígeno.
4. El riesgo de enfermedades causadas por organismos patógenos presentes en las aguas residuales.
5. El riesgo de heridas físicas debidas a caídas y deslizamiento.
6. El riesgo de ahogamiento.
7. El riesgo de impacto causado por objetos que puedan caer.

### **6.4.3 Muestreo**

El objetivo del muestreo es tomar una muestra representativa del afluente y efluente de la PTAR, para analizar los parámetros establecidos.

Al llegar al punto de monitoreo, se deben realizar las acciones que se describen a continuación.

#### 6.4.3.1 Ubicación del punto de monitoreo

La toma de muestras se realizará únicamente en los puntos de monitoreo debidamente marcados con las placas de identificación (véase Capítulo 6.1.3).

#### 6.4.3.2 Cuidados y acondicionamiento

En canales o albañales, 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. En caso no sea posible tomar las muestras después del proceso de cribado, se debe tomar la muestra evitando recolectar los sólidos de gran tamaño.

#### 6.4.3.3. Medición de parámetros en campo y registro de información

Los parámetros de campo son: pH y temperatura, además de la medición y registro de caudal. A fin de obtener la confiabilidad de los datos se requiere:

- Equipo portátil calibrado (pH-metro), con registro de la calibración y mantenimiento. 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 pH y 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 de parámetros de campo, así como el caudal del afluente y efluente se debe ingresar en el formato de Registro de Datos de Campo que se muestra en el **Anexo N° IV. Registro de Datos de Campo**.
- Registrar las características del agua residual (sólidos, color, olor, etc.), así como eventuales características anómalas de los puntos de monitoreo, en el formato del **Anexo N° IV Registro de datos de campo**. Esta información puede complementarse con una foto.

#### 6.4.3.4 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 INDECOPI. 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 el **Anexo N° III. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo**, así como las instrucciones de etiquetado mostradas en el **Anexo N° V. Etiqueta para muestras de agua residual**.

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 y desecharlos luego de culminado el muestreo en cada punto; 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. **a) 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 el **Anexo N° III. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para monitoreo**.

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.

#### **b) Preservación de muestras**

Una vez tomada la muestra, se deberá incorporar, en caso que el parámetro lo requiera, el reactivo de preservación que se agregaría preferentemente in-situ después de la toma de la muestra de agua. Ver **Anexo N° III. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo.**

#### **c) 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 y cubrir la etiqueta con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

1. Nombre de PTAR y denominación del punto de monitoreo.
2. Número de muestra (referido al orden de toma de muestra).
3. Fecha y hora de la toma de muestra.
4. Preservación realizada, tipo de reactivo de preservación utilizado.
5. Operador del muestreo.

Ver formato para las etiquetas de muestras, **Anexo N° V. Etiquetas de muestras de agua residual.**

#### **d) 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. Ver el **Anexo N° VI. Cadena de Custodia.**

#### **e) 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 el **Anexo N° III. Requisitos para toma de muestra de agua y preservación de las muestras para el monitoreo.** En el caso de utilizar hielo, colocar éste en bolsas herméticas para

evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua. Asimismo, se debe evitar roturas en el caso de frascos de vidrio durante el transporte de muestras, utilizando bolsas de poliburbujas, de embalaje o de cualquier otro material.

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 (ver Anexos N° III y VI).

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

Al finalizar las actividades de muestreo, los equipos deben mantenerse en óptimo estado de limpieza y en buenas condiciones de funcionamiento. Debe contarse con un registro de mantenimiento de cada instrumento, a fin de llevar el control del equipo, reemplazo de baterías y cualquier problema de lectura o calibración irregular al usar las sondas o electrodos.

Es importante considerar los tiempos desde el inicio del muestreo hasta la llegada al laboratorio con el objetivo de cumplir con el tiempo requerido según los Requisitos para Toma de Muestra y Preservación (**Anexo N° III. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo**).

#### **6.4.3.5 Método de ensayo**

Los métodos de ensayo para el producto agua residual deberán estar acreditados por el INDECOPISNA o cualquier Organismo de acreditación firmante de acuerdos de Reconocimiento Multilateral (MLA) de la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC) o que pertenezcan a un Instituto Nacional de Metrología que participe satisfactoriamente de las intercomparaciones reconocidas por el BIPM (Bureau International des Poids et Measures). Preferentemente, mientras no exista una norma nacional, los laboratorios a ser utilizados deben contar con acreditación de los ensayos según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA – WEF 22ndEdition, o su actualización.

### **6.5 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD**

El aseguramiento y control de calidad son parte esencial de todo sistema de monitoreo. Comprende un programa de actividades (capacitación, calibración de

equipos y registro de datos) que garantizan que la medición cumple normas definidas y apropiadas de calidad con un determinado nivel de confianza. Puede ser visto también como una cadena de actividades diseñadas para obtener datos confiables y precisos. Se aplicará la Norma NTP-ISO 5667-14, Guía para el aseguramiento de la calidad del muestreo de agua del ambiente y su manipulación.

#### **6.5.1 Plan de aseguramiento de la calidad del monitoreo**

El plan de aseguramiento de calidad del monitoreo de la entidad titular de la PTAR debe contener, como mínimo:

- Organización y responsabilidades de la Unidad o Laboratorio encargado del monitoreo (personal responsable de asegurar la ejecución de mediciones válidas).
- Procedimientos del muestreo en el campo, registro y tipos de control de calidad.
- Procedimiento de medición de parámetros de campo que incluye la calibración de los equipos de campo.
- Registro de datos de campo y procedimiento del llenado de la cadena de custodia.

#### **6.5.2 Recolección de muestras**

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia, para lo cual se deberán adoptar los cuidados necesarios para el equipamiento y acondicionamiento del material de muestreo, así como el procedimiento para la medición de parámetros de campo como temperatura y pH. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras.

Los laboratorios acreditados deberán asegurar la correcta recolección de muestras que debe incluir:

- Que los frascos de muestreo sean los apropiados para cada parámetro (ver **Anexo N° III. Requisitos para la toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo**).
- Todos los registros y formatos para el monitoreo (registro de datos de campo, registro de cadena de custodia, etiqueta para muestra de agua residual, etc.), debidamente llenados con letra clara y legible.
- Mantener los registros de control actualizados de los equipos, para asegurar el mantenimiento y calibración de los mismos (bitácoras).

## **7. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS**

### **7.1 MEDICIÓN DE CAUDAL**

Las PTAR 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 efluentes de la PTAR se pueden usar medidores de régimen crítico o vertederos. Para afluentes de las PTAR solo está permitida la medición mediante medidores de régimen crítico.

Para la determinación del caudal, las PTAR pueden utilizar sistemas de medición del nivel de líquido sobre el medidor (transductores ultrasónicos, de presión sumergidos o por ondas de radar) o de tecnologías que midan la sección y la velocidad en forma simultánea (método por efecto Doppler con ondas ultrasónicas, método electromagnético o método por radar), para tal efecto, en lo que corresponda, se recomienda utilizar la NTP 410.001 del año 2010, Balance Hídrico de Descarga Sanitaria. Determinación del factor de descarga de aguas residuales a la red de alcantarillado.

Sólo en el caso de PTAR pequeñas (caudal menor a 100L/s) y en situaciones debidamente justificadas, para los efectos de determinar el caudal de operación, se podrá usar métodos de medición indirectos como el de sección-velocidad. Si existen condiciones de descarga libre del efluente y sólo para caudales menores a 5 L/s, se podrá aplicar el método de medición volumétrico. En el **Anexo N° VII. Métodos de medición de caudales** se describen estos métodos de medición.

Los titulares de las PTAR deben medir los caudales del afluente y efluente conforme a la frecuencia mínima de medición de caudal establecida en el **Anexo N° II. Frecuencia de monitoreo** y deben contar con un registro de caudales promedio diarios del afluente y efluente. El registro de caudales debe ser almacenado por un periodo mínimo de cinco años, debiendo estar, el archivo, a disposición del MVCS y de la Autoridad Nacional del Agua.

### **7.2 VERIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PTAR**

La verificación de la eficiencia de la PTAR se realiza por comparación de la calidad del agua residual cruda y tratada y permitirá determinar la consistencia de los valores del efluente de la PTAR, tomando en consideración los procesos de tratamiento existentes.

## **8. REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

El registro y procesamiento de los datos debe hacerse para cada punto de monitoreo con la frecuencia correspondiente a la PTAR, según lo establecido en el Anexo N° II (frecuencia anual, semestral, trimestral o mensual). Estos datos deben ser almacenados y registrados colocando toda la información en una hoja de cálculo o una base de datos computarizada y serán comparados con los Límites Máximos Permisibles según D.S. N° 003-2010-MINAM. El titular de la PTAR deberá registrar cualquier observación relevante respecto del monitoreo realizado por el laboratorio acreditado.

Esta información, conjuntamente con los formatos de ubicación de los Puntos de Monitoreo, de Registro de Datos de Campo, la Cadena de Custodia y los documentos conteniendo los reportes de los análisis realizados en los laboratorios correspondientes, deberá ser almacenada por un periodo mínimo de cinco años, debiendo estar, el archivo, a disposición del MVCS y de la Autoridad Nacional del Agua.

## **9. REPORTE DE MONITOREO DE EFLUENTES A SER ENVIADO AL MVCS**

### **9.1 REPORTE INICIAL**

La primera etapa de registro de información debe contener la información básica de la PTAR, incluyendo croquis (incluyendo referencias como por ejemplo: vías de acceso, aeropuertos, ríos, asentamientos humanos, entre otros), ubicación de los puntos de monitoreo, caudal promedio diario de operación y flujograma, según lo establecido en el **Anexo N° I. Ubicación del Punto de Monitoreo.**

Esta información será presentada a la Oficina del Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el reporte inicial del titular de la PTAR en el plazo máximo señalado en la norma que aprueba este Protocolo de Monitoreo y cada vez que se produzca alguna modificación de los puntos de monitoreo y/o del caudal. La modificación de los puntos de monitoreo debe ser justificada y comunicada expresamente a la citada oficina, quien debe aprobar dicho cambio.

### **9.2 REPORTE DE MONITOREO**

Los titulares de las PTAR están obligados a reportar periódicamente, al MVCS, los resultados del monitoreo de los parámetros regulados, incluyendo los parámetros adicionales establecidos por el MVCS, de ser el caso.



Este reporte contendrá los resultados de las mediciones realizadas, un cuadro comparativo de los parámetros analizados con los límites máximos permisibles y otros límites establecidos en el instrumento de gestión ambiental aprobado de la PTAR, el caudal de afluente y efluente, el nombre del laboratorio acreditado, la clasificación del cuerpo de agua receptor o el lugar de disposición final (quebrada seca, suelo, canales de riego, etc.), observaciones derivadas de los resultados de monitoreo, etc., según se establece en el **Anexo N° VIII. Reporte de resultados del monitoreo de efluentes de PTAR.**

Los reportes de monitoreo deben ser presentados a la Oficina del Medio Ambiente (OMA) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento con la frecuencia dispuesta en el Anexo N° II. (mensual, trimestral, semestral o anual), en un plazo máximo de 30 días después de realizado el monitoreo.

## **10. INFORME ANUAL DE RESULTADOS DEL MONITOREO**

El MVCS es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR.

El MVCS deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente (MINAM), dentro de los primeros noventa días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los titulares de las PTAR durante el año anterior.

## **11. SUPERVISIÓN Y EVALUACIÓN**

El MVCS evaluará la información reportada por los titulares de las PTAR y verificará el cumplimiento de los compromisos asumidos en el instrumento de gestión ambiental aprobado, fundamentalmente el cumplimiento de los LMP. De verificarse el incumplimiento de uno o más LMP, el MVCS podrá solicitar se realice un nuevo monitoreo. De persistir la ocurrencia de uno o más LMP superados solicitará un informe técnico de las causas que generan dicho incumplimiento y las medidas a ser adoptadas por el titular de la PTAR. De estimarlo necesario el MVCS podrá realizar una evaluación de la PTAR para efectos de verificación de la información reportada.

Este procedimiento no inhibe ni restringe que la Autoridad Competente realice acciones de fiscalización, control, supervisión y sanción que corresponda respecto al incumplimiento de los LMP.

## 12. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Afluente: Agua residual que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento.

Aguas residuales: Aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas.

Alícuota: Porciones de muestras individuales recolectadas en un solo sitio de muestreo proporcionalmente al caudal y mezcladas al final del muestreo para formar una muestra compuesta.

Cadena de custodia: Documento de control y seguimiento de las condiciones de recolección de la muestra, preservación, codificación, transporte, esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta la entrega de los resultados. Es la evidencia de la trazabilidad del muestreo.

Caudal: Es la cantidad de agua residual que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo.

Caudal medio anual: Promedio de los caudales promedio diarios en un período de 365 días.

Caudal Promedio Diario: Es el promedio de los caudales para un período de 24 horas.

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

DBO soluble: Ensayo de DBO determinada en una muestra que ha sido sometida a filtración.

DQO (Demanda Química de Oxígeno): Es definido como la cantidad de oxidante que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumido es expresado en términos de su equivalente en oxígeno.

Efluente: Agua residual que sale de una planta o un proceso de tratamiento.

Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua): Es la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Fiscalización: Facultad de investigar la comisión de posibles infracciones administrativas sancionables y, si fuera el caso, imponer sanciones por el incumplimiento de obligaciones derivadas de los instrumentos de gestión ambiental,

así como de las normas ambientales como son los Límites Máximos Permisibles de efluentes de PTAR.

Frecuencia de monitoreo: Es la periodicidad del monitoreo de calidad del agua residual, el cual está determinado por el caudal de operación de la PTAR.

Instrumento de Gestión Ambiental: Mecanismos diseñados para posibilitar la ejecución de la política ambiental, sobre la base de los principios establecidos en la Ley. Constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario, para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país. Incluye, por ejemplo, Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Planes de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).

Límite Máximo Permisible (LMP): Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

Monitoreo de la calidad del agua residual: es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua residual, con el objeto de realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación.

Muestra de agua: parte representativa del material a estudiar (para este caso agua residual cruda y tratada) en la cual se analizan los parámetros de interés.

Muestra simple o puntual: Es la que se toma en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual. Representa la composición del agua residual para un lugar, tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra.

Oxígeno disuelto: Concentración de oxígeno en el agua que depende de la temperatura y la presión atmosférica, condicionante para el desarrollo de la vida acuática.

Parámetros de calidad: Compuestos, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de interés para la determinación de la calidad de agua.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permiten la depuración de los parámetros contaminantes contenidos en las aguas residuales domésticas o municipales.

Preservante químico: Es una solución química que inhibe y/o estabiliza la muestra para conservar las características de la muestra de agua residual hasta el momento del análisis.

Protocolo: Es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica.

Punto de aforo: Dispositivo o estructura donde se realiza la medición de caudal.

Punto de monitoreo o punto de control: Es la ubicación geográfica de un punto, donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad (en este caso del agua residual cruda y tratada) en forma periódica.

### 13. REFERENCIAS

- Ministerio de Salud. DIGESA. Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales y sus Anexos I, II, III y IV. Resolución Directoral N° 2254/2007/DIGESA/SA. 2007.
- Autoridad Nacional del Agua. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial. Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA. 2011.
- American Public Health Association. American Water Works Association. Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. 2003.
- NTP 410.001:2010. Balance Hídrico de Descarga Sanitaria. Determinación del factor de descarga de aguas residuales a la red de alcantarillado. 2010.
- NTP ISO 5667-3:2001. Calidad del Agua. Muestra parte 3: guía para la preservación y manejo de muestras. 2001.
- ISO 5667-10: 1995. Water quality - Sampling - Part 10: Guidance on sampling of waste waters.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Agua. 2007.
- Norma Oficial Mexicana. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Con ratificación previa a su revisión quinquenal. NOM-001-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación. 2003 Abr 23.

### ANEXOS

- Anexo N° I Ubicación del Punto de Monitoreo
- Anexo N° II Frecuencia de monitoreo
- Anexo N° III Requisitos para toma de muestras de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo
- Anexo N° IV Registro de datos de campo

Anexo N° V Etiqueta para muestras de agua residual

Anexo N° VI Cadena de custodia

Anexo N° VII Métodos de medición de caudales

Anexo N° VIII Reporte de resultados del monitoreo de efluentes de PTAR

## Anexo N° I UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

<b>Nombre de EPS/Municipio:</b>			
<b>Nombre de PTAR:</b>			
<b>Ubicación de PTAR:</b>			
Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
<b>IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO</b>			
<b>AFLUENTE</b>			
Denominación del punto de muestreo (afluente)			
<b>COORDENADAS U.T.M. (WGS84)</b>			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
<b>CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario)</b>			<b>Método de medición</b>
<b>EFLUENTE</b>			
Denominación del punto de muestreo (efluente)			
<b>COORDENADAS U.T.M. (WGS84)</b>			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
<b>CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario)</b>			<b>Método de medición</b>
<b>Datos del GPS (marca, modelo, número de serie, precisión del equipo)</b>			

En páginas aparte:

- Croquis de ubicación del punto de monitoreo 1.
  - 2 fotografías del punto de monitoreo 1 (tomadas a 10m de distancia del punto de monitoreo y la segunda más cercana al mismo).
- Croquis de ubicación del punto de monitoreo 2.
  - 2 fotografías del punto de monitoreo 2 (tomadas a 10m de distancia del punto de monitoreo y la segunda más cercana al mismo).
- Flujoograma de procesos de tratamiento con la información básica de cada uno de ellos.

- Caudal medio anual de la PTAR, registrado según la frecuencia indicada en el anexo II.

Para el reporte inicial y en caso de ausencia de registros según la frecuencia indicada en el Anexo N° II, indicar el caudal promedio anual sustentado con resultados de medición según otra frecuencia o con otro sustento técnico, por ejemplo, información del diseño de la PTAR. Indicar frecuencia de monitoreo aplicable según el Anexo N° II.

.....de .....del 20...

Nombres y apellidos Responsable de la PTAR

### **Anexo N° II FRECUENCIA DE MONITOREO**

Para determinar la frecuencia de monitoreo de la PTAR se debe tomar como referencia el caudal promedio anual del año calendario precedente.

<b>Rango de caudal promedio anual de la PTAR</b>	<b>Frecuencia de monitoreo</b>	<b>Frecuencia mínima de medición de caudal</b>
> 300 L/s	Mensual	Lecturas horarias, 365 días
>100 a 300 L/s	Trimestral	Lecturas horarias por 24 horas, una vez por mes
>10 a 100 L/s	Semestral	Lecturas horarias por 24 horas, una vez por trimestre
< 10 L/s	Anual	Lecturas horarias, por 24 horas, una vez por semestre

La frecuencia de monitoreo indicada es aplicable siempre y cuando el instrumento de gestión ambiental aprobado de la PTAR no indique una frecuencia mayor.

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento podrá disponer otra frecuencia del monitoreo para todos los parámetros inclusive que no estén regulados en el D.S. N° 003-2010-MINAM, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

**Anexo N° III REQUISITOS PARA TOMA DE MUESTRA DE AGUA RESIDUAL Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL MONITOREO**

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
<b>Fisicoquímico</b>				
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO <sub>5</sub> (3)	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO (3)	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P,V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
<b>Microbiológico</b>				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

(1) No hay restricción para el volumen máximo de la muestra.

(2) En el caso de lagunas de estabilización, la medición del efluente debe realizarse entre las 10:00 y las 11:00 horas para evitar la interferencia del desequilibrio del sistema carbonatado por alta actividad fotosintética que se da en las horas de mayor radiación solar.

(3) En caso de lagunas de estabilización, filtrar las muestras de los efluentes (filtro no mayor a 1 micra de porosidad, lo cual debe ser reportado con los resultados del ensayo) para eliminar la interferencia de algas, determinando de este modo la DBO y DQO, soluble o filtrada. No se debe filtrar las muestras si los efluentes son vertidos en cuerpos de agua lenticos (lagunas, lagos, bahías, etc.).



Leyenda: P = frasco de plástico o equivalente;

V = frasco de vidrio

**REQUISITOS PARA TOMA DE MUESTRA DE AGUA Y PRESERVACIÓN DE LOS PARÁMETROS ADICIONALES QUE DETERMINE EL MINISTERIO DE VIVIENDA**

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (*)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
<b>Fisicoquímico</b>				
Fosforo Total	P,V	100 mL	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Nitratos	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible. Refrigerar a 4°C	48 horas
Nitritos	P,V	100mL	Analizar lo más pronto posible Refrigerar a 4°C	Ninguno
Nitrógeno amoniacal	P,V	500 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
<b>Microbiológicos</b>				
<i>Vibrio cholerae</i>	V, estéril	Variable, dependiendo del método	Refrigerar a 4°C	6 horas
<i>Escherichiacoli</i>	V, estéril	Variable, dependiendo del método	Refrigerar a 4°C	6 horas
<i>Salmonella sp.</i>	V, estéril	Variable, dependiendo del método	Refrigerar a 4°C	6 horas
Huevos de Helmintos	V	Variable, dependiendo del método	Refrigerar a 4°C	6 horas

(\*) No hay restricción para el volumen máximo de la muestra.

Leyenda: P = frasco de plástico o equivalente;

V = frasco de vidrio

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22<sup>nd</sup>  
Edition.

### Anexo N° IV REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Nombre de la PTAR:</b>				
<b>AFLUENTE</b>				
<b>Denominación del punto de monitoreo:</b>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal afluente (*)
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				
<b>EFLUENTE</b>				
<b>Denominación del punto de monitoreo:</b>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal efluente (*)
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				

(\*) Caudal de afluente y efluente en el momento del monitoreo

....., .....de .....del 20...

Nombres y apellidos  
Responsable de Monitoreo

Nota: Los laboratorios acreditados ante INDECOP pueden utilizar su propio formato para el registro de datos de campo.

## Anexo N° V ETIQUETA PARA MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL

La etiqueta de identificación de la muestra debe contener los siguientes datos:

Etiqueta adhesiva para etiquetar los frascos o bolsas de la toma de muestras de 12 cm X 8,5 cm.

<b>Nombre de la PTAR:</b>	
<b>Denominación del punto de monitoreo (afluente o efluente):</b>	
No. de muestra (orden de toma de muestra)	
Fecha y hora	
Ensayo físico químico	<input type="checkbox"/> DBO <input type="checkbox"/> DQO <input type="checkbox"/> AyG <input type="checkbox"/> SST
Ensayo microbiológico	<input type="checkbox"/> CTT
Otros parámetros	
Otros parámetros	
Preservación	
Operador del muestreo	

Nota: Los laboratorios acreditados ante INDECOPI pueden utilizar su propia etiqueta para muestras de agua residual.

### Anexo N° VI REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Nombre de la PTAR:															
Muestra No.	Afluente	Efluente	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido							Observaciones
								AyG	DBO	DQO	SST	CTT			
Hora de entrega al medio de transporte															

Responsable de la PTAR			Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en laboratorio				
Nombre y apellidos	Institución	Firma	Nombre y apellidos	Institución	Firma	Nombre y apellidos	Institución	Firma	Nombre y apellidos	Institución	Firma	Hora	Fecha

Nota: Los laboratorios acreditados ante INDECOPI pueden utilizar su propio formato de Cadena de Custodia.

## Anexo N° VII MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CAUDALES

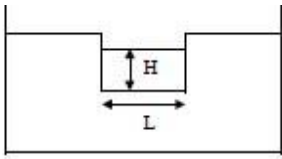
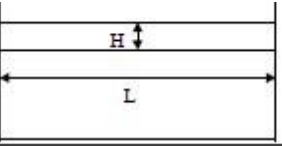
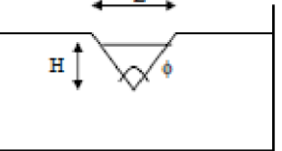
### A) Método del Vertedero

Este método es utilizado para corrientes de bajo caudal.

Según las características físicas (geometría) de salida de la PTAR, se puede aplicar el método del vertedero, que consiste en caja de salida de la PTAR en el cual se instala una placa de geometría definida y que permita el flujo libre. Se mide la altura de la superficie líquida corriente arriba para determinar el flujo. El perfil hidráulico de las instalaciones de salida de la PTAR y el emisor, deben permitir un flujo libre para una medición adecuada de caudales.

En caso de tomar la decisión de utilizar un vertedero de geometría conocida implica necesariamente que el flujo del vertimiento se dirija sobre un canal abierto, en cual se pueda conocer la carga (tirante) de agua (H) de la corriente sobre el vertedero. Con este valor se podrá determinar el caudal en este canal.

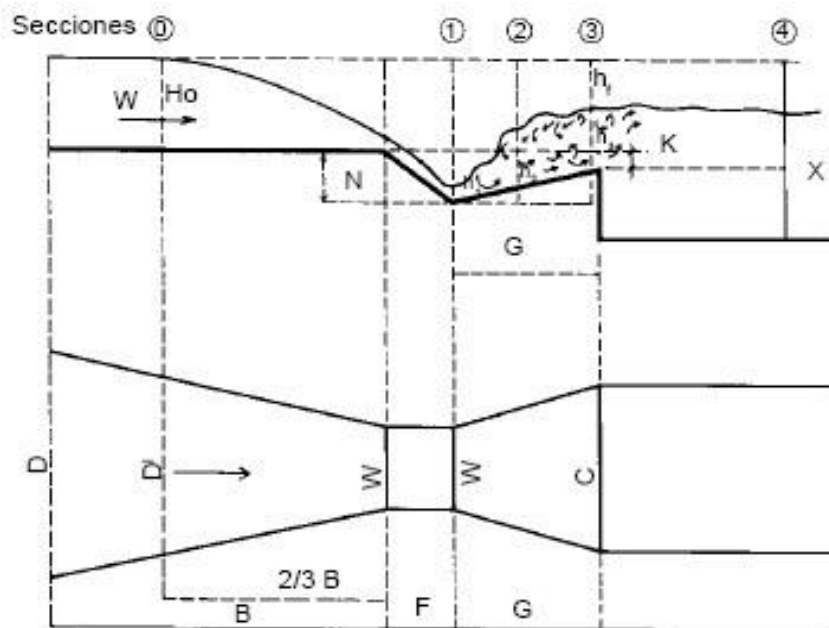
En la siguiente tabla se presentan algunas de las ecuaciones y características de los vertederos comúnmente utilizados.

Tipo de vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular con contracción		$Q = 3,3 * L * H^{1,5}$ Q = Caudal en m <sup>3</sup> /s L = Longitud de cresta en m H = carga (tirante) en m
Rectangular sin contracción		$Q = 1,83 * L * H^{1,5}$ Q = caudal en m <sup>3</sup> /s L = Longitud de cresta en m H = carga (tirante) en m
Triangular		$\Phi = 90^\circ$ $Q = 1,4 * H^{1,5}$ Q = caudal en m <sup>3</sup> /s H = carga (tirante) en m  $\Phi = 60^\circ$ Q = $0,775 * H^{1,5}$ Q = caudal en m <sup>3</sup> /s H = carga (tirante) en m



## B) Canaleta Parshall

Este medidor es una especie de tubo Venturi abierto, el cual dispone de una garganta que produce una elevación del nivel de agua en función del caudal. Está formado por una sección de entada de paredes verticales convergentes y fondo a nivel, una garganta o estrechamiento de paredes paralelas y fondo descendiente y una sección de salida con paredes divergentes y fondo ascendente. Las canaletas Parshall se definen por el ancho de la garganta. Para la determinación del caudal se precisa de la medición de la altura del líquido, éste se puede realizar de forma instantánea con solo una medición de altura.



$$Q = (Ho/k)^{1/m}$$

Q = caudal en m<sup>3</sup>/s

H0= Altura de agua en la zona de medición en m

K, m constantes en función al ancho de garganta de la canaleta

Ancho de la garganta del Parshall (W)		k	m
Pulgadas, pies	(m)		
3"	0,075	3,704	0,646
6"	0,150	1,842	0,636

9"	0,229	1,486	0,633
1´	0,305	1,276	0,657
1 ½´	0,406	0,966	0,650
2´	0,610	0,795	0,645
3´	0,915	0,608	0,639
4´	1,220	0,505	0,634
5´	1,525	0,436	0,630
6´	1,830	0,389	0,627
8´	2,440	0,324	0,623

### **C) Método de Sección - Velocidad**

El método de Sección – Velocidad se usa en canales con bajo caudal. Se deben determinar dos parámetros: la velocidad y la sección transversal

#### **Medición de la velocidad: $v$ (m/s)**

- Seleccionar un tramo de flujo homogéneo.
- Se estima una longitud apropiada (L) que representará el espacio recorrido por el flotador que oscile entre 30 a 100 m según el caudal.
- Contar con un flotador visible (bolas de plástico o material sintético).
- Se inicia la operación lanzando el flotador al inicio del tramo seleccionado y midiendo el tiempo en que recorre la longitud de medición establecida.
- Realizar varias mediciones para descartar los valores errados que permitirá obtener un valor constante, o promedio de varias mediciones (T).
- La Velocidad (V) se calcula como sigue  $V=0.8 \times (L/T)$ , la unidad de medida más representativa es m/s.

#### **Medición de la sección transversal: A**

(m<sup>2</sup>) □ Medir el ancho del canal.

- Medir las profundidades a lo largo de la sección del canal.
- Calcular el área de la sección del canal.

$$A = b \cdot h$$

Donde:

b = Es el ancho del canal

$h$  = Es la altura de agua en el canal (distancia del espejo de agua al fondo del canal en el eje central)

### **Medición de Caudal. $Q$ ( $m^3/s$ )**

El cálculo del caudal se realiza al multiplicar el área de la sección transversal ( $A$ ) por la velocidad obtenida ( $V$ ).

$$Q = v \cdot A$$

### **D) 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 coleccionar el agua
- Un cronómetro
- Se mide el tiempo que demora el llenado de un determinado volumen de agua

### **Medición del volumen: $V$ (L)**

- Conocer 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:

$Q$  = caudal en L/s

$V$  = volumen en litros

$T$  = Tiempo en segundos

**En la siguiente Tabla se muestran algunas condiciones y restricciones para la utilización de los diferentes métodos de medición de caudal.**

**Algunas Condiciones y Restricciones para la Utilización de Diferentes Métodos de Medición de Caudal**

<b>Método de Aforo</b>	<b>Equipo o dispositivo</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Restricciones</b>	<b>Aplicación</b>
Volumétrico	Recipiente de volumen conocido y cronómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corriente con caída libre</li> <li>• Caudales pequeños y de poca velocidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Errores con chorros violentos</li> <li>• Requiere calibración del recipiente utilizado</li> </ul>	Descargas libres
Vertedero	Vertederos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los vertederos</li> <li>• Antes de llegar al vertedor el canal de acceso debe ser recto, al menos 10 veces la longitud de su cresta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El porcentaje de error en la medición del caudal disminuye a medida que la carga aumenta</li> <li>• Existe una mayor exactitud cuando el derrame tiene lugar bajo la carga máxima posible dentro de las limitaciones de cada vertedero</li> <li>• La cresta y los laterales del vertedero deben ser rectos y afilados</li> <li>• Aguas abajo del canal no debe haber obstáculos a fin de evitar ahogamiento o inmersión de la descarga del vertedor</li> <li>• En el proceso de evitar que se ahogue se pierde mucha carga</li> <li>• No se pueden combinar con estructuras de distribución o derivación</li> <li>• Se anulan las condiciones de aforo cuando los sedimentos se depositan en el fondo, por lo que es necesario realizar un mantenimiento continuo</li> </ul>	La medición se basa en el funcionamiento de una sección hidráulica conocida y calibrada, de tal forma que con solo conocer la carga hidráulica de operación, se conoce el gasto que pasa por la sección

Sección- Velocidad	Flotador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de corriente que conducen gastos pequeños no mayores a 100 L/s</li> <li>• Tramo del cauce lo más recto posible, alejado de curvas y que el agua corra libremente</li> <li>• Sección transversal lo más regular posible</li> <li>• Profundidad suficiente para que el flotador no toque el fondo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay que tomar en cuenta los coeficientes debidos a la variación del viento</li> <li>• El flotador debe adquirir una velocidad cercana a la velocidad superficial del agua</li> <li>• En corrientes turbulentas no se obtienen buenos resultados</li> <li>• El flotador no debe ser muy ligero ni muy pesado</li> </ul>	Canales a cielo abierto, carentes de estructuras de aforo (vertederos) y cuando no sea posible instalar algún otro dispositivo
-----------------------	----------	---	---	--

Fuente: "Identificación y Descripción de Sistemas Primarios para el Tratamiento de Aguas Residuales".

Comisión Nacional del Agua de México.

**Anexo N° VIII**

**REPORTE DE RESULTADOS DEL MONITOREO DE EFLUENTES DE PTAR**

**REPORTEA SER ENVIADO AL MVCS-OMA**

**I. RESULTADOS DEL MONITOREO**

Fecha del monitoreo: .....

Nombre de la PTAR:					
Parámetro	Tipo de muestra	Resultado del análisis		LMP	Eficiencia PTAR
		Afluente	Efluente		
pH, unidad					
Temperatura, °C					
DBO5, mg/L 1)					
DQO, mg/L1)					
SST, mg/L					
Aceites y Grasas, mg/L					
Coliformes Termotolerantes, NMP/100 mL					
Caudal del afluente, L/s 2)				Método de medición	
Caudal del efluente, L/s 2)				Método de medición	
Nombre de laboratorio acreditado					

Responsable de la PTAR	Fecha	Firma

- 1) Para efluentes de lagunas de estabilización el valor reportado será el de la DBO y DQO solubles.
- 2) Caudal medido en el momento del monitoreo para las muestras simples.

Este formato también incluirá los parámetros adicionales que determine el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, así como los establecidos en el instrumento de gestión ambiental aprobado.

## II. OBSERVACIONES

Se incluirá la clasificación del cuerpo de agua receptor, según lo establecido por la Autoridad Nacional del Agua, o en su defecto, el lugar de disposición final (quebrada seca, suelo, canales de riego, etc.).

Se hará una evaluación de las eficiencias calculadas sobre la base de los resultados del monitoreo, así como también un análisis sobre el grado de cumplimiento de los LMP.

Finalmente se incluirán observaciones derivadas de los resultados del monitoreo (ejemplo: caudal de operación mayor al caudal de diseño, variaciones de calidad del afluente, cambios en tecnología de tratamiento, etc.).

## III. ANEXOS AL REPORTE

- Formato de registro de datos de campo
- Formato de la Cadena de Custodia
- Copia de los informes emitidos por el laboratorio acreditado



**FOTOGRAFÍAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

**FOTOGRAFÍA 01: CRIBADO UBICADO AL INGRESO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.**



**FOTOGRAFÍA 02: CRIBADO UBICADO AL INGRESO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**



**FOTOGRAFÍA 03: LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL AGUA CRUDA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO**



**FOTOGRAFÍA 04: LAGUNA FACULTATIVA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**



**FOTOGRAFÍA 05: ANALIZANDO PH IN SITU**



**FOTOGRAFÍA 06: AÑADIENDO ÁCIDO SULFÚRICO PARA PRESERVACIÓN DE MUESTRA**



**FOTOGRAFÍA 07: ROTULADO DE MUESTRA**



**FOTOGRAFÍA 08: ROTULADO DE MUESTRA**



**FOTOGRAFÍA 09: LLENADO DE LA CADENA DE CUSTODIA**

**SGS** Nº 222575

**CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA**

DATOS DEL CLIENTE		FACTURAS		Muestra requerida / Preservación		TIPO DE AGUA	
Nombre: <b>Karen Lucio Cruz Ortiz</b> Teléfono: <b>98284243</b> Email: <b>karen.lucio@bclmail.com</b> Empresa: <b>Investigación - TESIS</b> Lugar de Muestreo: <b>Localidad PTCV PAUSA</b>		Razón Social: <b>Karen Lucio Cruz Ortiz</b> RUC: <b>1903</b> Dirección: <b>Calle República 760</b> Teléfono: <b>98264913</b> Municipio: <b>El Cajas</b>		Cantidad de Muestras: <b>6</b> (Pilas y 6 Bajas) Muestra requerida / Preservación: <b>Demanda Biológica de Oxígeno, Sólidos Totales, en las pilas (Bajas) - Fecundación</b>		AGUA NATURAL AGUA RESIDUAL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO	
Contacto: <b>Karen Lucio Cruz Ortiz</b> Dirección: <b>Calle República 760</b> Teléfono: <b>98284243</b> Email: <b>karen.lucio@bclmail.com</b>		Fecha de Emisión: <b>22/07/16</b> Fecha de Validación: <b>10/23</b> Tipo de Agua: <b>Demanda Biológica de Oxígeno, Sólidos Totales, en las pilas (Bajas) - Fecundación</b>		Observaciones: Si tiene preservante: Duplicado si tiene preservante. Si tiene preservante. Si preservante.		OBSERVACIONES	
Hora de Inicio: <b>10:00</b> Hora de Finalización: <b>22/07/16</b>		Hora de Inicio: <b>10:00</b> Hora de Finalización: <b>10:23</b>		Hora de Inicio: <b>10:00</b> Hora de Finalización: <b>10:23</b>		Hora de Inicio: <b>10:00</b> Hora de Finalización: <b>10:23</b>	
Muestra enviada vía: <input checked="" type="checkbox"/> Aire <input type="checkbox"/> Agua <input type="checkbox"/> Sólidos		Responsable del Envío: <b>Karen Lucio Cruz Ortiz</b> <b>Dania Contreras S.A.C.</b> Fecha y hora del envío: <b>08:00 pm 22/07/2016</b>		Fecha de Recepción de las Muestras: Hora:		Responsable de la Recepción de las Muestras: Condiciones en que se recibieron las muestras: <input type="checkbox"/> Refrigeradas <input type="checkbox"/> Preservadas <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación <input type="checkbox"/> N° de muestras rotas: <input type="checkbox"/> Otros (especifique):	

**FOTOGRAFÍA 10: VISITA A LA PTAR CON EL JURADO ALEJANDRO DURAN NIEVA**



**FOTOGRAFÍA 11: VISITA A LA PTAR CON EL JURADO ALEJANDRO DURAN NIEVA**



**FOTOGRAFÍA 12: VISITA A LA PTAR CON EL JURADO ALEJANDRO DURAN NIEVA**



**FOTOGRAFÍA 13: VISITA A LA PTAR CON EL ASESOR SIMEON CALIXTO VARGAS**



**FOTOGRAFÍA 14: VISITA A LA PTAR CON EL ASESOR SIMEON CALIXTO VARGAS**



**FOTOGRAFÍA 15: VISITA A LA PTAR CON EL ASESOR SIMEON CALIXTO VARGAS**

