

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



Presentado por: Br. JAYO EDILECTO ROJAS POCCO

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE  
CONTAMINANTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO JOSÉ MARÍA  
ARGUEDAS, ANDAHUAYLAS – APURÍMAC, 2022.**

Asesor: Dra. YUDITH CHOQUE QUISPE

Co-Asesor: Dr. DAVID CHOQUE QUISPE

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2023



## APROBACION DE LA ASESORA

Quién suscribe:

DOCTORA EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, INGENIERO AMBIENTAL. YUDITH CHOQUE QUISPE por la presente:

**CERTIFICA,**

Que, el Bachiller en **Ingeniería Ambiental**, JAYO EDILECTO ROJAS POCCO, ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **"Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas, Andahuaylas – Apurímac, 2022"** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Andahuaylas, 26 de octubre de 2023.

---

Dra. Yudith Choque Quispe  
**Asesora**

---

Bach. Jayo Edilecto Rojas Pocco  
**Tesista**



## APROBACION DEL CO-ASESOR

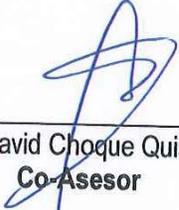
Quién suscribe:

(DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, INGENIERO QUIMICO. DAVID CHOQUE QUISPE por la presente:

**CERTIFICA,**

Que, el Bachiller en **Ingeniería Ambiental**, JAYO EDILECTO ROJAS POCO, ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "**Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas, Andahuaylas – Apurímac, 2022**" para optar el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Andahuaylas, 26 de octubre de 2023.



---

Dr. David Choque Quispe  
**Co-Asesor**



---

Bach. Jayo Edilecto Rojas Pocco  
**Tesista**



FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la Av. José María Arguedas del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 10:00 horas del día 15 de diciembre del año 2023, se reunieron los docentes: Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez, Mag. Betsy Suri Ramos Pacheco, Mag. Frida Esmeralda Fuentes Bernedo, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO JOSÉ MARÍA ARGUEDAS ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2022", cuyo autor es la Bachiller en Ingeniería Ambiental JAYO EDILECTO ROJAS POCCO, la Asesora, Dra. Yudith Choque Quispe y el Co asesor Dr. David Choque Quispe, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador ACORDÓ: Aprobar por Unanimidad al Bachiller en Ingeniería Ambiental JAYO EDILECTO ROJAS POCCO, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
17	Diecisiete	Muy Bueno

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez  
Presidente del Jurado Evaluador

Mag. Betsy Suri Ramos Pacheco  
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Mag. Frida Esmeralda Fuentes Bernedo  
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



## APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO JOSÉ MARÍA ARGUEDAS, ANDAHUAYLAS – APURÍMAC, 2022”; para optar el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

**Presidente:** Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez

**Primer miembro:** Mag. Betsy Suri Ramos Pacheco

**Segundo miembro:** Mag. Frida Esmeralda Fuentes Bernedo

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 15 del mes de diciembre de 2023.

Andahuaylas, 20 de Diciembre de 2023.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez  
**Presidente del jurado dictaminador**

  
\_\_\_\_\_  
Mag. Betsy Suri Ramos Pacheco  
**Primer miembro del jurado dictaminador**

  
\_\_\_\_\_  
Mag. Frida Esmeralda Fuentes Bernedo  
**Segundo miembro del jurado dictaminador**

ANEXO 32



**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

**Yo, Jayo Edilecto Rojas Pocco, identificado con DNI N° 72158591 de la Escuela Profesional de la Escuela Profesional José María Arguedas**

**Declaro bajo juramento que el Informe Final de la Tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO JOSÉ MARÍA ARGUEDAS, ANDAHUAYLAS – APURÍMAC, 2022".**

Es auténtico y no vulnera los derechos de autor. Además, su contenido es de entera responsabilidad del autor (es) del proyecto, quedando la UNAJMA exenta de toda responsabilidad en caso de atentar contra la Ley de propiedad intelectual y derechos de autor.

**Andahuaylas, 26 de febrero de 2023**

.....  
Firma del Bachiller  
N° DNI: 72158591  
E-mail: [1003520181@unajma.edu.pe](mailto:1003520181@unajma.edu.pe).  
N° Celular:

.....  
Firma de la Asesora  
N° DNI: 42933337  
E-mail: [ychoque@unajma.edu.pe](mailto:ychoque@unajma.edu.pe)  
N° Celular: 931818381

.....  
Firma del Co-Asesor  
N° DNI: 25003361  
E-mail: [dchoque@unajma.edu.pe](mailto:dchoque@unajma.edu.pe)  
N° Celular: 984563618

## INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe asesora del trabajo de investigación/tesis, titulada  
“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES  
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL  
DISTRITO JOSÉ MARÍA ARGUEDAS, ANDAHUAYLAS-APURÍMAC, 2022.”  
presentado por la **Br. Jayo Edilecto Rojas Pocco**, con DNI N° **72158591**, de  
la Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental**, para optar el título profesional  
de **Ingeniero Ambiental**.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando  
el software de control de similitud y detección de plagio Turnitin, conforme al  
reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **18% de similitud general**.  
Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de  
conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 27 de mayo del 2024



---

Dra. Yudiith Choque Quispe  
Asesora de tesis  
DNI N°: 42933337



---

Jayo Edilecto Rojas Pocco  
Bachiller  
DNI N°: 72158591

## INFORME DE ORIGINALIDAD

La que suscribe Co - asesor del trabajo de investigación/tesis, titulada

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO JOSÉ MARÍA ARGUEDAS, ANDAHUAYLAS-APURÍMAC,2022.”**

presentado por la **Br. Jayo Edilecto Rojas Pocco**, con DNI N° **72158591**, de la Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental**, para optar el título profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio Turnitin, conforme al reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **18% de similitud general**.

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 27 de mayo del 2024



---

Dr. David Choque Quispe  
Co – Asesor de tesis  
DNI N°: 25003361



---

Jayo Edilecto Rojas Pocco  
Bachiller  
DNI N°: 72158591

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDU**

AUTOR

**Jayo Edilecto Rojas Pocco**

RECuento DE PALABRAS

**24403 Words**

RECuento DE CARACTERES

**131462 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**131 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 12, 2024 12:45 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 12, 2024 12:47 PM GMT-5**

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS  
Dr. Ing. David Choque Quispe  
DOCENTE

  
Judith Choque Quispe  
4293333Z

● **18% de similitud general**

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Internet	5%
2	<b>hdl.handle.net</b> Internet	4%
3	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Internet	2%
4	<b>apirepositorio.unh.edu.pe</b> Internet	1%
5	<b>repositorio.upagu.edu.pe</b> Internet	1%
6	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Internet	<1%
7	<b>repositorio.upsc.edu.pe</b> Internet	<1%
8	<b>repositorio.uancv.edu.pe</b> Internet	<1%

9	repositorio.unh.edu.pe Internet	<1%
10	repositorio.unasam.edu.pe Internet	<1%
11	repositorio.unsch.edu.pe Internet	<1%
12	AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRA... Publication	<1%
13	Torres Portilla, Rocio del Pilar. "A proposito del principio de gradualida... Publication	<1%
14	WSP PERU S.A.. "Actualización y Modificación del Instrumento de Gest... Publication	<1%
15	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA ... Publication	<1%
16	docplayer.es Internet	<1%
17	Flores, Jessica Rubi Cortez. "Factores que Inciden en la Gestión de Pre... Publication	<1%
18	Vicuna, Albertina del Rosario Chappa. "Los Problemas de la Fiscalizaci... Publication	<1%
19	SISTEMAS AMBIENTALES ARPSON PERU SOCIEDAD COMERCIAL DE ... Publication	<1%
20	Torres Guzman, Jose Luis Yabarrena Villa, Walter Israel Quispe Farfan,... Publication	<1%

- 21 **Marin de Mendoza, Katia Jackeline Fernandez | Azabache, Mayra Pieri...** <1%  
Publication

---

- 22 **"Creencias de las y los profesores sobre la evaluación de estudiantes i...** <1%  
Crossref posted content

---

- 23 **ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.. "Adenda al EIA de Renovación de Equi...** <1%  
Publication

---

- 24 **FC INGENIERIA Y SERVICIOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA CE...** <1%  
Publication

---

- 25 **Q'MIR S.R.L.. "Actualización del Plan de Manejo Ambiental del PAMA d...** <1%  
Publication

---

- 26 **repositorio.ucv.edu.pe** <1%  
Internet

---

- 27 **Ventura, Gilda Rosa Cogorno. "Caos hidrico: el Acceso al Agua en El H...** <1%  
Publication

---

- 28 **#N/A. "Segundo ITS del Proyecto Antapaccay Expansión Tintaya para ...** <1%  
Publication

---

- 29 **FC INGENIERIA Y SERVICIOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA CE...** <1%  
Publication

---

- 30 **Flores Takahashi, Jose Satoshi. "Analisis de una red de monitoreo de c...** <1%  
Publication

---

- 31 **SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "Plan de Cese Tempor...** <1%  
Publication

*Judith Choque Quispe*  
 Judith Choque Quispe  
 42933337



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

Unidad de Investigación de la Facultad Ingeniería  
C030-2023

Andahuaylas, 26 de diciembre de 2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

## Constancia

De porcentaje de similitud (18%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas Andahuaylas-Apurímac, 2022. Presentado por el Bach. Jayo Edilecto Rojas Pocco cuyo Asesor es la Dra. Yudith Choque Quispe y co-asesor el Dr. David Choque Quispe.

Dra. María del Carmen Delgado Laimé  
Presidente de la Unidad de Investigación de la  
Facultad de Ingeniería

MSc. Fidelia Tapia Tadeo

Miembro de la

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

M.Sc. Richard Carrión Abollaneda

Miembro de la

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

C.c  
Archivo.

## **DEDICATORIA**

A Dios como mi principal fuente de inspiración.

A mis queridos padres Esteban y Nicolasa, quienes me hacen llenar de orgullo y son mi mayor inspiración y tesoro, por su ejemplo de lucha y amor incondicional, quienes me han brindado su apoyo moral que ha sido fundamental para la culminación de mis estudios.

A mis hermanos (Magno, Karina, Cliver) por haber acompañado en este camino de vida, quienes me apoyaron cuando más los necesitaba, por lo cual estaré agradecido inmensamente.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad José María Arguedas y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por abrirme las puertas y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

De manera especial a mi asesora Dra. Yudith Choque Quispe por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad, conocimiento y su apoyo constante durante la realización de este trabajo de tesis. Así mismo, a mi co-asesor Dr. David Choque Quispe, quien con su experiencia y conocimiento me orientó en el desarrollo de esta investigación.

A los miembros del jurado evaluador, Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez, Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco y la Mag. Frida Esmeralda Fuentes Bernedo, por sus aportes al desarrollo y la culminación de la presente tesis.

Agradecer a cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes me brindaron sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional.

También agradezco a la Municipalidad Distrital José María Arguedas por permitirme el ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XII
ABREVIATURAS, SÍMBOLOS Y UNIDADES .....	XIII
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT .....	XVI
CHUMASQA .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	18
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	19
1.1. Situación problemática .....	19
1.2. Formulación del problema .....	20
1.2.1. Problema general .....	20
1.2.2. Problemas específicos .....	20
1.3. Justificación de la investigación .....	20
1.4. Objetivos de la investigación .....	21
1.4.1 Objetivo general .....	21
1.4.2. Objetivos específicos .....	21
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES .....	22
2.1. Antecedentes internacionales .....	22
2.1. Antecedentes nacionales .....	25
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO .....	28

3.1. Bases teóricas .....	28
3.1.1. Agua residual.....	28
3.1.2. Características de las aguas residuales.....	28
3.1.3. Clasificación de aguas residuales.....	33
3.1.4. Planta de tratamiento.....	34
3.1.5. Etapas de una planta de tratamiento de aguas residuales.....	34
3.1.6. Componentes de la PTAR del distrito José María Arguedas.....	37
3.2. Marco conceptual.....	38
3.2.1. Límites máximos permisibles:.....	38
3.2.2. Estándar de calidad ambiental:.....	38
3.2.3. Agua residual cruda (afluente):.....	38
3.2.4. Agua residual tratada (efluente):.....	38
3.2.5. Autoridad nacional del agua (ANA):.....	38
3.2.6. Caudal: .....	38
3.2.7. Emisor: .....	38
3.2.8. Impacto ambiental: .....	38
3.2.9. Patógeno: .....	39
3.2.10. Muestreo: .....	39
3.2.11. Proceso biológico: .....	39
3.2.12. Cuerpos de aguas naturales:.....	39
3.2.13. Eficiencia de remoción:.....	39

3.2.14. Sólidos suspendidos totales: .....	39
3.2.15. Temperatura: .....	39
3.2.16. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ): .....	39
3.2.17. Demanda química de oxígeno (DQO):.....	39
3.2.18. Aceites y grasas: .....	39
3.2.19. pH:.....	39
3.2. 20: Coliformes termotolerantes:.....	40
3.3. Marco legal .....	40
3.3.1. Ley General del Medio Ambiente: Ley N° 28611 .....	40
3.3.2. Ley de Recursos Hídricos: Ley N° 29338 .....	40
3.3.3. Protocolos de monitoreo de la calidad de efluentes en la PTAR (Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA).....	41
3.3.4. Decreto Legislativo N° 1285 que modifica el artículo 79 de la ley N° 29338, Ley de recurso Hídricos.....	41
3.3.5. Ley General de Servicio de Saneamiento: Ley N° 26338. ....	41
3.3.6. Norma Técnica OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones (Decreto Supremo N°022-2009-VIVIENDA) .....	42
3.3.7. Límites Máximos Permisibles (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM).....	42
3.3.8. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) .....	42
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	44

4.1. Área de estudio.....	44
4.2. Tipo de investigación .....	45
4.3. Diseño de investigación .....	45
4.4. Operacionalización de variables.....	46
4.5. Materiales, instrumentos y equipos de protección personal .....	48
4.5.1. Materiales.....	48
4.5.2. Instrumentos.....	48
4.5.3. Equipos de protección personal.....	49
4.6. Población y muestra.....	49
4.6.1. Población.....	49
4.6.2. Muestra .....	49
4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	49
4.7.1. Punto de muestreo .....	49
4.7.2. Tipo de muestreo.....	49
4.7.3. Parámetros analizados .....	50
4.7.4. Frecuencia de monitoreo .....	50
4.7.5. Metodología para medición de caudales.....	50
4.7.6. Metodología para el muestreo de aguas residuales.....	51
4.7.7. Instrumento de recolección de datos .....	52
4.7.8. Ensayos realizados .....	52
4.8. Determinación de la eficiencia .....	54

4.9. Determinación de la desviación estándar a partir de la incertidumbre .....	54
4.10. Análisis de datos .....	55
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	56
4.1. Resultados de la determinación de parámetros físicos .....	56
4.1.1. Concentración de sólidos suspendidos totales .....	56
4.1.2 Variación de la temperatura .....	58
4.2. Resultados de la determinación de los parámetros químicos .....	60
4.2.1. Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno .....	60
4.2.2. Concentración de la demanda química de oxígeno .....	62
4.2.3. Concentración de aceites y grasas .....	65
4.2.4. Variación de pH .....	67
4.3. Resultados de la determinación de los parámetros microbiológicos .....	69
4.3.1. Concentración de coliformes termo tolerantes .....	69
4.4. Resultados de la determinación del caudal .....	72
4.4. Evaluación de eficiencia de remoción de contaminantes en la PTAR .....	73
4.4.1. Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales .....	73
4.4.2. Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno .....	75
4.4.3. Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno .....	76
4.4.4. Eficiencia de remoción de aceites y grasas .....	77
4.4.5. Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes .....	78
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES .....	80

RECOMENDACIONES .....	82
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>83</b>
ANEXOS.....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Clasificación y unidades de tratamiento de aguas residuales .....	35
<b>Tabla 2</b>	Coordenadas de la PTAR del distrito José María Arguedas .....	44
<b>Tabla 3</b>	Operacionalización de variables de estudio.....	47
<b>Tabla 4</b>	Materiales.....	48
<b>Tabla 5</b>	Instrumentos .....	48
<b>Tabla 6</b>	Equipos de protección personal .....	49
<b>Tabla 7</b>	Parámetros de monitoreo .....	50
<b>Tabla 8</b>	Fecha de toma de muestras .....	50
<b>Tabla 9</b>	Métodos de ensayo realizado en el laboratorio ALAB y DESA-Andahuaylas...	53
<b>Tabla 10</b>	Concentración de sólidos suspendidos (mg/L) .....	56
<b>Tabla 11</b>	Variación de temperatura (°C).....	58
<b>Tabla 12</b>	Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) .....	61
<b>Tabla 13</b>	Concentración de la demanda química de oxígeno (mg/L).....	63
<b>Tabla 14</b>	Concentración de aceites y grasas (mg/L).....	66
<b>Tabla 15</b>	Variación de pH.....	68
<b>Tabla 16</b>	Concentración de coliformes termotolerantes.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Esquema de una PTAR de aguas residuales domésticas y eficiencia de remoción.....	34
<b>Figura 2</b> Ubicación de la PTAR del distrito José María Arguedas .....	44
<b>Figura 3</b> Diseño de la investigación .....	45
<b>Figura 4</b> Variación de sólidos suspendidos .....	57
<b>Figura 5</b> Variación de temperatura.....	59
<b>Figura 6</b> Variación de la demanda bioquímica de oxígeno.....	61
<b>Figura 7</b> Variación de la demanda química de oxígeno .....	64
<b>Figura 8</b> Variación de aceites y grasas .....	66
<b>Figura 9</b> Variación de pH .....	68
<b>Figura 10</b> Variación de coliformes termotolerantes .....	71
<b>Figura 11</b> Variación de caudal (L/s) .....	72
<b>Figura 12</b> Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos .....	74
<b>Figura 13</b> Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno .....	75
<b>Figura 14</b> Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno.....	76
<b>Figura 15</b> Eficiencia de remoción de aceites y grasas .....	77
<b>Figura 16</b> Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes .....	78

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Resultados de análisis de las muestras .....	90
<b>Anexo 2</b> Ficha de campo para la ubicación de puntos de muestreo .....	102
<b>Anexo 3</b> Cadenas de custodia .....	102
<b>Anexo 4</b> Análisis estadístico .....	105
<b>Anexo 5</b> Prueba de normalidad de datos .....	110
<b>Anexo 6</b> Determinación de la desviación estándar .....	115
<b>Anexo 7</b> Matriz de consistencia .....	123
<b>Anexo 8</b> Operacionalización de variables .....	124
<b>Anexo 9</b> Panel fotográfico.....	125
<b>Anexo 10</b> Plano de la PTAR del Distrito José María Arguedas .....	131

## **ABREVIATURAS, SÍMBOLOS Y UNIDADES**

PTAR	: Planta de tratamiento de aguas residuales
EPS	: Empresa Prestadora de Servicios
APHA	: American Public Health Association (métodos estándar para el análisis de agua)
LMP	: Límites máximos permisibles
ECA	: Estándar de calidad ambiental
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MINAGRI	: Ministerio de Agricultura y Riego
MVCS	: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
OEFA	: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
SINIA	: Sistema Nacional de Información Ambiental
SUNASS	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
DIGESA	: Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud
DESA	: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
SST	: Sólidos suspendidos totales
DBO	: Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	: Demanda química de oxígeno
pH	: Potencial de hidrogeno
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Ácido sulfúrico
D.S.	: Decreto Supremo
R.M.	: Resolución Ministerial
INACAL	: Instituto de Calidad Ambiental
EPP	: Equipos de protección personal

UTM	: Universal Transversal de Mercator
S	: Desviación estándar
$\bar{x}$	: Promedio
CV	: Coeficiente de Variación
M	: Muestra
°C	: Grados Celsius
L	: Litro
m	: Metros
mL	: Mililitro
NMP	: Número más Probable
mg	: Miligramos
%	: Porcentaje

## RESUMEN

Una planta de tratamiento de aguas residuales es el conjunto de obras e instalaciones que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua a través de los procesos físicos, químicos y biológicos, por lo tanto, su eficiencia de remoción de contaminantes es muy importante. El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas, Andahuaylas – Apurímac, 2022. Se recolectaron muestras de agua residual en la entrada (afluente) y salida (efluente) de la PTAR y se determinó los niveles de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de acuerdo a la metodología propuesta por APHA. Los valores encontrados en el afluente y efluente respectivamente fueron de 85.5 y 17.5 mg/L para SST; 58 y 18.7 mg/L para DBO<sub>5</sub>; 139.9 y 46.3 mg/L para DQO; 11.9 y 3 mg/L para aceites y grasas; 6.8 y 6.8 mg/L para pH y por último de 10125 y 6125 NMP/ 100mL para los coliformes termotolerantes. Al comparar los resultados obtenidos en el efluente de la PTAR con los límites máximos permisibles, todos los parámetros antes mencionados cumplen con el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Por otro lado, la eficiencia de remoción fue de 79.5% para sólidos suspendidos totales, 67.8% para la demanda bioquímica de oxígeno, 66.9% para la demanda química de oxígeno y 74.9% para aceites y grasas, valores aceptables para este tipo de retratamiento según la Norma Peruana OS.090, aunque no se evidenció alta eficiencia de remoción para coliformes termotolerantes (39,5%). La PTAR del distrito José María Arguedas, permite remover los contaminantes del agua residual hasta niveles aceptables.

**Palabras claves:** Eficiencia, remoción, aguas residuales, afluentes, efluentes.

## ABSTRACT

A wastewater treatment plant is the set of works, facilities that aim to eliminate contaminants present in water through physical, chemical, and biological, therefore, its contaminant removal efficiency is very important. The objective of the research was to evaluate the efficiency of contaminant removal in the wastewater treatment plant of the José María Arguedas district, Andahuaylas – Apurímac, 2022. Wastewater samples were collected at the inlet (triburaty) and outlet (effluent). of the PTAR and the levels of the physical, chemical and microbiological parameters were determined according to the methodology proposed by APHA. The values found in the influent and effluent respectively were 85.5 and 17.5 mg/L for TSS; 58 and 18.7 mg/L for DBO; 139.9 and 46.3 mg/L for DQO; 11.9 and 3 mg/L for oils and fats; 6.8 and 6.8 mg/L for pH and finally 10125 and 6125 NMP/100mL for thermotolerant coliforms. When comparing the results obtained in the PTAR effluent with the maximum permissible limits, all the aforementioned parameters comply with Supreme Decree N° 003-2010-MINAM. On the other hand, the removal efficiency was 79.5% for total suspended solids, 67.8% for biochemical oxygen demand, 66.9% for chemical oxygen demand and 74.9% for oils and fast, acceptable values for this type of retreatment. according to the Peruvian Standard OS.090, although high removal efficiency was not evident for thermotolerant coliforms (39.5%). The PTAR of the José María Arguedas district allows the removal of contaminants from wastewater to acceptable levels.

**Keywords:** Efficiency, removal, wastewater, tributaries, effluents.

## CHUMASQA

Planta de aguas residuales nisqaqa llamkaykunapa huñusqanmi, instalacionkunam yakupi kaq contaminantes nisqakunata chinkachiyta munanku procesos físicos, químicos y biológicos nisqawan, charrayraykum chay eficiencia de remoción de contaminantes nisqan ancha allin. Kay maskaypa munayninqa, José María Arguedas distritupi, Andahuaylas – Apurímac, 2022 watapi, qhilli yaku chuyanchana wasipi, qhilli yakukunata hurquy allin kayninta chaninchanapaqmi. Muestras de aguas residuales nisqakunam huñusqa karqa chay PTAR nisqapa yaykuynin (afluente) hinaspa llusqiyin (efluente) nisqapi chaymantam chay niveles de parámetros físicos, químicos y microbiológicos nisqakuna tarikurqa chay metodología nisqa APHA nisqapa yuyaykusqanman hina. Chay valores tarisqakuna afluente chaymanta efluente sapakamaqa 85,5 chaymanta 17,5 mg/L TSS kaqpaq; 58 chaymanta 18,7 mg/L DBO kaqpaq; 139,9 chaymanta 46,3 mg/L DQO kaqpaq; 11,9 hinallataq 3 mg/L aceitekunapaq, wirakunapaqpas; 6,8 chaymanta 6,8 mg/L pH kaqpaq chaymanta tukukuypi 10125 chaymanta 6125 NMP/100mL coliformes termotolerantes kaqpaq. Chay efluente PTAR nisqapi ruwasqakuna límites máximos permisibles nisqawan tupachispaqa, llapan parámetros nisqakunam Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM nisqaman hina ruwakun. Huhninqa, chay eficiencia de remoción nisqa karqan 79,5% llapan sólidos suspendidos nisqapaq, 67.8% para oxígeno bioquímico nisqa mañakuy, 66.7% para oxígeno químico nisqa mañakuy chaymanta 74.9% para aceites y grasas, valores aceptables nisqa kay laya tratamiento nisqapaq chay Estándar Peruano OS.090 nisqaman hinaqa, ichaqa hatun eficiencia de remoción nisqa mana rikukurqachu coliformes termotolerantes nisqapaq (39,5%). Distrito José María Arguedaspa PTAR nisqahmi saqillan qhilli yakumanta qhillikunata hurquyta, chaskisqa nivelkunaman.

**Pisi rimayllapi:** Allin ruway, hurquy, qhilli yaku, afluentes nisqa, efluentes nisqa.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú el impacto negativo de los recursos hídricos, generado por las descargas de las aguas residuales domésticas y municipales, se ha convertido en un problema ambiental crítico y creciente, potencializado por el rápido crecimiento poblacional, la urbanización y lo relacionado con las considerables cantidades de residuos generados, reflejado en la limitación en su uso aguas abajo (Noyola et al., 2013). Según Hidalgo et al. (2010), en el Perú son pocos los proyectos de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas que pueden llamarse exitosos, ello se debe a la ausencia de una cultura ambiental como parte de la misión de las Empresas Prestadoras de Servicios y las municipalidades. Es por ellos, la necesidad de evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes en la PTAR del distrito José María Arguedas mediante la determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

El capítulo I, se presenta la situación problemática, la justificación, los objetivos y las variables de la investigación, asimismo, el propósito fue evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes en PTAR del distrito José María Arguedas. En el capítulo II, se presenta los antecedentes nacionales e internaciones sobre la eficiencia de remoción de contaminantes de las distintas plantas de tratamiento de aguas residuales, para poder comparar y discutir los resultados obtenidos en la investigación. En el Capítulo III, marco teórico, donde se describe conceptos generales de los tratamientos de las aguas residuales en la PTAR y sus variantes en relación al tema de investigación. En el Capítulo IV, se encuentra la metodología usada para la presente investigación que es de tipo descriptiva, con un diseño no experimental, longitudinal, asimismo se detalla los materiales y procedimientos utilizados para obtener los resultados de la investigación. En el capítulo V, se tiene los resultados y discusiones donde se detalla los resultados obtenidos en la investigación y su interpretación. Por último, encontramos las conclusiones a las que se llegó en la investigación y las recomendaciones para futuras investigaciones similares.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Situación problemática**

Según Hidalgo et al. (2010), en el Perú son pocos los proyectos de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas que pueden llamarse exitosos, ello se debe a la ausencia de una cultura ambiental como parte de la misión de las Empresas Prestadoras de Servicios y las municipalidades locales, además se construyen las plantas de tratamiento de aguas residuales en base a criterios técnicos de diseño, sin haber investigado parámetros de funcionamiento, como el tiempo de retención, composición típica del agua residual, tipo de tecnología a construir, por esta y muchas razones dichas plantas no cumplen con la eficiencia esperada.

Un claro ejemplo es la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado de Huancabamba, distrito José María Arguedas que son colectores y transportan las aguas residuales por una red de sistema de alcantarillado sanitario hasta llegar al PTAR para ser tratados y evitar la contaminación ambiental, luego son vertidos a los cuerpos de aguas receptoras (riachuelo) que son de orden 1, dichas aguas se colectan y forman ríos de orden 2 y pasan por distintas comunidades hasta llegar al río Huancaray. Según Horton (1945) los ríos de orden 1 son los que no tienen afluentes, los de segundo orden se forman los dos de primer orden y así sucesivamente. En el año 2021 se terminó de ejecutar el proyecto mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable, alcantarillado e instalación de planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en la localidad de Huancabamba del distrito José María Arguedas, provincia de Andahuaylas, Apurímac, la cual tiene los siguientes componentes según su expediente técnico: cámara de rejillas, desarenador, canal Parshall, cámara desgrasadora, tanque Imhoff, filtro percolador, filtro biológico, sedimentador secundario, cámara de contacto de cloro, lecho de secado, dicho PTAR se construyó con el propósito de mejorar la cobertura intradomiciliaria de alcantarillado y evitar la contaminación ambiental.

A la fecha el efluente tratado en la PTAR es utilizado en riego de hortalizas, pastizales y diversos fines poblacionales, es por ello que es necesario realizar la investigación para saber el

grado de la eficiencia de remoción de contaminantes en la PTAR José María Arguedas, ya que el vertimiento de aguas tratadas de un PTAR ineficiente pueden ser focos infecciosos para las personas, pueden afectar la belleza paisajística. En los últimos años los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para efluentes líquidos de PTAR no se cumplen, debido al descuido de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), por falta de capacitación del personal y cambio de autoridades en las municipalidades.

Por ello se desarrolló el presente trabajo de Investigación que tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas Andahuaylas - Apurímac, 2022.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas Andahuaylas - Apurímac, 2022?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el nivel de los parámetros físicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales?
- ¿Cuál es el nivel de los parámetros químicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales?
- ¿Cuál es el nivel de los parámetros microbiológicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales?

## **1.3. Justificación de la investigación**

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar la eficiencia que tiene la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas en la remoción de contaminantes, los resultados obtenidos permitieron determinar la eficiencia que tiene la planta de tratamiento de aguas residuales en remover los contaminantes, de la misma forma permitió verificar si las aguas residuales tratadas cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP),

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para riego de vegetales, bebida de animales y conservación de ambientes acuáticos.

Los efluentes de la PTAR del distrito José María Arguedas son vertidos al riachuelo de Huancabamba, y 100 metros más abajo son usadas para bebida de animales, riego de cultivos y pastizales por parte de los pobladores de Huancabamaba, Cumanaylla, Yanayocc, Ancscaraylla, por lo tanto, el presente proyecto permitirá generar información referente a los niveles de contaminación por las aguas tratadas que efluyen del PTAR, ya que están siendo vertidas a los cuerpos receptores de agua sin permiso por parte de la ANA, generando de esta forma una situación preocupante, ya que pueden causar enfermedades o pueden formar focos infecciosos para los pobladores que viven aledaños al PTAR. La presente investigación servirá como línea base para las futuras investigaciones que se puedan desarrollar en dicha planta de tratamiento de aguas residuales.

Estudiar los parámetros físicos químicos y microbiológicos es importante debido a que son indicadores de la contaminación de los recursos hídricos y la presencia de los mismos en concentraciones elevadas es un riesgo para la salud de las personas, animales y los vegetales.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### ***1.4.1 Objetivo general***

- Evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas Andahuaylas - Apurímac, 2022.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Determinar el nivel de los parámetros físicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Determinar el nivel de los parámetros químicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Determinar el nivel de los parámetros químicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.

## CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

### 2.1. Antecedentes internacionales

Matsumoto y Sánchez (2010), en su tesis eficiencia del tratamiento de las aguas residuales por lagunas facultativas e implicaciones en la salud pública, tuvo como objetivo principal evaluar la estación de tratamiento en relación a su eficiencia de la planta de tratamiento de las aguas residuales de Ilha Solteira, estado de São Paulo, Brazil, donde realizó un monitoreo durante 24 horas consecutivas y se caracterizó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del afluente y efluentes de las aguas residuales de la PTAR. Concluyó que el PTAR es eficiente en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno con 78%, e ineficiente en la remoción de la demanda química de oxígeno con 42%, el pH del afluente indica que fue alcalino con un valor entorno de 8.3, la temperatura osciló en el efluente entre 28.1 a 34.8 °C.

Pineda (2017), en sus tesis diagnóstico de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) de Tunja – Boyacá, tuvo como objetivo principal diagnosticar la planta de tratamiento de aguas residuales de Tunja, Colombia, para lo cual, realizó el muestreo de las aguas residuales en el afluente y efluente de la PTAR. concluyó que la demanda química de oxígeno reporto valores de 623.3 mg/L en el afluente y 93.5 mg/L en el efluente, demanda bioquímica de oxígeno de 208 mg/L en el afluente y 31.2 mg/L en el efluente, sólidos suspendidos de 231.5 mg/L y 34.7 mg/L en el efluente y por último los aceites y grasas de 48.8 mg/L en el afluente y 7.3 mg/L en el efluente. De acuerdo a sus resultados obtenidos en el efluente, los valores se encuentran dentro del rango admisible para realizar la descarga a los cuerpos de agua natural.

Higuera y Puentes (2017), en la tesis formulación de parámetros de optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Tena, tuvo como objetivo principal evaluar los parámetros físicos de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Tenas, Cundimarca, Bogotá, para ello se determinaron tres puntos de muestreo, el primer punto de muestreo fue en la entrada de la PTAR, el segundo en los filtros y el último punto en el vertimiento a la quebrada Los Micos. Los resultados reportaron para DQO de 1233.4 mg/L en la

entrada y 775.6 mg/L en la salida, DBO<sub>5</sub> de 583.5 mg/L en la entrada y 288.19 mg/L en la salida, SST de 390.4 mg/L en la entrada y 50.8 mg/L en la salida y aceites y grasas de 326.0 mg/L en la entrada y 87.6 mg/L en la salida. Concluyeron que la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP), los filtros percolados tienen una menor eficiencia en la remoción de DQO y aceites y grasas y no cumplen con los LMP.

Correa et al. (2012), en su trabajo de investigación titulado monitoreo del sistema de las lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquía, Colombia, tuvo como objetivo principal evaluar y monitorear el comportamiento del sistema de lagunas de estabilización utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, para ello realizó cinco muestreos y definieron 14 estaciones de muestreo, que comprenden el afluente y efluente de cada laguna. Los parámetros evaluados fueron temperatura, pH, DBQ<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos. concluyó que el sistema de lagunas de estabilización remueve 71% de DBO<sub>5</sub>, 22% de DQO, 30% de sólidos suspendidos, la temperatura del agua residual fue de 26.7 °C en el efluente, y observaron que la eficiencia de remoción es de gran consideración en la planta de tratamiento.

Febles (2010), en su trabajo de investigación titulado evaluación preliminar de la eficiencia en las lagunas de oxidación de la ciudad de Mérida, Yucatán, México, tuvo como objetivo general evaluar la calidad de las aguas residuales en las lagunas de oxidación, para lo cual tomaron muestras de las aguas residuales en el influente y efluente de la planta, luego llevaron las muestras a los distintos laboratorios para su respectivo análisis. Los parámetros analizados fueron sólidos suspendidos, aceites y grasas, pH y temperatura. Concluyó que los sólidos suspendidos reporto valores de 2081.8 mg/L en el afluente y 156.3 mg/L en el efluente, aceites y grasas de 659.5 mg/L en el afluente y 58.6 mg/L en el efluente, pH de 6.3 en el afluente y 7.2 en el efluente y por último la temperatura de 28.1 °C en el afluente y 27.7 °C en el efluente, las concentraciones en el efluente fueron superiores a los límites máximos permisibles y por lo tanto

las lagunas de oxidación no están funcionando adecuadamente y representan una fuente de contaminación para el ambiente y la salud humana.

Lavagnino (2016), en su tesis eficiencia en la remoción de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Rafael Landívar, Campus central, estudió la eficiencia que tiene la PTAR, para lo cual recolectaron muestras de agua en cada fase de tratamiento, los parámetros muestreados fueron: demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos totales, fósforo total y sólidos sedimentables. Concluyó que, la planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad logró remover 50% de la demanda bioquímica de oxígeno, 53% de la demanda química de oxígeno y 69% de sólidos sedimentables y la remoción de nitrógeno total y fosforo total es muy baja, por lo que los efluentes que se liberan del PTAR al río tiene alta carga de nutrientes, pudiéndose colaborar con la eutrofización de este río.

Toro (2022), en su tesis evaluación de planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Quisapincha, Cantón Ambato, provincia de Tungurahua, tuvo como objetivo principal evaluar la planta de tratamiento de la parroquia Quisapincha, para lo cual realizó el recojo de muestras de agua residual en la entrada y salida de la PTAR. Los parámetros analizados en el laboratorio fueron aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y solidos suspendidos totales. Concluyó que la PTAR de parroquia Quisapincha remueve 82.2% de aceites y grasas, 89.6% de DB<sub>5</sub>, 81.7% de DQO y 70.2% de sólidos suspendidos, por otro lado, los parámetros antes, mencionados cumplen con los límites máximos permisibles de Ecuador y pueden ser vertidos a cuerpos de aguas naturales.

Humanante et al. (2022), en su artículo científico estudió la eficiencia e impactos del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena, para cuál tomaron muestras de agua residual en el ingreso y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de Punta de Carnero. Los parámetros que monitoreados fueron: aceites y grasas, coliformes termotolerantes, DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales.

Concluyeron que la PTAR Punta Carnero remueve 53.9% de aceites y grasas, 64.2% de coliformes termotolerantes, 46.75 de DBO5, 41.9% de DQO y por último 41.3% de sólidos suspendidos. Según la norma ecuatoriana el porcentaje de remoción de los parámetros antes mencionados no cumplen con la norma, por lo que se evidenció que la PTAR es ineficiente en la remoción de los contaminantes.

## **2.1. Antecedentes nacionales**

Apaza (2021), en su tesis evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro, estudió la eficiencia de los tratamientos biológicos en la remoción de contaminantes de la PTAR del distrito San José. Su investigación fue de tipo aplicativo, diseño no experimental. La recolección de las muestras lo desarrollaron en el ingreso de la cámara de rejillas y en el afluente de cada unidad de tratamiento, el análisis fisicoquímico y bacteriológico realizaron de los parámetros establecidos por el decreto supremo N° 003-2010-MINAM. Los resultados que reportados muestran que los tratamientos biológicos del PTAR San José remueven 94.4% de aceites y grasas, 34.71% de DBO, 34.32% de DQO, 34.02% de sólidos totales en suspensión y 99.11% de coliformes termotolerantes. Llegaron a la conclusión de que la PTAR de San José tiene mayor eficiencia de remoción de aceites y grasas y coliformes termotolerantes, y una menor eficiencia de remoción de DBO y DQO, esto debido a que el filtro percolador no funciona bien.

Arbaiza (2019), en su tesis investigó la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales de Japelacio, para lo cual realizó 8 toma de muestras durante 4 meses y se hizo sus respectivos análisis en el laboratorio, para determinar la eficiencia de remoción de contaminantes se utilizó la siguiente fórmula: sumatoria de cargas que entran y salen de la planta por el 100%. Los resultados muestran que los 7 parámetros analizados del efluente del PTAR no exceden con los límites máximos permisibles. concluyó que hay mayor remoción de coliformes termotolerantes (99.9%), aceites y grasas (90.5%), el parámetro con menor porcentaje de remoción fue el pH (3.9%) y la temperatura (1.7%).

Quispe (2019), en su tesis eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la reducción de la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno en Celendín – Cajamarca, plantea determinar la eficiencia que tiene la PTAR, en la remoción de la demanda química y demanda bioquímica de oxígeno, según la metodología aplicada se inicia con la toma de muestras en el afluente (después de proceso de cribado) y efluente (después del proceso biológico con una frecuencia de 22 días durante 3 meses. Sus resultados muestran que la PTAR de Celendín tiene una eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub> (83.32%), e ineficiencia en la reducción DQO (69.78%) y no cumple con los con los límites máximos permisibles.

Díaz (2018), en su trabajo de investigación, estudio el control de los parámetros de funcionamiento de la planta de tratamiento de San José, tuvo como objetivo principal proponer un estudio para lograr optimizar el funcionamiento de la PTAR de San José y encaminar medidas de solución frente a los problemas de contaminación por las aguas residuales provenientes del comedor, oficina y campamentos de los trabajadores de la empresa minera. Para seleccionar los puntos de muestreo se ha considerado hacer un muestreo probabilístico de tipo intencional, el muestreo se desarrolló durante 3 meses; se tomó 2 puntos de muestreo, uno en el ingreso a la planta y el otro en el efluente doméstico tratado. Los parámetros que evaluaron fueron pH, temperatura, coliformes termotolerantes, DBO<sub>5</sub>, TSS. Los resultados que obtuvieron fueron: sólidos suspendidos de 21.4 mg/L en el afluente y 5.8 mg/L en el efluente, DBO<sub>5</sub> de 65.2 mg/L en el afluente y 3.8 mg/L en el efluente, coliformes termotolerantes de  $2.41 \times 10^4$  NMP/ 100mL en el afluente y 3.53 NMP/ 100mL en el efluente, temperatura de 10.7 °C en el afluente y 10.2 °C en el efluente y por último el pH de 8.4 en el afluente y 7.9 en el efluente. Concluyeron que los parámetros analizados en planta de tratamiento de aguas residuales de San José cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

Núñez (2019), en su tesis eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba – Cajamarca, tuvo como objetivo principal determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales, en la remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos

totales, coliformes termotolerantes, aceites y grasas. Para lo cual recolectaron muestras de agua cruda y tratada en afluente y efluente para sus respectivos análisis, la recolección de muestras duro 7 meses. concluyó que el filtro percolador no es eficiente en la remoción de  $DBO_5$  y DQO (23.2% y 27.63%), así mismo es ineficiente en la remoción de sólidos totales (50%), por otro lado, el PTAR es eficiente en la remoción de aceites y grasas (82.2%); los parámetros que no cumplen con límites máximos permisibles son:  $DBO_5$ , DQO y los coliformes termotolerantes.

## CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

### 3.1. Bases teóricas

#### 3.1.1. Agua residual

“Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por la actividad humana y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusados, vertidas aun cuerpo natural del agua o descargadas a un sistema de alcantarillado” (OEFA, 2014,).

#### 3.1.2. Características de las aguas residuales

Según Delgadillo et al. (2010), existen 3 características básicas de las aguas residuales, a continuación, se detalla cada uno de ellos y sus respectivos parámetros medibles:

##### A. Características físicas del agua residual

Las características de las aguas residuales de un lugar varían dependiendo de los factores como el tipo de sistema de alcantarillado, actividad productiva que se desarrolle en una sociedad o empresa y as variaciones del caudal. Las características físicas más importantes de las aguas residuales son la temperatura, el olor, la densidad, el color, la turbiedad y sólidos (Delgadillo et al., 2010).

- **Temperatura:** La temperatura es uno de los parámetros más importantes del agua, ya que muchos procesos biológicos, la absorción de oxígeno y la floculación dependen de este parámetro. Además, las aguas más frías tienen una mayor capacidad de oxígeno disuelto que las aguas más cálidas (Delgadillo et al., 2010), y la variación de este parámetro en el agua residual varía de acuerdo a cada región, temporada y factores geográficos que posee cada lugar (SENAMHI, 2021). Según Leizica (2014) la temperatura de las aguas residuales suele ser superior al agua de consumo humano que varía de 10 °C a 21 °C y con promedio de 15 °C.

- **Olor:** El olor es una de las objeciones ambientales y su control en la planta de tratamiento, ya que son indicadores de la presencia de la materia orgánica, sulfato de sodio, ácido sulfhídrico (Cárdenas, 2005).
- **Densidad:** La densidad se define como la relación entre la masa y el volumen y es una de las características más importantes del agua residual ya que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en tanques de sedimentación y otras unidades de tratamiento (Romero. 2010).
- **Color:** El color del agua residual es causado por los sólidos en suspensión, material coloidal y sustancias en solución. El color de las aguas residuales es importante ya que determina la materia orgánica viva, si el color es gris presentará microorganismos y mayor presencia de oxígeno, mientras que el color negro representa un proceso anoxico donde la presencia de oxígeno es casi nula, también está ligado a putrefacción de los microorganismos (Delgadillo et al., 2010).
- **Turbiedad:** Se define la turbidez de una muestra de agua como una medida de la pérdida de su transparencia, ocasionada por el material particulado o en suspensión que arrastra la corriente de agua (Cárdenas, 2005). Para medir la turbiedad se pueden utilizar dos métodos instrumentales. Puede medirse la intensidad del rayo de luz transmitido y compararse con la intensidad del rayo de luz incidente. Otra forma sería medir la intensidad del haz disperso (métodos nefelométricos) (Deloya, 2006).
- **Sólidos:** Según CAN (2005), los sólidos se clasifican en fijos, totales y volátiles. Los sólidos fijos son producto del proceso de evaporación y carbonización. Los sólidos totales presentes en el agua residual comprenden los sólidos suspendidos, sedimentables y coloides. Los sólidos sedimentables se precipitan en los tanques de sedimentación y los coloides pueden permanecer en suspensión en forma indefinida, es importante remover los sólidos suspendidos en las aguas residuales, ya que

contienen contaminantes orgánicos insolubles e inorgánicos y crecen en ellos los microorganismos como las bacterias y virus (García 2004). Altos niveles de los SST en el agua hacen que este líquido se caliente más rápidamente porque las partículas en suspensión absorben más calor y agota el nivel de oxígeno en el agua (DIGESA, 2007).

## **B. Características químicas del agua residual**

Según Delgadillo, et al. (2010), los parámetros químicos tienen una gran importancia ya que interactúan con el suelo, variando el valor de cada uno de los parámetros de los componentes del agua. Los parámetros químicos más empleados para caracterizar las aguas residuales son:

### **Sustancias inorgánicas**

- **pH:** El pH indica la concentración de iones de hidrógeno en una disolución o la medida de acidez y alcalinidad del agua. El pH está determinado por los minerales que se encuentran en suspensión en el agua residual como el sulfato y el cloruro; por debajo de 7 se considera ácida, 7 neutro y por encima de 7 un medio básico o alcalino (Delgadillo, et al., 2010). Para la degradación de la materia orgánica es necesario que el pH se encuentre de 5 a 9 porque si no al pasar a las diferentes unidades de tratamiento podría remover los lodos activos y no generaría una degradación adecuada. Un pH adverso y que no cumple con los límites máximos permisibles puede alterar y modificar la vida biológica de las aguas (Micha y Rojas, (2012). por otro lado, Correa et al. (2012) recomienda mantener el pH de las aguas residuales en la PTAR entorno a la neutralidad que es 7, ya que la disminución de este parámetro produce el ácido sulfhídrico que es tóxico y letal para el ser vivo. El control del pH es importante en los tratamientos ya que la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales es por medio biológico que vincula a los microorganismos que degradan la materia orgánica y que deben estar en un rango de pH de 6.5 a 8.5 (Auccatinco, 2021)

## **Sustancias orgánicas**

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es la cantidad de oxígeno consumido por las bacterias para poder degradar la materia orgánica presente en el agua por medio de procesos aerobios (Delgadillo et al., 2010). Las pruebas para determinar la DBO<sub>5</sub> se da en un intervalo de 5 días, a una temperatura promedio de 20 °C. Para Alarcón y Fernández (2014) este parámetro es el más empleado para determinar la contaminación de las aguas naturales por aguas residuales que contienen materia orgánica, un alto índice de DBO<sub>5</sub> es un indicador de fallas en el proceso biológico del reactor en la cámara de sedimentación.
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica degradable y biodegradable (Delgadillo, et al., 2010). Para Alarcón y Fernández (2014) este parámetro junto a la DBO<sub>5</sub> son los más importantes para determinar la contaminación de las aguas naturales por aguas residuales que contienen materia orgánica. La DQO de un agua residual suele ser superior que la DBO<sub>5</sub>, debido a los mayores químicos presentes en las aguas residuales.
- **Aceites y grasas (A y G):** Los aceites y grasas son compuestos orgánicos, están formados por alcohol o glicerol y ácidos grasos, y son insolubles en el agua. A temperatura ambiente se encuentran líquidas (aceites) y sólida (grasas) (Delgadillo, et al., 2010). Para Alarcón y Fernández (2014) los aceites y grasas se obtienen de fuentes animales y vegetales, y son vertidas a los sistemas de alcantarillado después de ser usadas en las distintas actividades humanas. Para Metcalf y Eddy (1995) estos compuestos deben ser eliminadas ya que interfieren la vida biológica en las aguas superficiales, creando películas, acumulación de materia flotante, provocan problemas en el sistema de alcantarillado, como la obstrucción del sistema de tuberías y las unidades de tratamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

### C. Características biológicas del agua residual

Según García (2004), las aguas pueden transmitir enfermedades intestinales debido a contactos con desechos humanos o animales y son la principales patógenos entéricos para las personas. Según Metcalf y Eddy (1995), los principales agentes infecciosos potenciales en las aguas residuales domésticas son los virus, bacterias, algas, protozoos y hongos. A continuación, se detalla los diferentes grupos que lo conforman la variedad biológica en las aguas residuales:

- **Bacterias:** En el caso de las aguas residuales el ser humano elimina diferentes tipos de bacterias, los más comunes y encontrados son: Escherichia, Salmonella, estreptococos fecales, Achromobacter, Pseudomonas. Para el tratamiento de las aguas residuales es importante el control de los coliformes, ya que es uno de los principales indicadores de la contaminación fecal en las aguas residuales, indica que el agua está contaminada (Auccatinco, 2021). Los coliformes termotolerantes soportan hasta los 45 °C y son un número muy reducido de microorganismos (Larrea, et al., 2013).
- **Virus:** Los virus en la mayoría de los casos son los encargados de generar las diversas enfermedades en especial las mortales, las aguas residuales domésticas es un portador de los virus, y los más encontrados son: virus de la hepatitis, Rotavirus, Reovirus, agente de Norwalk, Adenovirus y Parvovirus Poliovirus, virus Echo Coxsackievirus. Estos virus se encuentran en las aguas residuales, pero no de manera activa, es por ello que en muchos casos se utiliza un floculante para que atrapen las moléculas y puedan ser removidos mediante la formación de los flóculos (Auccatinco, 2021).
- **Algas:** Para Cortina y Márquez (2008) las algas son microorganismos unicelulares o multicelulares, autótrofos y fotosintéticos. Las algas son indicadores de la calidad del agua, y en su mayoría se encuentran en las aguas residuales domésticas. Los géneros más conocidos de algas en aguas residuales son: Chlorella, Euglena y Phormidium

Spirogyra, Cladophora, Enteromorpha, Anacystis, Anabaena, Gleocystis (Auccatinco, 2021).

- **Protozoarios:** Para cortina y Márquez (2008) los protozoos son microorganismos unicelulares microscópicos, aerobios heterótrofos y se alimentan de las bacterias. Tienen importancia en el tratamiento biológico y en la depuración de las aguas residuales ya que no sedimentan en las cámaras y se encuentran en la superficie muchas veces arrastrando bacterias, por lo tanto, son de importancia ya que generan bajos valores de turbidez en el agua tratada, los más comunes son los flagelados, ciliados y amebas (Auccatinco, 2021).
- **Hongos:** Según Alarcón y Fernández (2014) los hongos son organismos multicelulares, no fotosintéticos y heterótrofo, mayormente se encuentran en ambiente ácidos y húmedos, se alimentan de microorganismos, de la materia orgánica y son los responsables de la desintegración del carbono en biosfera. Los tipos de géneros de hongos más comunes que se puede encontrar en las aguas residuales son: Aureobasidium, Subbaromyces, Geotrichium, Aureobasidium, Mucor, Aureobasidium, Subbaromyces, Fusarium, Sphaerotilus y Sepedonium.

### **3.1.3. Clasificación de aguas residuales**

Según OEFA (2014), las aguas residuales se clasifican de la siguiente manera:

**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.

**Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

**Aguas residuales industriales:** Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

### 3.1.4. Planta de tratamiento

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reuso (SINIA,2009, pág. 20).

### 3.1.5. Etapas de una planta de tratamiento de aguas residuales

Según SUNASS (2015), por lo general en el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir las siguientes etapas como se muestra en la siguiente Figura 1:

**Figura 1**

*Esquema de una PTAR de aguas residuales domésticas y eficiencia de remoción*



*Fuente:* SUNASS (2015).

Según Ayala y Gonzales (2008), las plantas de tratamiento de aguas residuales se clasifican de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 1:

**Tabla 1***Clasificación y unidades de tratamiento de aguas residuales*

<b>Clasificación</b>	<b>Unidad de tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
Tratamiento preliminar o pre-tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rejas</li> <li>• Desarenador</li> </ul>	Es el conjunto de unidades que tiene como finalidad eliminar materiales gruesos, que podrían perjudicar el sistema.
Tratamiento primario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque séptico</li> <li>• Tanque Imhoff</li> </ul>	La finalidad es de remover sólidos suspendidos removibles.
Tratamiento secundario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactor UASB</li> <li>• Lagunas de estabilización</li> <li>• Lodos activados convencionales</li> <li>• Filtro percolador</li> <li>• Humedales</li> <li>• Filtro anaerobio</li> <li>• Zanja de oxidación</li> <li>• Biodisco</li> </ul>	La finalidad es remover el material orgánico y en suspensión. Se utiliza procesos biológicos, aprovechando la acción de microorganismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica.
Tratamiento terciario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microcribado</li> <li>• Coagulación-floculación</li> <li>• Filtros rápidos</li> <li>• Absorción Oxidación química</li> <li>• Electrodiálisis</li> <li>• Intercambio iónico</li> <li>• Precipitación química</li> <li>• Nitrificación-desnitrificación</li> <li>• Precipitación con cal, etc.</li> </ul>	Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-química biológica alto para cuerpos de agua receptores sensitivos o ciertos tipos de reúso.
Desinfección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Físicos: Filtración, ebullición, rayos ultravioletas.</li> <li>• Químicos: Aplicación de cloro, bromo, yodo, ozono, etc.</li> </ul>	Es el tratamiento adicional para remover patógenos.
Tratamiento de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digestión anaerobia</li> <li>• Tratamiento con cal</li> <li>• Compostaje</li> <li>• Patio de secar</li> </ul>	Es el tratamiento de la porción "sólida" (actualmente, más de 80 % agua) removido del agua contaminada.

Fuente: Ayala y Gonzales (2008).

### **A. Tratamiento preliminar**

Ayala y Gonzales (2008), define el tratamiento primario como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales como sólidos de mayor tamaño que podrían provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. Las unidades y dispositivos son los siguientes:

- **Cámara de rejas:** La operación de cribado se emplea para remover el material grueso, generalmente flotantes que contienen o contenidos en las aguas residuales crudas, que pueden obstruir el sistema de tratamiento (Ayala y Gonzales, 2008).
- **Desarenador:** Los desarenadores son unidades destinadas a retener la arena y otros minerales inertes y pesados que se encuentran en las aguas residuales (cascotes, gravas, pedazos de ladrillo, partículas metálicas, carbón, tierra y otros) (Espinoza, 2010).
- **Trampas de grasa:** Son estructuras que aprovechan la diferencia de densidades entre el agua y los aceites presentes en el líquido, la simplicidad de su operación y de su diseño permiten generar una solución eficiente al problema del manejo de grasas que presenta la planta (Torres, 2016).
- **Canal Parshall:** Es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal. Consta de cuatro partes principales: Transición de entrada, sección convergente, garganta, sección divergente (Pedroza, 2001).

## **B. Tratamiento primario**

Según Ayala y Gonzales (2008), la finalidad de los tratamientos primarios es remover los sólidos suspendidos y pueden ser por flotación o sedimentación. De estos dos, el más utilizado en el proceso de tratamiento de aguas residuales de pequeñas localidades es la sedimentación. La unidades o dispositivos más utilizados en el proceso de sedimentación son: Sedimentadores, tanques sépticos y el tanque Imhoff.

## **C. Tratamiento secundario**

Según Ayala y Gonzales (2008), este término se utiliza para los sistemas de tratamiento biológico en el cual se aprovechan la presencia de los microorganismos como alimento para degradar la materia orgánica, convirtiéndola en materia celular o material inerte. La presencia del oxígeno define a dos grandes procesos de actividad biológica, los anaerobios (en ausencia de oxígeno) y aerobios (en presencia de oxígeno). Entre las unidades de tratamiento podemos

encontrar el reactor anaerobio de flujo ascendentes (RAFA), lagunas de estabilización, lodo activado convencional, zanjas de oxidación, biodiscos, filtro anaerobio, filtro percolador y los humedales.

#### **D. Tratamiento terciario**

Según Ayala y Gonzales (2008), el tratamiento terciario es un grado de tratamiento para alcanzar una calidad física, química y biológica, o sea en esta etapa de tratamiento se da el pulimiento alto al agua. Por otra parte, también afirma que normalmente el tratamiento terciario es para remover nutrientes como fósforo, nitrógeno, etc., del agua.

#### **E. Desinfección**

Espinoza (2010), afirma que el proceso de desinfección se utiliza para eliminar los microorganismos patógenos que pueden haber después de todo el proceso de tratamiento de las aguas residuales. La desinfección se aplica antes del vertido de las aguas tratadas en corrientes especiales sensibles a la presencia de microorganismos, como las aguas de riego de vegetales, recreación y contacto directo. El tratamiento se puede clasificar en dos: desinfectantes químicos y físicos.

#### **F. Lecho de secado**

Según Espinoza (2010), los lechos de secado son los métodos de deshidratación de lodos más empleados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, normalmente se suelen utilizar para la deshidratación de lodos digeridos, una vez seco se retira y evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos, uno de las ventajas de utilizar estos métodos es que tienen bajos costos, el escaso mantenimiento que precisan y el elevado contenido en sólidos del producto final.

#### **3.1.6. Componentes de la PTAR del distrito José María Arguedas**

El plano de la PTAR del distrito José María se muestra en el Anexo 10, según el plano o diseño la PTAR se clasifica de 5 etapas, preliminar, primario, secundario, desinfección y tratamiento de lodos. En la primera etapa el tratamiento preliminar está compuesta por cámara

de rejas, desarenador, canal Parshall y cámara desgrasadora, en la segunda etapa el tratamiento primario está compuesta por un tanque Imhoff, en la tercera etapa el tratamiento secundario está compuesta por dos filtros percoladores y un sedimentador secundario, la cuarta etapa está compuesta por un cámara de cloración y por último la quinta etapa está compuesta por lecho de secado. La finalidad de esta PTAR es remover, reducir el grado de concentración de contaminantes presentes en el agua residual, las cuales serán vertidas posteriormente a un cuerpo receptor de agua.

### **3.2. Marco conceptual**

**3.2.1. Límites máximos permisibles:** Es la medida de concentración de elementos, sustancias químicas, físicas y biológicas, que caracterizan a un emisor, que al ser excedida puede causar daños a la salud (MINAM, 2010).

**3.2.2. Estándar de calidad ambiental:** Es un instrumento de gestión ambiental que se establece para determinar el estado de la calidad ambiental, y se mide en los cuerpos receptor (MINAM 2017).

**3.2.3. Agua residual cruda (afluente):** Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento (MVCS, 2013).

**3.2.4. Agua residual tratada (efluente):** Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales (MVCS, 2013).

**3.2.5. Autoridad nacional del agua (ANA):** Es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativo del sistema de gestión de recursos hídricos (MINAGRI, 2017).

**3.2.6. Caudal:** Es la cantidad de agua residual que pasa por una sección determinada por una unidad de tiempo (Racchumí, 2014).

**3.2.7. Emisor:** Emisor Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento hasta el punto de disposición final (MVCS, 2006).

**3.2.8. Impacto ambiental:** Cambio o efecto sobre el ambiente que resulta de una acción específica (MVCS, 2006).

**3.2.9. Patógeno:** Aquellos causantes de enfermedades o daños perjudiciales en el cuerpo humano (OMS, 2005).

**3.2.10. Muestreo:** Es la toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar (MVCS, 2006).

**3.2.11. Proceso biológico:** Asimilación por bacterias y otros microorganismos de la materia orgánica del desecho, para su estabilización (MVCS, 2006).

**3.2.12. Cuerpos de aguas naturales:** Es cualquier extensión de agua que se encuentre en la superficie terrestre o subsuelo (ANA,2019).

**3.2.13. Eficiencia de remoción:** La eficiencia de tratamiento de aguas residuales o remoción es la relación que existe entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso de tratamiento de aguas residuales (MVCS, 2006).

**3.2.14. Sólidos suspendidos totales:** En el material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de aguas residuales o superficiales (CAN, 2005).

**3.2.15. Temperatura:** Es la medida del grado de calor del cuerpo de agua residual o superficial (Delgadillo, et al., 2010)

**3.2.16. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno que consume las bacterias durante 5 días para degradar la materia orgánica que contiene un agua residual (Cárdenas, 2005).

**3.2.17. Demanda química de oxígeno (DQO):** Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica que contiene un agua residual (Cárdenas, 2005).

**3.2.18. Aceites y grasas:** Son compuestos orgánicos que están formado por alcohol, ácidos grasos y son insolubles en el agua (Delgadillo, et al., 2010).

**3.2.19. pH:** Es una medida para determinar el grado de acidez o alcalinidad de una disolución (Delgadillo, et al., 2010).

**3.2. 20: Coliformes termotolerantes:** Son un grupo de microorganismos que soportan la temperatura hasta los 45 °C y son indicadores de la contaminación de las aguas por materia fecal (Larrea, et al., 2013).

### **3.3. Marco legal**

#### **3.3.1. Ley General del Medio Ambiente: Ley N° 28611**

Artículo 1: Establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un medio 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 medio.

Artículo 90: El estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico, cuidando la afectación de su calidad y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran, regula su asignación en función de objetivos sociales, ambientales, económicos.

Artículo 120.2: El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana.

#### **3.3.2. Ley de Recursos Hídricos: Ley N° 29338**

Artículo 75: Protección del agua

La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales.

Artículo 79: Vertimiento de agua residual

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las autoridades ambiental y de salud sobre el cumplimiento de los ECA-Agua y LMP. Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo de agua natural, receptore o la vida acuática, la

Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas.

### **3.3.3. Protocolos de monitoreo de la calidad de efluentes en la PTAR (Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA)**

El protocolo de monitoreo es un instrumento de gestión ambiental y su cumplimiento es obligatorio para realizar cualquier monitoreo, supervisión, fiscalización ambiental y verificación del cumplimiento de los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas domésticas o municipales (MVCS, 2013).

### **3.3.4. Decreto Legislativo N° 1285 que modifica el artículo 79 de la ley N° 29338, Ley de recurso Hídricos**

La autoridad nacional del agua (ANA) autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua sobre la base del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares de Calidad Ambiental para agua. Según el Artículo 79 queda prohibido el vertimiento directo o indirecto del agua residual sin dicha autorización.

### **3.3.5. Ley General de Servicio de Saneamiento: Ley N° 26338.**

Artículo 10: Se establece los sistemas que integran los servicios de saneamiento son: a) Servicios de agua potable, que incluye (captación, almacenamiento, conducción de agua cruda y tratamiento). b) Alcantarillado sanitario y pluvial, que incluye al sistema de recolección y tratamiento y disposición de las aguas residuales. c) Disposición sanitaria de excretas: sistemas de letrinas y fosas sépticas

#### Artículo 31: Del Estándares de Calidad Ambiental

El estándar de calidad ambiental es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es una norma ambiental referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

#### Artículo 32: Del Límite Máximo Permisible

El límite máximo permisible guarda coherencia entre el nivel de protección del medio establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas.

### **3.3.6. Norma Técnica OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones (Decreto Supremo N°022-2009-VIVIENDA)**

El objetivo principal es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles preliminares, básicos y definitivo. Según esta norma la PTAR se debe ubicar preferiblemente en áreas rurales, en caso de ubicarse en zonas urbanas, debe incluir zonas de amortiguamiento ambiental.

### **3.3.7. Límites Máximos Permisibles (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM)**

Artículo 3°: Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA); autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4: Los titulares de las plantas de tratamiento de aguas residuales están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes líquidos, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

### **3.3.8. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM)**

Artículo 3.- Categorías de los ECA para agua

Para la aplicación de los ECA para agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales. Son aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas.

b) Subcategoría D2: Bebida de animales. Son aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características deben ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóxicos, que se mueven continuamente en una misma dirección: Ríos de la costa y sierra.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Área de estudio

Las muestras a investigarse son las aguas residuales de la planta de tratamiento de agua residual del distrito José María Arguedas, ubicada en el centro poblado de Huancabamba, distrito José María Arguedas, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.

La PTAR José María Arguedas está ubicada en las coordenadas UTM, Zona 18L como se muestra en la Tabla 2 y Figura 2.

**Tabla 2**

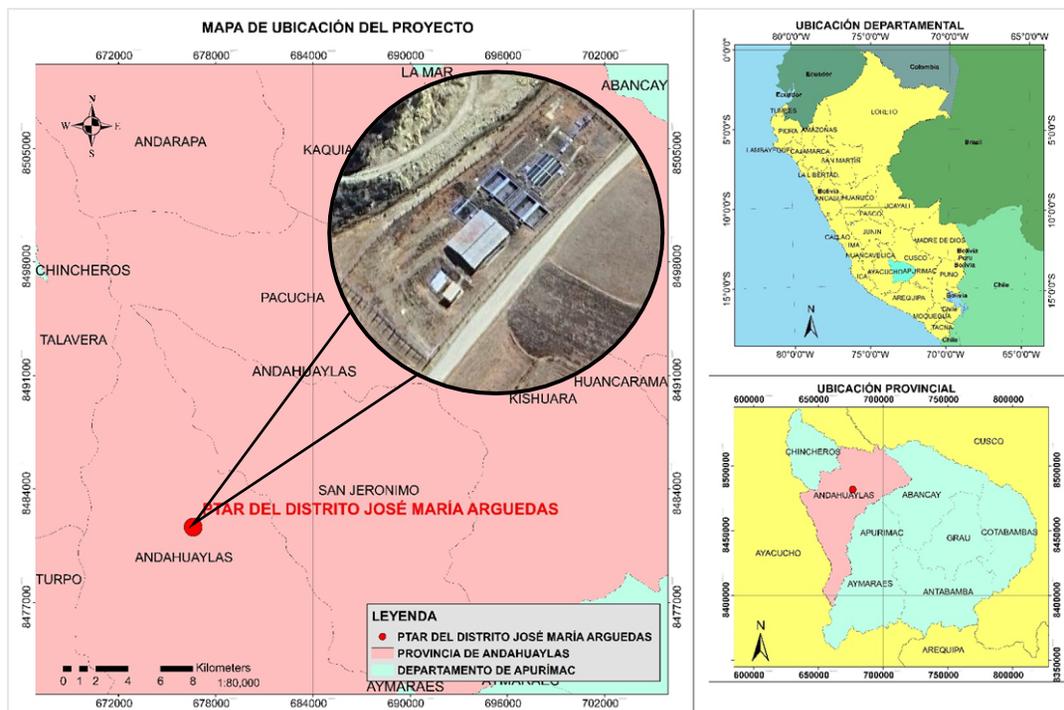
*Coordenadas de la PTAR del distrito José María Arguedas*

Área de estudio	Coordenada "N"	Coordenada "E"	Altitud (m.s.n.m)
PTAR José María Arguedas	8481700	676503	3560

*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 2**

*Ubicación de la PTAR del distrito José María Arguedas*



## 4.2. Tipo de investigación

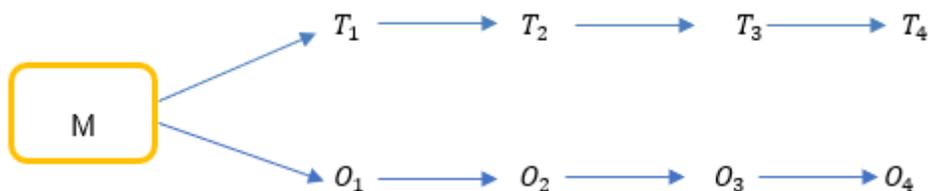
El tipo de investigación planteada según su finalidad es básica, con un nivel descriptivo y con enfoque cuantitativo, ya que en presente trabajo de investigación se mejoraran e incrementar nuevos conocimientos científicos sobre la eficiencia de remoción de contaminantes en la PTAR, para lo cual se recolectaron datos para probar nuestras hipótesis planteadas en base a mediciones numéricas y describir los datos y características de la población de estudio en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas. Según Zamora (2021) la investigación de tipo básica es aquella que busca la generación de nuevos conocimientos. Según Sampieri y Mendoza (2018) la investigación descriptiva consiste en representar la información tal cual es y evaluando lo que se desea.

## 4.3. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación tiene un diseño no experimental, longitudinal como se observa en la Figura 3, ya que solo se observó el comportamiento de variables de estudio en 4 tiempo distintos. Según Sampieri y Mendoza (2018), el tipo de diseño no experimental estudia las características de las variables en un proceso de cambio, en este caso no se deben manipular las variables, solamente observar el proceso a lo largo de los periodos o el tiempo. Un estudio longitudinal implica más de dos mediciones a lo largo del tiempo, deben ser más de dos porque se pueden comparar los resultados a través del proceso de cambio.

**Figura 3**

*Diseño de la investigación*



Donde:

M: Es la muestra

$T_1$ ..... $T_4$ : Tiempos

$O_1$ ..... $O_4$ : Observaciones

#### **4.4. Operacionalización de variables**

A continuación, en la Tabla 3 se define las variables de estudio, definición conceptual y operacional, dimensiones, indicadores, la escala de medición y sus unidades de medición de cada indicador.

**Tabla 3**

*Operacionalización de variables de estudio*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades de medición
<b>Variable de estudio:</b> Eficiencia de remoción de contaminantes	Permiten medir el nivel de remoción de contaminantes en la PTAR en términos de porcentaje.	Determina las variaciones en las concentraciones de parámetros físicos y químicos y microbiológicos durante el tratamiento en la PTAR, en base a la carga orgánica entrante del afluente y la carga orgánica del efluente.	• Parámetros físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Sólidos suspendidos</li> </ul>	Intervalo	°C
			• Parámetros químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demanda bioquímica de oxígeno</li> <li>• Demanda química de oxígeno</li> <li>• Aceites y grasas</li> <li>• pH</li> </ul>	Intervalo Intervalo	mg/mL mg/ mL mg/mL
			• Parámetros microbiológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coliformes termotolerantes</li> </ul>	Intervalo	NMP/ 100 mL

#### 4.5. Materiales, instrumentos y equipos de protección personal

Los materiales, equipos y equipos de protección personal que se utilizaron para realizar esta investigación se detallan de la siguiente manera:

##### 4.5.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron en la presente investigación se detallan en la Tabla 4.

**Tabla 4**

##### *Materiales*

N°	Material	Cantidad
1	Lapicero	2 unidades
2	Papel bond A4	1/2 millar
3	Tablero oficio	1 unidad
4	Plumón	1 unidad
5	Papel secante	4 rollos
6	Frascos esterilizados de 1 L	8 unidades
7	Cooler	1 unidad
8	Fichas de registro de campo	1 unidad
9	Cadena de custodia	1 unidad
10	Bolsas refrigerantes	1 unidad
11	Valde de 11 L	1 unidad
12	Jarra de 5 L	1 unidad
13	Wincha de 5m	1 unidad
14	Cinta masking	1 unidad

##### 4.5.2. Instrumentos

Los equipos que se utilizaron en la presente investigación se detallan en la Tabla 5.

**Tabla 5**

##### *Instrumentos*

N°	Equipo	Cantidad
1	Cámara fotográfica	1 unidad
2	GPS (topografía UTM Lite)	1 unidad
3	Laptop	1 unidad
4	Reloj	1 unidad
5	Calculadora científica	1 unidad
6	Termómetro	1 unidad

### **4.5.3. Equipos de protección personal**

Los equipos de protección personal (EPP) que se utilizaron en la presente investigación se detallan en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Equipos de protección personal*

N°	Equipos de protección personal	Cantidad
1	Guantes quirúrgicos	50 unidades
2	Mascarillas	50 paquete
3	Casco	1 unidad
4	Bata de laboratorio	1 unidad

### **4.6. Población y muestra**

#### **4.6.1. Población**

La población de estudio son las aguas residuales que ingresan (Afluente) y salen (Efluente) de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del distrito José María Arguedas.

#### **4.6.2. Muestra**

Está representado por 1 litro de agua residual para cada parámetro, tanto en el ingreso (afluente) y salida (efluente) de la PTAR y que son obtenidos por el muestreo para su análisis.

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

#### **4.7.1. Punto de muestreo**

Los puntos de muestreo están ubicados en el ingreso (afluente) y salida (efluente) de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas.

#### **4.7.2. Tipo de muestreo**

El tipo de muestreo planteado en la investigación fue no probabilístico e intencional, ya que se recolectaron las muestras más representativas del agua residual en el afluente y efluente de manera intencional siguiendo las recomendaciones del protocolo de monitoreo de aguas residuales en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### 4.7.3. Parámetros analizados

Según el Decreto Supremo N°003-2010-MINAM los parámetros sujetos a monitoreo en una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Parámetros de monitoreo*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua</b>
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

*Fuente.* MINAM (2010)

#### 4.7.4. Frecuencia de monitoreo

La frecuencia de toma de muestras se realizó cada 28 días, y en dos temporadas (avenida y estiaje), el muestreo se realizó el 15 de marzo, 13 de abril, 06 de julio y finalmente el 03 de agosto del año 2023 como se muestra en la Tabla 8. El monitoreo se realizó según el protocolo de monitoreo de calidad de efluentes de la PTAR doméstico o municipal, aprobado por la resolución ministerial N°273-2013-VIVIENDA.

**Tabla 8**

*Fecha de toma de muestras*

<b>Fecha de medición</b>	<b>Número de muestreo</b>	<b>Época</b>
15/03/2023	1	Avenida (Lluvia)
13/04/2023	2	Avenida (Lluvia)
06/07/2023	3	Estiaje (Sequia)
03/08/2013	4	Estiaje (Sequia)

#### 4.7.5. Metodología para medición de caudales

Para medir el caudal de las aguas residuales en el ingreso (afluente) y salida (efluente) de la planta de tratamiento del distrito José María Arguedas, se aplicó el método volumétrico, empleando para medir el tiempo el cronómetro del celular y un balde 11 litros. Para que se reciba todo el caudal se colocó el balde en una posición determinante del agua residual que ingresa hacia la PTAR, simultáneamente se activó el cronómetro y se detuvo en relación a la velocidad de llenado en el balde y se registró el volumen y el tiempo en un cuaderno, esta acción se realizó en 5 veces en el afluente y efluente para luego determinar con la ecuación 1 el caudal promedio de ingreso. Las mediciones de los caudales se realizaron según los protocolos de monitoreo de aguas residuales domésticas (R.M. N°273-2013-vivienda). El caudal se determinó con la siguiente ecuación 1:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

Q: Es el caudal en litros por segundo

V: El Volumen en litros

t: El tiempo en segundos

#### **4.7.6. Metodología para el muestreo de aguas residuales**

Se prepararon los materiales y equipos, luego se hizo el reconocimiento del área de estudio y la ubicación de los puntos de muestreo (Afluente y Efluente), los cuales se registraron en una ficha de campo (Anexo 2) y un registro fotográfico (Anexo 9) de todo el proceso de tratamiento de la PTAR.

Se realizaron los muestreos respectivos en el afluente y efluente de la PTAR del distrito José María Arguedas, tal como se detalló en la siguiente Tabla 8.

Se realizaron las siguientes acciones en los puntos de muestreo y para cada muestreo:

- Se tuvo en cuenta los cuidados necesarios para realizar el muestreo, como colocarse los guantes y mascarilla.
- Se realizó el rótulo de cada frasco con los datos identificándolos para cada parámetro.
- Se tomaron las muestras de aguas residuales en el afluente y efluente de la PTAR.
- Se incorporo el preservante (Ácido sulfúrico:  $H_2SO_4$ ) a los frascos de las muestras de aceites y grasas (20 gotas de  $H_2SO_4$ ) y demanda química de oxígeno (10 gotas de  $H_2SO_4$ ) según indicado por el laboratorio ALAB en los requisitos mínimos para ensayos de muestras ambientales – agua.
- Se colocó las muestras en un cooler con su refrigerante respectivo para la preservación y conservación, luego se trasladaron y enviaron las muestras al laboratorio para su respectivo análisis.

#### **4.7.7. Instrumento de recolección de datos**

Los instrumentos que se utilizaron son las fichas de campo, extraídos de los protocolos de monitoreo de calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (R.M. N°273-2013- VIVIENDA), laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. (ALAB) y del laboratorio de DESA - Andahuaylas, ubicado en el anexo 2, para la recolección de los datos y la información necesaria para lograr los objetivos planteados en la investigación.

#### **4.7.8. Ensayos realizados**

Las muestras recolectadas fueron entregados a los laboratorios en el menor tiempo posible de haberse realizado el muestreo cumpliendo los requisitos mínimos de volumen, preservación y conservación de las muestras, como se muestra en los informes (Anexo 1). Los análisis de estudio para demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasa y sólidos suspendidos totales se realizó en el laboratorio ANALYTICAL LABORATORY

E.I.R.L. (ALAB) acreditada por la INACAL-DA-Perú, con registro N° LE - 096, y para pH, temperatura y coliformes termotolerantes se realizó en el laboratorio de DESA -Andahuaylas.

Los métodos de ensayo realizados en el laboratorio ALAB y DESA-Andahuaylas se detallan en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Métodos de ensayo realizado en el laboratorio ALAB y DESA-Andahuaylas*

Parámetro	Unidad	Norma de referencia	Título
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Prueba de DBO de 5 días
Aceites y Grasas	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed. 2017	Aceite y grasa. Líquido-Líquido, partición, método gravimétrico
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 D, 23 rd Ed. 2017	Sólidos. Sólidos suspendidos totales secos al 103 – 105 °C
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Demanda química de oxígeno (DQO). Reflujo cerrado, método colorimétrico
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23 nd Ed. 2017	Técnica de fermentación en tubos múltiples para miembros del grupo coliforme. Procedimiento de coliformes fecales.
pH	Valor de pH	Standard Methods for the Examination of Water and Eastewater. American Public Health Association, American Water Woks Association, Water Pollution Control Federation, 21ed., United Estates of America, 2005.	Método electrométrico
Temperatura	C°	ASTM Designation E-77, Standar Test Methods for inspection and verification of liquid-in-glass thermometers,	Método electrométrico

*Fuente:* Elaboración propia

se determinó la temperatura in situ haciendo uso de un termómetro digital de espiga de 15 centímetros (rango de medición -50 a +300 °C), con sonda de acero inoxidable. Para medir la temperatura se sumergió el termómetro durante 30 segundos en el agua residual que ingresa y sale de la PTAR hasta la profundidad del círculo gravado alrededor del vástago, una vez transcurrido el tiempo se hizo la lectura de los valores y se registró de inmediato en un cuaderno, este procedimiento se realizó 4 veces para luego promediar y obtener datos precisos.

#### **4.8. Determinación de la eficiencia**

Para determinar la eficiencia de remoción de contaminantes en el PTAR, se utilizó la siguiente ecuación 2 propuesta por Apaza (2021):

$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

E: Es la eficiencia de remoción de contaminantes en porcentaje (%).

S<sub>o</sub>: Sumatoria de carga contaminante que ingresan a la PTAR.

S: Sumatoria de carga contaminante que salen de la PTAR.

La carga de contaminantes está referida a la concentración de contaminantes aportados por el caudal de las aguas residuales que ingresan y salen de la planta de tratamiento de agua residual del distrito José María Arguedas. El cálculo de cargas, requiere la determinación de los parámetros, en las muestras de aguas residuales tomadas en la entrada y salida de la PTAR.

#### **4.9. Determinación de la desviación estándar a partir de la incertidumbre**

Harvey (2002) en su libro de química analítica moderna afirma que la incertidumbre es el intervalo de valores posibles de una medida y la fórmula para calcular la incertidumbre es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la desviación estándar (ecuación 3). A partir de los

datos de incertidumbre remitidos en los informes para cada parámetro y temporada, se calculó la desviación estándar usando la ecuación 3 como se muestra en el Anexo 6.

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2} \quad \text{Ec. (3)}$$

$S_R$ : Es la incertidumbre

A, B, C, D: Es el número de medidas

S: Es la desviación estándar

#### 4.10. Análisis de datos

Los cuatro informes entregados por el laboratorio ALAB y DESA-Andahuaylas sobre los resultados de los afluentes y efluentes analizados, se procedió a realizar la sistematización de la información para la representación de la información.

Se aplicó el estadístico descriptivo para determinar la media, desviación estándar y coeficiente de variación. Para contrastar la hipótesis de la investigación se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante el software estadístico Minitab, para ver si los datos se ajustan a la normalidad se hizo la prueba de normalidad de Anderson-Darling (si  $p > 0.05$  los datos son normales, si  $p < 0.05$  los datos no son normales), se evidenció que los datos de los SST, aceites y grasas,  $\text{DBO}_5$ , DQO y coliformes termotolerantes siguen una distribución normal ( $p > 0.05$ ) (Anexo 5), por lo tanto se aplicó la prueba de T de Student de dos muestras independientes con varianzas desiguales para aceptar o rechazar la hipótesis nula, donde el nivel de confianza fue de 95%. El criterio de aceptación de la hipótesis nula fue si el valor  $p > 0.05$ , para  $p < 0.05$  se acepta la hipótesis alterna. Donde:

Hipótesis nula ( $H_0$ ): No existe diferencia significativa entre el afluente y efluente en el nivel de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la PTAR.

Hipótesis alterna ( $H_a$ ): Existe diferencia significativa entre el afluente y efluente en el nivel de los parámetros físicos químicos y microbiológicos de la PTAR.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Resultados de la determinación de parámetros físicos

#### 4.1.1. Concentración de sólidos suspendidos totales

Los resultados de los sólidos suspendidos (SST) se presentan en la Tabla 10 y Figura 4, se aprecia que en la temporada de precipitación reporto valores de 79 mg/L y 60 mg/L en el afluente, 25.0 mg/L y 16.0 mg/L en el efluente, mientras que en la temporada de estiaje reporto valores de 96 mg/L y 107 mg/L en el afluente, 13.2 mg/L y 16.0 mg/L en el efluente, se aprecia que existe remoción de contaminantes en ambas temporadas después de recibir el tratamiento en el sistema (constituido por desarenador, tanque Imhoff, filtro percolador y sedimentador secundario). Al realizar la prueba de t de Student con un 95% de nivel de confianza, se determinó que en las 2 temporadas existe diferencias significativas entre el afluente y efluente ( $p\text{-value} < 0.05$ , Anexo 4.1), es decir existe disminución significativa de los SST. Además, el promedio de remoción de SST fue 85.5 mg/L en el afluente y 17.6 mg/L en el efluente, lo que indica, que la PTAR del distrito José María Arguedas permite remover adecuadamente los SST, por otra parte, se puede observar que el promedio total de los sólidos suspendidos tiene mucha variabilidad de los datos o dispersión de datos entre sí, tanto en el afluente y efluente.

**Tabla 10**

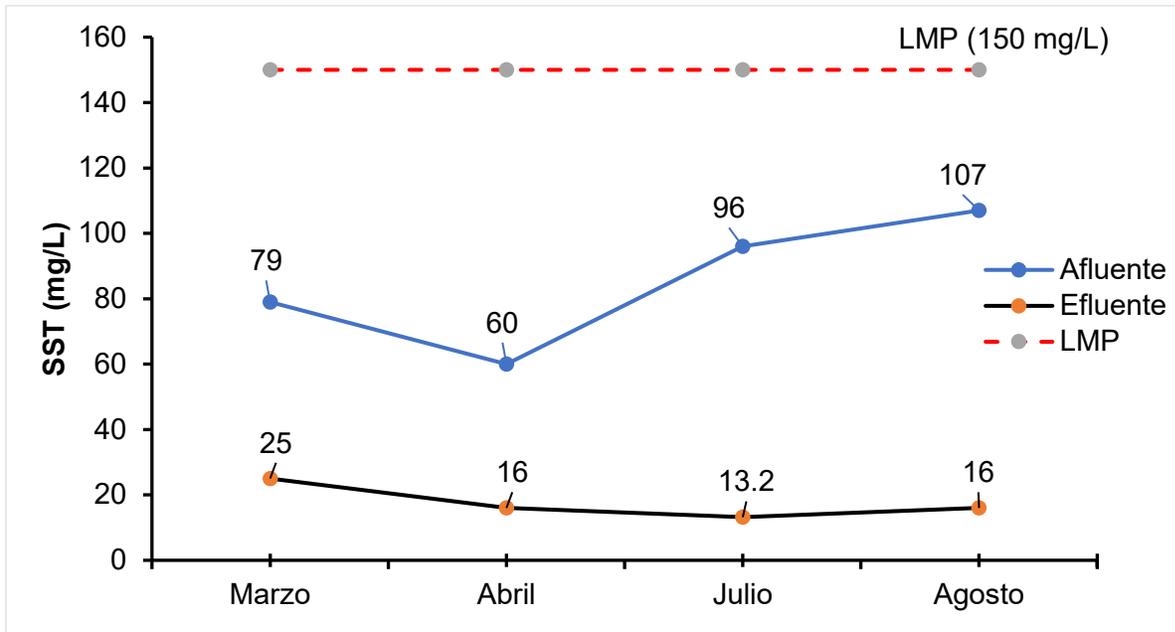
*Concentración de sólidos suspendidos (mg/L)*

	Precipitación						Estiaje						Promedio total		
	P1		P2		CV		E1		E2		CV		$\bar{x}$	$\pm S$	CV %
	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %
Afluente	79.0	3.0	3.8	60.0	2.4	3.9	96.0	3.7	3.8	107.0	0.9	0.9	85.5	20.5	24.0
Efluente	25.0	1.1	4.4	16.0	0.8	5.0	13.2	0.7	0.5	16.0	0.5	2.8	17.6	5.1	29.3
p-value	0.000			0.000			0.000			0.000			0.007		

Donde:  $\bar{x}$  es la media, S es la desviación estándar, CV% es el coeficiente de variación. P1, P2, E1 Y E2 son los muestreos realizados en la temporada de precipitación y estiaje. p-value son las diferencias significativas, evaluado a través de la prueba t de Student al 5% de significancia.

**Figura 4**

*Variación de sólidos suspendidos*



Los sólidos suspendidos totales son importantes en el control de procesos físicos y biológicos de las aguas residuales, y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertido (CAN, 2005). En la Figura 4 se observa que los SST en las dos temporadas, se encuentran dentro del rango (150 mg/L) permitido por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM “Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”, es decir las aguas tratadas en la PTAR cumplen con los LMP y son aptos para ser vertidas a los cuerpos de agua natural. Por otra parte, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua”, los SST no están normados para la categoría 3: riego de vegetales (D1) y bebida de animales (D2), pero sí para la categoría 4: conservación de ambiente acuático (E2: para ríos de costa y sierra), con un valor de  $\leq 100$  mg/L, en tal sentido los SST en las dos temporadas se encuentran dentro del rango permitido por la ECA para esta categoría, es decir las agua tratadas en la PTAR se pueden verter a cuerpos de aguas naturales, como ríos y riachuelos. En la investigación realizada por

Apaza (2021) y Núñez (2019) reportaron valores promedios de 84.5 mg/L y 117.7 mg/L respectivamente en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales en las ciudades de San José-Azángaro y Cajabamba-Cajamarca, estos resultados cumplen con los LMP y se asemejan a los resultados encontrados en la investigación. Según DIGESA (2007) los SST son producto de la erosión de los suelos, detritus orgánicos (residuos sólidos permanentes producto de la descomposición de residuos orgánicos) y por la composición de las aguas residuales domésticas. Altos niveles de los SST en el agua hacen que este líquido se caliente más rápidamente porque las partículas en suspensión absorben más calor y agota el nivel de oxígeno en el agua (DIGESA, 2007), por ello es importante el control de estos parámetros en el efluente de la PTAR.

#### 4.1.2 Variación de la temperatura

Los resultados de la temperatura se muestran en la Tabla 11 y Figura 5, se aprecia que en la temporada de precipitación fluctúa de 15.2 °C y 15.4 °C en el afluente, 15.7 °C y 15.6 °C en el efluente, mientras que en la temporada de estiaje fluctúa de 14.6 °C y 15.1 °C en el afluente, 14.8 °C y 15.7 °C en el efluente, se aprecia que la temperatura del agua residual tratada en el efluente se incrementa en 0.2 y 0.4 °C en la temporada de precipitación y estiaje respectivamente. Además, el promedio de la temperatura fluctúa de 15.1 °C en el afluente y 15.5 °C en el efluente, lo cual nos indica que la temperatura de las aguas residuales tratadas en el efluente de la PTAR se incrementa en 0.4 °C.

**Tabla 11**

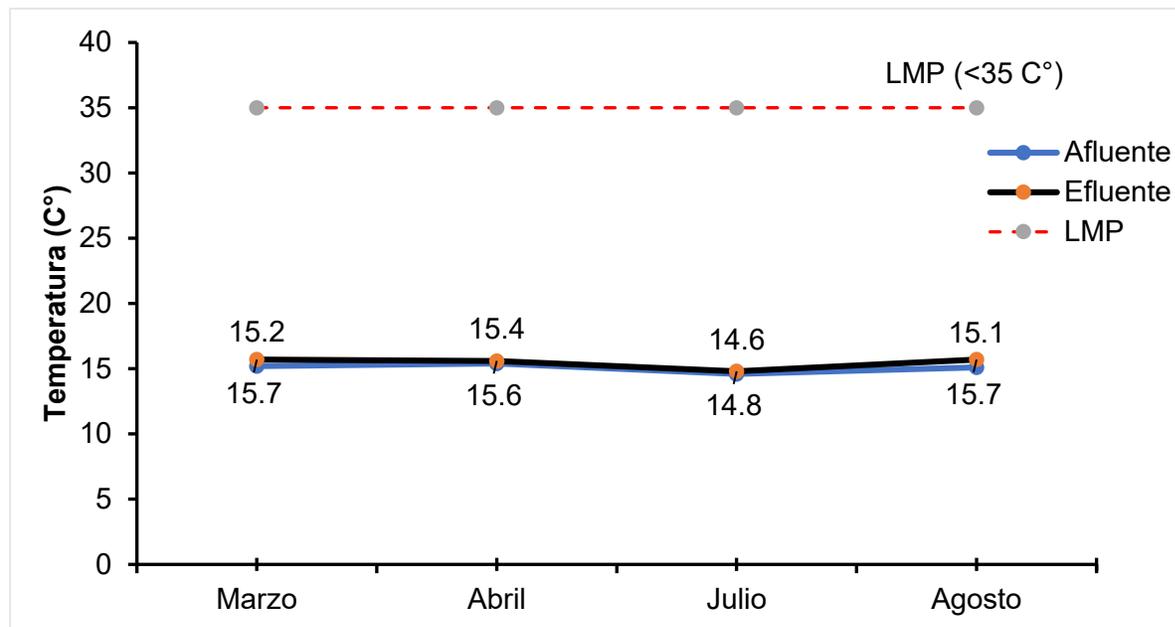
*Variación de temperatura (°C)*

	Precipitación						Estiaje						Promedio total		
	P1		P2		CV		E1		E2		CV				
	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %
Afluente	15.2	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	14.6	0.1	0.3	15.1	0.0	0.0	15.1	0.3	2.3
Efluente	15.7	0.0	0.0	15.6	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0	15.7	0.0	0.0	15.5	0.4	2.8

Donde:  $\bar{x}$  es la media, S es la desviación estándar, CV% es el coeficiente de variación. P1, P2, E1 Y E2 son los muestreos realizados en la temporada de precipitación y estiaje.

**Figura 5**

*Variación de temperatura*



En la figura 5 se observa que la temperatura en las dos temporadas, se encuentra dentro del rango (<35 °C) permitido por el decreto supremo N° 003-2010-MINAM “Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”, es decir las aguas tratadas en la PTAR cumplen con la normativa y por lo tanto son aptos para ser vertidas a cuerpos de aguas naturales como ríos, riachuelos. Por otra parte, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua”, la temperatura en ambas temporadas se encuentra dentro del rango que se establece en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, y categoría 4: conservación de ambientes acuáticos (E2: para ríos de costa y sierra) con un margen de  $\pm 3$ . En la investigación realizada por Leizica (2014), refiere que la temperatura de las aguas residuales suele ser superior al agua de consumo, por el aporte de las aguas calientes de las actividades domésticas y el aseo, con un valor que varía de 10 °C a 21 °C y un promedio de 15 °C, lo cual es similar al obtenido en la investigación. También indica que el aumento de temperatura puede contribuir al agotamiento de

oxígeno disuelto. La temperatura es un factor muy importante en el tratamiento de las aguas residuales, ya que favorece la degradación de la materia orgánica por la acción de bacterias. Correa et al. (2012) y Febles (2010), reporto valores promedios de 26.7 °C y 27.7 °C respectivamente en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales en las ciudades de Santa Fe-Colombia y Mérida-México, estos resultados cumplen con los LMP y son diferentes a los resultados encontrados en la investigación, sin embargo, Días (2018), reporto valor promedio de 10.2 °C en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de San José - Pasco, este resultado cumple con el LMP y se asemejan a los resultados encontrados en la investigación. Según SENAMHI (2021), la temperatura del agua, varía de acuerdo a cada región, temporada del año y factores geográficos que posee cada lugar.

## **4.2. Resultados de la determinación de los parámetros químicos**

### **4.2.1. Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno**

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) se presentan en la Tabla 12 y Figura 6, se aprecia que en la temporada de precipitación reporto valores de 24.9 mg/L y 74.8 mg/L en el afluente, 21.0 mg/L y 13.5 mg/L en el efluente, mientras que en la temporada de estiaje reporto valores de 80.3 mg/L y 52.0 mg/L en el afluente, 26.3 mg/L y 14.0 mg/L en el efluente, se aprecia la PTAR del distrito José María Arguedas disminuye el nivel de la  $DBO_5$  en ambas temporadas después de recibir el tratamiento en el sistema (compuesto por tanque Imhoff, filtro percolador y sedimentador secundario). Al realizar el análisis estadístico con la prueba de t de Student al 95% de nivel de confianza, se determinó que ( $p\text{-value} < 0.005$ , Anexo 4.2), por lo tanto, se interpreta que en las dos temporadas existe diferencias significativas entre el afluente y efluente, en otras palabras, existe disminución de la  $DBO_5$ . Además, el promedio de remoción de la DBO fue de 58.0 mg/L en el afluente y 18.7 mg/L en el efluente, lo que indica que el PTAR del distrito José María Arguedas está en buenas condiciones, ya que remueve el nivel de concentración de la  $DBO_5$  del afluente con respecto al efluente, por otro lado, se puede

observar que en la Tabla 12 el promedio total de la DBO<sub>5</sub> tiene un coeficiente de varianza muy alto, esto explica que hay mucha variabilidad o dispersión de los datos entre sí.

**Tabla 12**

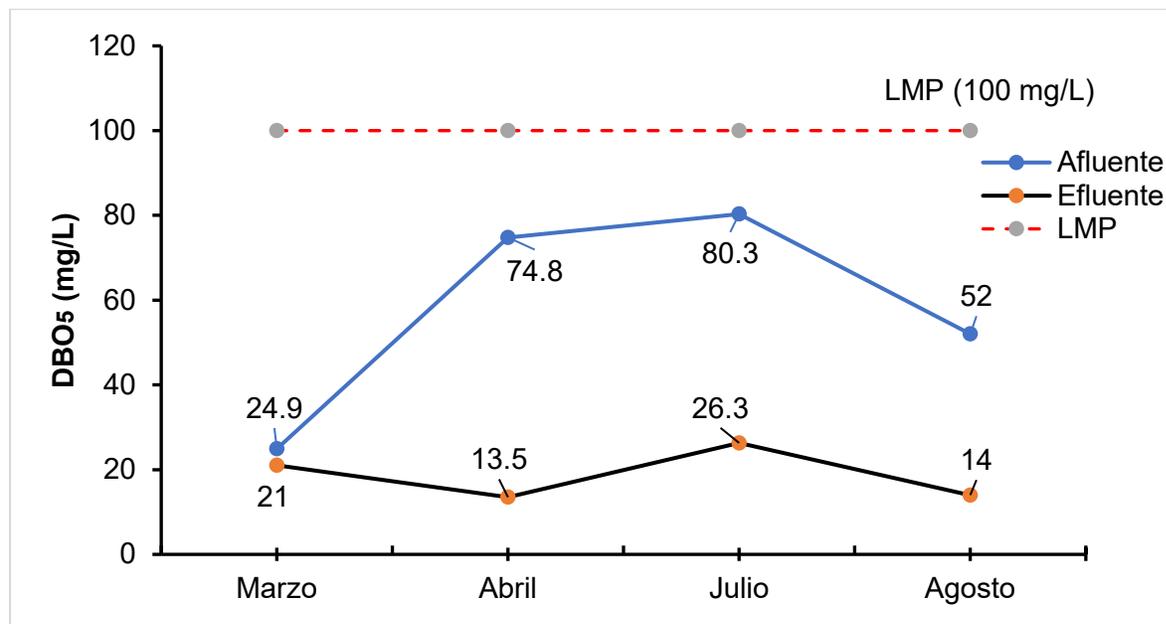
*Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)*

	Precipitación						Estiaje						Promedio total		
	P1		P2		E1		E2		E2						
	$\bar{x}$	$\pm s$	CV %	$\bar{x}$	$\pm s$	CV %	$\bar{x}$	$\pm s$	CV %	$\bar{x}$	$\pm s$	CV %	$\bar{x}$	$\pm s$	CV %
Afluente	24.9	2.2	8.8	74.8	4.9	6.6	80.3	5.3	6.5	52.0	3.7	7.1	58.0	25.2	43.5
Efluente	21.0	2.0	9.6	13.5	1.6	11.9	26.3	2.3	8.8	14.0	1.7	11.8	18.7	6.1	32.7
p-value	0.048			0.000			0.000			0.000			0.056		

Donde:  $\bar{x}$  es la media, S es la desviación estándar, CV% es el coeficiente de variación. P1, P2, E1 Y E2 son los muestreos realizados en la temporada de precipitación y estiaje. p-value son las diferencias significativas, evaluado a través de la prueba t de Student al 5% de significancia.

**Figura 6**

*Variación de la demanda bioquímica de oxígeno*



En la Figura 6 se observa que la DBO<sub>5</sub> en las dos temporadas, se encuentran dentro del rango (100 mg/L) permitido por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM “Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o

municipales”, es decir las aguas tratadas en la PTAR cumple con los LMP y son aptos para ser vertidas a los cuerpos de agua natural. Por otra parte, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua”, la DBO<sub>5</sub> en el mes de marzo (precipitación) y julio (estiaje) superan los 15 mg/L que establece la ECA para la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, mientras que en el mes de abril (precipitación) y agosto (estiaje) no superan los 15 mg/L que establece la ECA para la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, por otro lado para la categoría 4: conservación de ambientes acuáticos (E2: para ríos de costa y sierra) supera los 10 mg/L que establece la ECA para esta categoría. Higuera y Puentes (2017), en su investigación reporto valor promedio de 288.19 mg/L en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad de Tena-Colombia, lo cual no cumple con los límites máximos permisibles y difieren de los resultados encontrados en la presente investigación, no obstante, Matsumoto y Sánchez (2010) y Pineda (2017) en sus investigaciones reportaron valores promedios de 51 mg/L y 31.2 mg/L en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudades de Ilha Solteira, estado de São Paulo-Brazil y Tunja-Colombia, los cual cumplen con los LMP y se asemejan a los resultados encontrados en la investigación. La demanda bioquímica es un parámetro necesario en la evaluación de aguas residuales, ya que altas concentraciones disminuyen el nivel de oxígeno en el agua, matando así la vida acuática por asfixia y causando la eutrofización (Trapote, 2011), por esta razón es muy importante el control y monitoreo de este parámetro en la PTAR del distrito José María Arguedas.

#### **4.2.2. Concentración de la demanda química de oxígeno**

Los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO) se presenta en la Tabla 13 y Figura 7, se aprecia que en la temporada de precipitación reporto valores de 66.5 mg/L y 180mg/L en el afluente, 56.2 mg/L y 32.3 mg/L en el efluente, mientras que en la temporada de estiaje reporto valores de 176.5 mg/L y 136.5 mg/L en el afluente, 57.9 mg/L y 38.6 mg/L en el efluente, se aprecia que hay remoción de contaminantes en ambas temporadas después de recibir el

tratamiento en el sistema (compuesto por tanque Imhoff, filtro percolador y sedimentador secundario). Al realizar el análisis estadístico con la prueba de t de Student con un 95% de nivel de confianza, se determinó que ( $p\text{-value} < 0.05$ , Anexo 4.3), por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna y se interpreta que en las dos temporadas existen diferencias significativas entre el afluente y efluente, es decir existe disminución significativa de la DBO. Además, el promedio estimado de DQO de las 4 fechas de muestreo es de 139.9 mg/L en el afluente y 46.3 mg/L en el efluente, lo que indica que el PTAR del distrito José María Arguedas remueve adecuadamente la DQO, por otro lado, se puede observar que el promedio total de este parámetro de control tiene un coeficiente de varianza muy alto, esto indica que los datos están muy dispersos entre sí, tanto en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de las agua residuales del distrito José María Arguedas.

**Tabla 13**

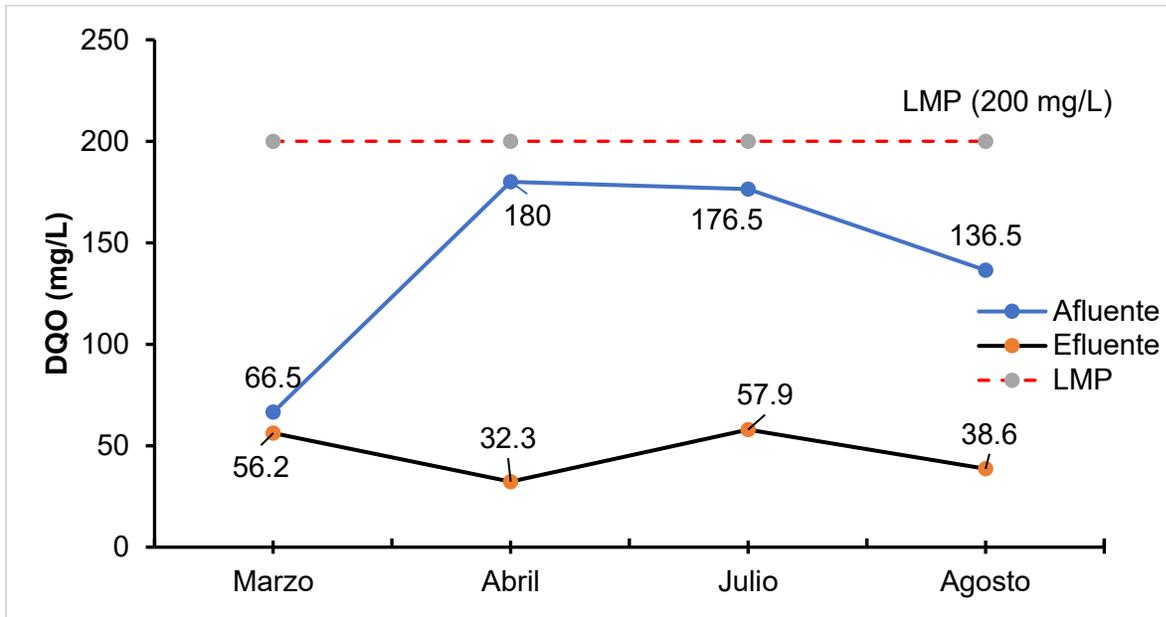
*Concentración de la demanda química de oxígeno (mg/L)*

	Precipitación						Estiaje						Promedio total		
	P1		P2		CV		E1		E2		CV		$\bar{x}$	$\pm S$	CV %
	$\bar{x}$	$\pm S$	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %
Afluente	66.5	1.5	2.3	180	4.1	2.3	176.5	3.9	2.2	136.5	3.1	2.2	139.9	52.8	37.7
Efluente	56.2	1.3	2.2	32.3	0.7	2.2	57.9	1.3	2.3	38.6	0.9	2.2	46.3	12.8	27.6
p-value	0.000		0.000				0.000				0.000		0.041		

Donde:  $\bar{x}$  es la media, S es la desviación estándar, CV% es el coeficiente de variación. P1, P2, E1 Y E2 son los muestreos realizados en la temporada de precipitación y estiaje. p-value son las diferencias significativas, evaluado a través de la prueba t de Student al 5% de significancia.

**Figura 7**

*Variación de la demanda química de oxígeno*



En la Figura 7 se observa que la DQO en las dos temporadas, se encuentran dentro del rango (200 mg/L) permitido por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM “Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”, es decir las aguas tratadas en la PTAR cumple con los LMP y son aptos para ser vertidas a los cuerpos de agua natural. Por otra parte, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua” la DQO en el mes de marzo (precipitación) y julio (estiaje) superan los 40mg/L que establece la ECA para la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, mientras que en el mes de abril (precipitación) y agosto (estiaje) no superan los 40 mg/L que establece la ECA para la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, por otro lado para la categoría 4: conservación de ambientes acuáticos (E2: para ríos de costa y sierra) no está normado en la ECA para este parámetro. Matsumoto y Sánchez (2010) y Núñez (2019) en sus investigaciones reportaron valores promedios de 245 mg/L y 363.4 mg/L respectivamente en el efluente para una planta de tratamiento de aguas

residuales domésticas en la ciudad de Ilha Solteira - estado de São Paulo - Brazil y Cajabamba - Cajamarca, los cuales no cumplen con los límites máximos permisibles y difieren de los resultados encontrados en la presente investigación, no obstante, Quispe (2019) y Pineda (2017) en sus investigaciones reportaron valores promedios de 149.6 mg/L y 31.2 mg/L en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en las ciudades de Celendín – Cajamarca y Tunja-Colombia, lo cual cumple con los LMP y se asemejan a los resultados encontrados en la investigación. El monitoreo de la DQO en la PTAR es muy importante ya que este parámetro indica la presencia de materia fecal en el agua, y en grandes concentraciones puede causar la eutrofización, dañar la vida acuática y disminuir el oxígeno disuelto del agua (Alarcón y Fernández, 2014).

#### **4.2.3. Concentración de aceites y grasas**

Los resultados de aceites y grasas se presentan en la Tabla 14 y Figura 8, se aprecia que en la temporada de precipitación reporto valores de 4.1 mg/L y 16.1 mg/L en el afluente, 1.0 mg/L y 5 mg/L en el efluente, mientras en la temporada de estiaje reporto valores de 12.8 mg/L y 14.9 mg/L en el afluente, 5.0 mg/L y 5.0 mg/L en el efluente, se aprecia que disminuye la concentración de aceites y grasas en ambas temporadas después de recibir el tratamiento en el sistema (compuesto por cámara desgrasadora). Al realizar el análisis estadístico con la prueba de t de Student con un 95% de nivel de confianza ( $p\text{-value} < 0.05$ , Anexo 4.4), se determinó que en las dos temporadas existe diferencias significativas entre el afluente y efluente, en otras palabras, existe disminución significativa de este parámetro de control en el agua tratada. Además, el promedio de aceites y grasas fue de 11.9 mg/L en el afluente y 3.0 mg/L en el efluente, lo que indica que el PTAR del distrito José María Arguedas remueve adecuadamente el nivel de concentración de aceites y grasas del afluente con respecto al efluente, por otra parte, se observa que hay mucha dispersión o variabilidad de los datos entre sí en el promedio total de este parámetro de control.

**Tabla 14**

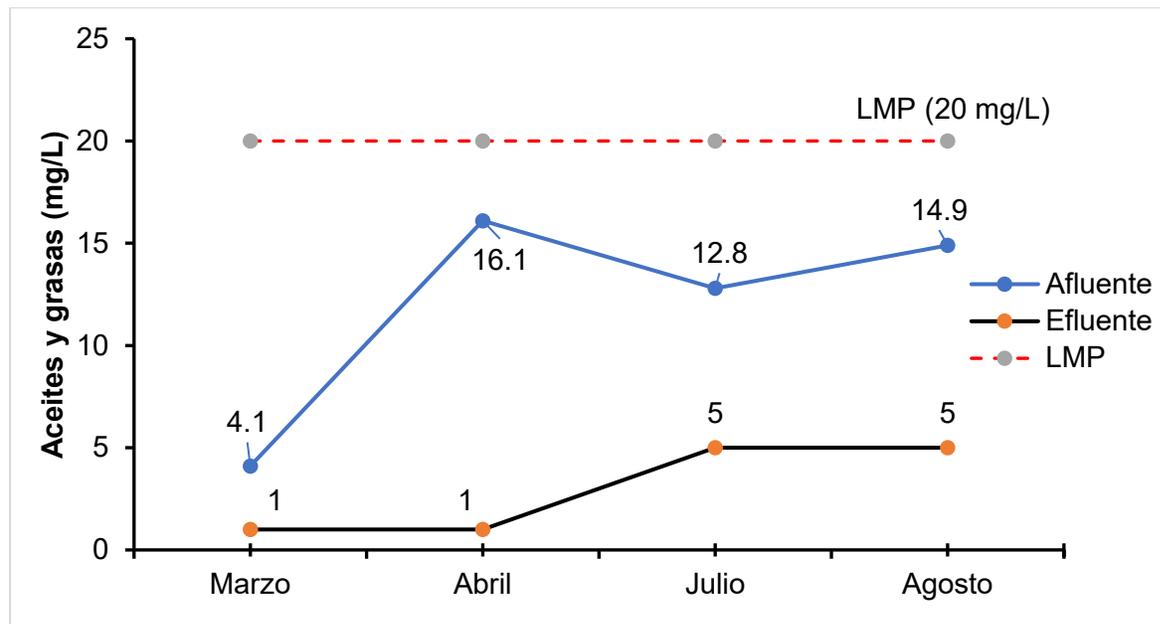
*Concentración de aceites y grasas (mg/L)*

	Precipitación						Estiaje						Promedio total		
	P1		P2		CV		E1		E2		CV				
	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV %	$\bar{x}$	$\pm S$	CV%
Afluente	4.1	0.3	7.3	16.1	1.2	7.5	12.8	0.9	7.4	14.9	1.1	7.4	11.9	5.4	45.3
Efluente	1.0	0.1	5.0	1.0	0.1	5.0	5.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	3.0	2.3	76.9
p-value	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.039		

Donde:  $\bar{x}$  es la media, S es la desviación estándar, CV% es el coeficiente de variación. P1, P2, E1 Y E2 son los muestreos realizados en la temporada de precipitación y estiaje. p-value son las diferencias significativas, evaluado a través de la prueba t de Student al 5% de significancia.

**Figura 8**

*Variación de aceites y grasas*



En la Figura 8 se observa que los aceites y grasas en las dos temporadas, se encuentran dentro del rango (20 mg/L) permitido por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM “Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”, es decir las aguas tratadas en la PTAR cumple con los LMP y son aptos para ser vertidas a los cuerpos de agua natural. Por otra parte, según el Decreto Supremo

N° 004-2017-MINAM “Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua”, los aceites y grasas no supera la ECA para la categoría 3: riego de vegetales (5mg/L) y bebida de animales (10 mg/L), ni para la categoría 4: conservación de ambientes acuáticos (E2: para ríos de costa y sierra) no supera los 5 mg/L que establece ECA para esta categoría. Núñez (2019), Arbaiza (2021) y Pineda (2017) en sus investigaciones reportaron valores promedios de 8.4 mg/L, 9,3 mg/L y 7.3 mg/L respectivamente en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales en las ciudades de Cajabamba-Cajamarca, Jepelacio – Moyobamba y Tunja - Colombia, los cuales cumplen con los LMP y se asemeja a los resultados encontrados en la investigación, por otro lado, Higuera y puentes (2017) y Febles (2010), en sus investigaciones reportaron valores promedios de 87.6 mg/L y 58.6 mg/L en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad de Tena-Colombia y Mérida-Mexico, lo cual no cumple con LMP y difieren de los resultados encontrados en la investigación. Es importante el control de este parámetro en el PTAR, ya que el exceso de este parámetro puede ocasionar impactos negativos en el agua natural, como el incremento de los niveles de nitratos, fosfatos y DBO en el agua (que provocaría la eutrofización de estas). Además, el uso de las aguas tratadas con altos niveles de aceites y grasas puede influir en la disminución de la permeabilidad de los suelos (Ortega, 2018).

#### **4.2.4. Variación de pH**

Los resultados de pH se presentan en la Tabla 15 y Figura 9, se aprecia que en la temporada de precipitación reporto valores de 6.9 y 6.9 en el efluente, 6.9 y 6.8 en el efluente, mientras que en la temporada de estiaje reporto valores de 6.7 y 6.5 en el afluente, 6.8 y 6.6 en el efluente, de los cuales se puede apreciar que el pH de las aguas tratadas en las dos temporadas se encuentra entorno a la neutralidad que es 7.0. Además, el promedio de pH fue de 6.8 en el afluente y efluente respectivamente, lo que indica que el pH en el PTAR del distrito José María Arguedas fluctúa entorno a la neutralidad que es 7.0 y por ende remueve bien los contaminantes presentes en la PTAR.

**Tabla 15**

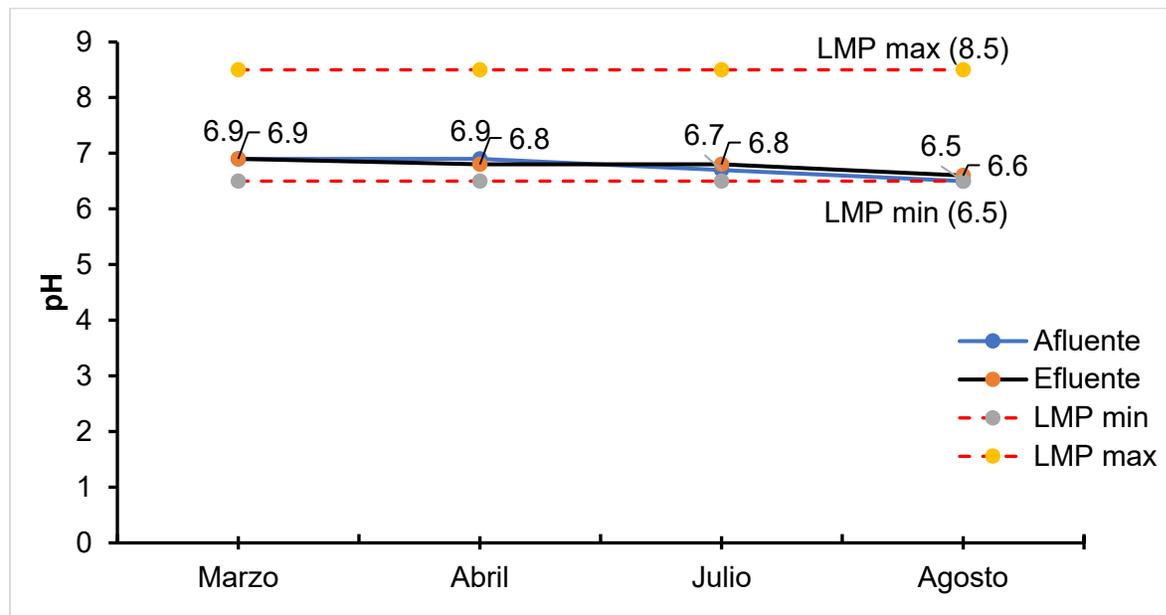
*Variación de pH*

	Precipitación						Estiaje						Promedio total		
	P1		P2		E1		E2								
	$\bar{x}$	$\pm s$	CV%	$\bar{x}$	$\pm s$	CV%	$\bar{x}$	$\pm s$	CV%	$\bar{x}$	$\pm s$	CV%	$\bar{x}$	$\pm s$	CV%
Afluente	6.9	0.1	1.0	6.9	0.1	0.7	6.7	0.1	0.9	6.5	0.1	1.1	6.8	0.2	2.8
Efluente	6.9	0.1	0.9	6.8	0.1	1.0	6.8	0.1	0.9	6.6	0.1	0.8	6.8	0.1	1.9

Donde:  $\bar{x}$  es la media, S es la desviación estándar, CV% es el coeficiente de variación. P1, P2, E1 Y E2 son los muestreos realizados en la temporada de precipitación y estiaje. p-value son las diferencias significativas, evaluado a través de la prueba t de Student al 5% de significancia.

**Figura 9**

*Variación de pH*



En la Figura 9 se observa que el pH, se encuentra dentro del rango (6.5 a 8.5) permitido por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINA “Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”, es decir las aguas tratadas en la PTAR cumple con los LMP y son aptos para ser vertidas a los cuerpos de agua natural. Por otra parte, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua”, el pH en las dos temporadas no supera el rango de 6.5 a 8.5 que

establece la ECA para la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, ni para la categoría 4: conservación de ambientes acuáticos (E2: para ríos de costa y sierra) que estable un rango de 6.5 a 9.0 de pH. Núñez (2019), Arbaiza (2021) y Díaz (2018) en sus investigaciones reportaron valores promedios de 7.5, 6.9, 7.9 y 7.2 respectivamente en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad Cajabamba-Cajamarca, Jepelacio – Moyobamba, San José-Pasco y Mérida-México, los cuales cumplen con los LMP y se asemejan a los resultados encontrados en la investigación. Un efluente con pH adverso y que no cumple con los LMP puede alterar la composición y modificar la vida biológica de las aguas naturales, también es más difícil de tratar por métodos biológicos, y que solo se pueden realizar entre valores de pH de 6.5 a 8.5 (Micha y Rojas, 2019). Por otra parte, Correa et al. (2012) recomienda mantener un pH en las plantas de tratamiento de aguas residuales en torno a la neutralidad que es 7, ya que la disminución de este parámetro puede producir el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) en las aguas residuales, que es un gas altamente tóxico y desagradable, semejante aun huevo en estado de putrefacción. Sin embargo, a un pH igual a 6, este representa el 90% de ellos, y es letal para el ser humano (Rodríguez, et al., 2021). Un pH bajo (menor a 6.5) en el agua de riego puede generar problemas para plantas, como dañar sus raíces, toxicidad del suelo y evitar que la vegetales absorban los nutrientes de manera eficiente, mientras que un pH (mayor a 8.5) evita que las plantas puedan absorber correctamente sus nutrientes (Delgadillo, 2010), por ello es muy importante el control de este parámetro en el efluente de la PTAR.

### **4.3. Resultados de la determinación de los parámetros microbiológicos**

#### **4.3.1. Concentración de coliformes termo tolerantes**

Los resultados de coliformes termotolerantes se presentan en la Tabla 16 y Figura 10, se aprecia que en la temporada de precipitación reporto valores de 9200 NMP/100 mL y 8300 NMP/100 mL en el afluente, 6800 NMP/100 mL y 6100 NMP/100 mL en el efluente, mientras que en la temporada de estiaje reporto valores de 11000 NMP/100 mL y 12000 NMP/100 mL en el afluente, 5500 NMP/100 mL y 6100 NMP/100 mL en el efluente, de los cuales se puede apreciar

que hay remoción de contaminantes en ambas temporadas después de recibir el tratamiento en la cámara de cloración. Al realizar la prueba de t de Student con 95% de nivel de confianza, se determinó (p-value < 0.05, Anexo 4.5), por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se interpreta que en las dos temporadas existe diferencias significativas entre el afluente y efluente, en otras palabras, existe una disminución significativa de los coliformes termotolerantes. Además, el promedio estimado de coliformes termotolerantes de las 4 fechas de muestreo es de 10125 NMP/100 mL en el afluente y 6125 NMP/100 mL en el efluente, lo que indica que el PTAR del distrito José María Arguedas remueve adecuadamente el nivel de concentraciones de este parámetro, por otra parte, se puede observar que el coeficiente de varianza del promedio total es muy alto en el afluente, esto indica la dispersión o variabilidad de los datos entre sí.

**Tabla 16**

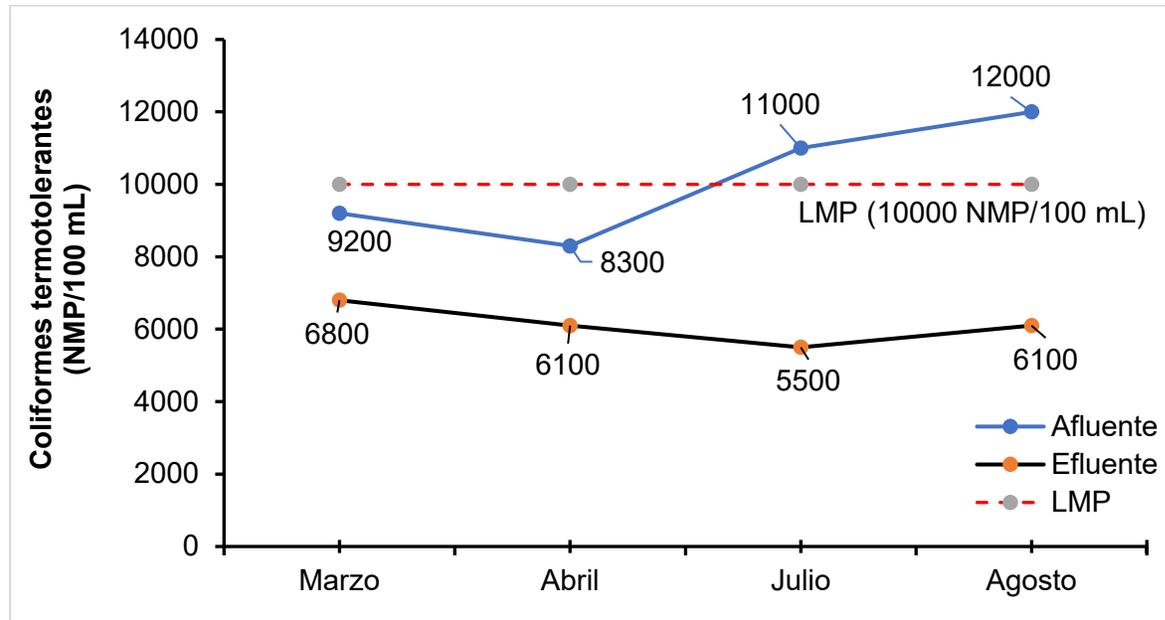
*Concentración de coliformes termotolerantes*

	Precipitación						Estiaje						Promedio total		
	P1			P2			E1			E2			$\bar{x}$	$\pm S$	CV%
	$\bar{x}$	$\pm S$	CV%	$\bar{x}$	$\pm S$	CV%	$\bar{x}$	$\pm S$	CV%	$\bar{x}$	$\pm S$	CV%			
Afluente	9200	0.0	0.0	8300	0.0	0.0	11000	0.0	0.0	12000	0.0	0.0	10125	1680.0	16.6
Efluente	6800	0.0	0.0	6100	0.0	0.0	5500	0.0	0.0	6100	0.0	0.0	6125	531.5	8.7
p-value	0.000			0.000			0.000			0.000			0.020		

Donde:  $\bar{x}$  es la media, S es la desviación estándar, CV% es el coeficiente de variación. P1, P2, E1 Y E2 son los muestreos realizados en la temporada de precipitación y estiaje. p-value son las diferencias significativas, evaluado a través de la prueba t de Student al 5% de significancia.

**Figura 10**

*Variación de coliformes termotolerantes*



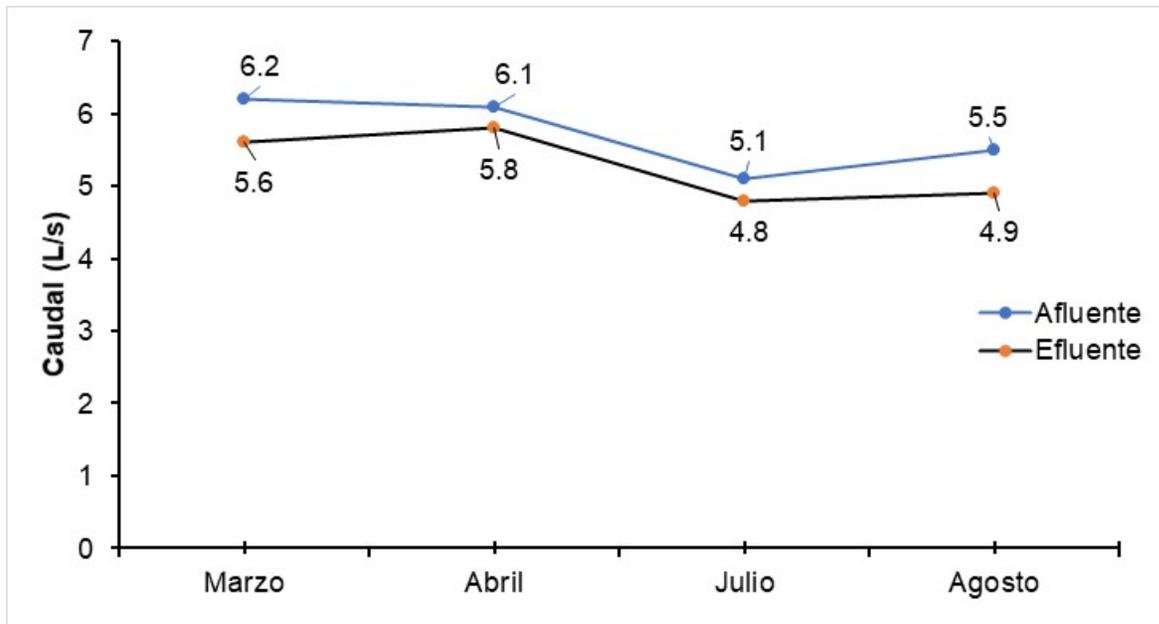
En la Figura 10 se observa que los coliformes termotolerantes en las dos temporadas, se encuentran dentro del rango (10000 NML/100 mL) permitido por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINA “Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”, es decir las aguas tratadas en la PTAR cumple con los LMP y son aptos para ser vertidas a los cuerpos de agua natural. Por otra parte, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua”, los coliformes termotolerantes no cumple la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales (1000 NMP/100 mL), ni la categoría 4: Conservación de ambientes acuáticos (E2: para ríos de costa y sierra, 2000 NMP/100 mL). Núñez (2019) en su investigación reporto valor promedio de  $805 \times 10^4$  NMP/100 mL en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad Cajabamba-Cajamarca, lo cual no cumple con los LMP y es superior a los resultados encontrados en la presente investigación, por otro lado, Arbaiza (2021), Apaza (2021) y Díaz (2018) en sus investigaciones reportaron valores promedio de  $7.4E+02$ , 56.7 NMP/100mL y 3.53

NMP/ 100mL respectivamente en el efluente para una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Jepelacio - Moyobamba, San José – Azángaro y San José - Pasco, los cuales cumplen con los LMP y son inferiores a los resultados encontrados en la presente investigación. Las bacterias coliformes son un grupo de bacterias que se encuentran como indicador de contaminación y se encuentran comúnmente en grandes cantidades en el tracto gastrointestinal de los hombres y animales de sangre caliente; permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas (Del villar, 2010). Según Auccatinco (2021), afirma que la presencia de coliformes termotolerantes es un indicador principal de la contaminación de las aguas por materia fecal y el uso de estas aguas en la agricultura, constituye un riesgo para la salud de los consumidores, por ello es muy importante el control de este parámetro en el vertimiento a cuerpo de agua natural o al ecosistema.

#### 4.4. Resultados de la determinación del caudal

**Figura 11**

*Variación de caudal (L/s)*



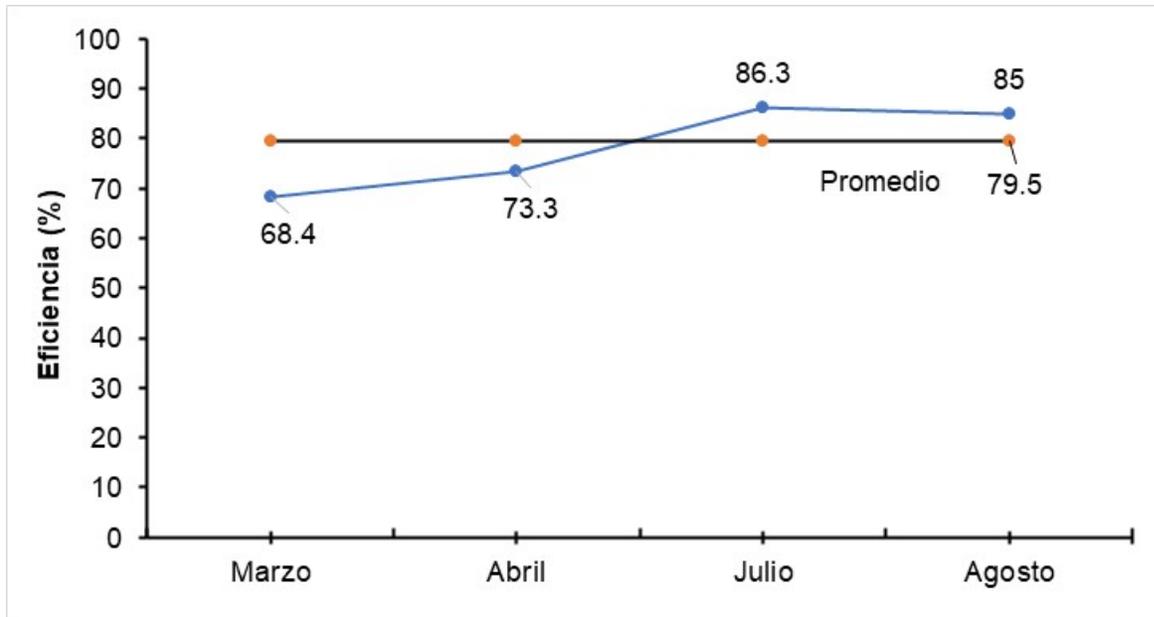
Los resultados del caudal se presentan en la Figura 11, donde se aprecia que en la temporada de precipitación fluctúa entre 6.2 a 6.1 L/s en el afluente, y 5.6 a 5.8 L/s en el efluente, mientras que en la temporada de estiaje fluctúa entre 5.1 a 5.5 L/s en el afluente, y 4.8 a 4.9 L/s en el efluente, donde se aprecia que en la temporada de precipitación el caudal se incrementa ligeramente. Además, el caudal promedio de los 4 meses fluctúa entre 5.7 L/s en el afluente y 5.3 en el efluente, lo que indica que hay disminución significativa del caudal de ingreso con respecto a la salida. Se tiene que tomar en cuenta que el caudal de agua residual varía a lo largo del día y del año, por lo que es muy importante el control de este parámetro, ya que el ingreso de caudales que sobrepasen el caudal de diseño máximo horario puede provocar el colapso e ineficiencia de remoción de contaminantes en una PTAR (Micha y Rojas, 2019). El control del caudal en el fluyente y efluente es muy importante para el control de la PTAR, la evaluación de pérdidas por evaporación y la detección de posibles infiltraciones en las unidades o componentes de tratamiento de la PTAR (SUNASS, 2015), en tal sentido la PTAR del Distrito José María Arguedas existe un controlador de caudal colocado antes de la entrada a la cámara desgrasadora, en caso de sobrepasar su dimensión durante los meses de precipitación.

#### **4.4. Evaluación de eficiencia de remoción de contaminantes en la PTAR**

##### ***4.4.1. Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales***

**Figura 12**

*Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos*



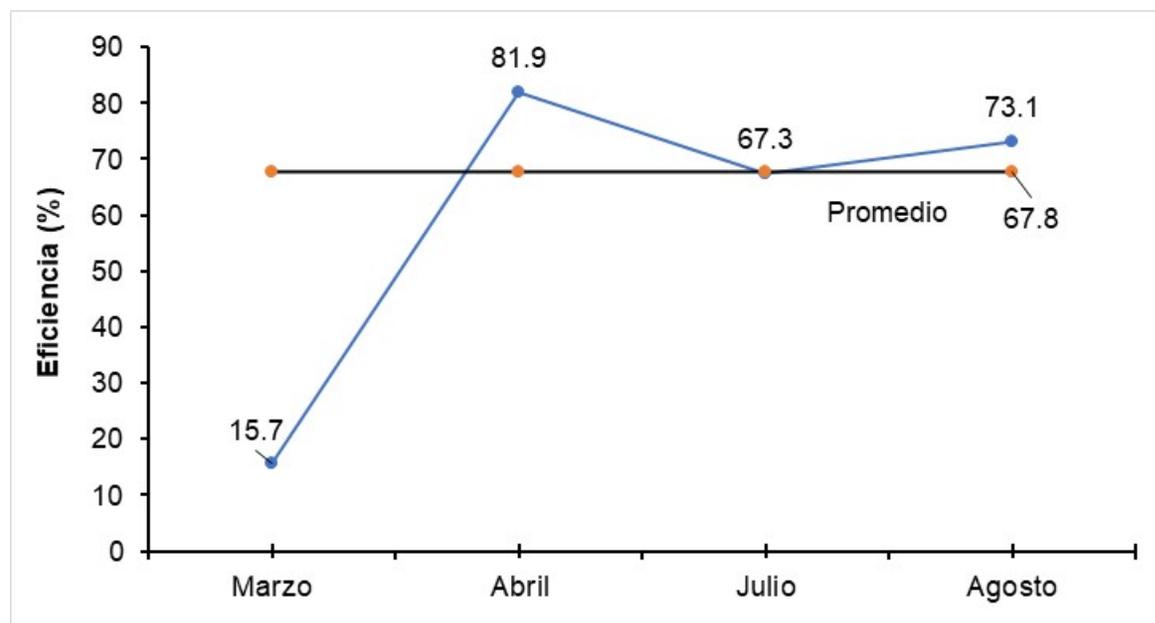
La eficiencia de remoción de sólidos suspendidos se puede observar en la Figura 12, donde se aprecia que en la temporada de precipitación la eficiencia de remoción fue de 68.4% en marzo y 73.3% en abril, mientras que en la temporada de estiaje fue de 86.3% en julio y 85.0% en agosto, de los cuales se puede apreciar que el mayor porcentaje de eficiencia fue determinado en Julio (86.3%) y la menor eficiencia fue en Marzo (68.4%). Además, la eficiencia de remoción promedio de las 4 fechas de muestreo fue de 79.5%, valor diferente al obtenido por Apaza (2021), Montenegro (2016) y Humanante (2022) con 34.0%, 49.4% y 41.3% respectivamente, y similar al obtenido por Arbaiza (2021) y Toro (2022) con 82.5% y 82.2% respectivamente, Según Auccatinco (2021), estas variaciones de eficiencia se deben al tipo del tren de tratamiento, tiempo de uso, mantenimiento de las unidades de tratamiento y sobrecarga de caudal de ingreso a la PTAR. De los resultados encontrados en la investigación se puede decir que la eficiencia de remoción de contaminantes para este parámetro en la PTAR es significativa. Según la norma técnica de edificación OS.090 (2006) señala que la eficiencia de remoción de SST debe encontrarse entre 40 a 70%, Además, Tilley et al. (2018) afirma que un PTAR con tanque Imhoff

reduce los SST de 50 a 70%, es así que los resultados determinados en la investigación de la eficiencia de remoción están dentro del rango de este tipo de plantas en proceso de depuración de las aguas residuales.

#### 4.4.2. Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

Figura 13

*Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno*



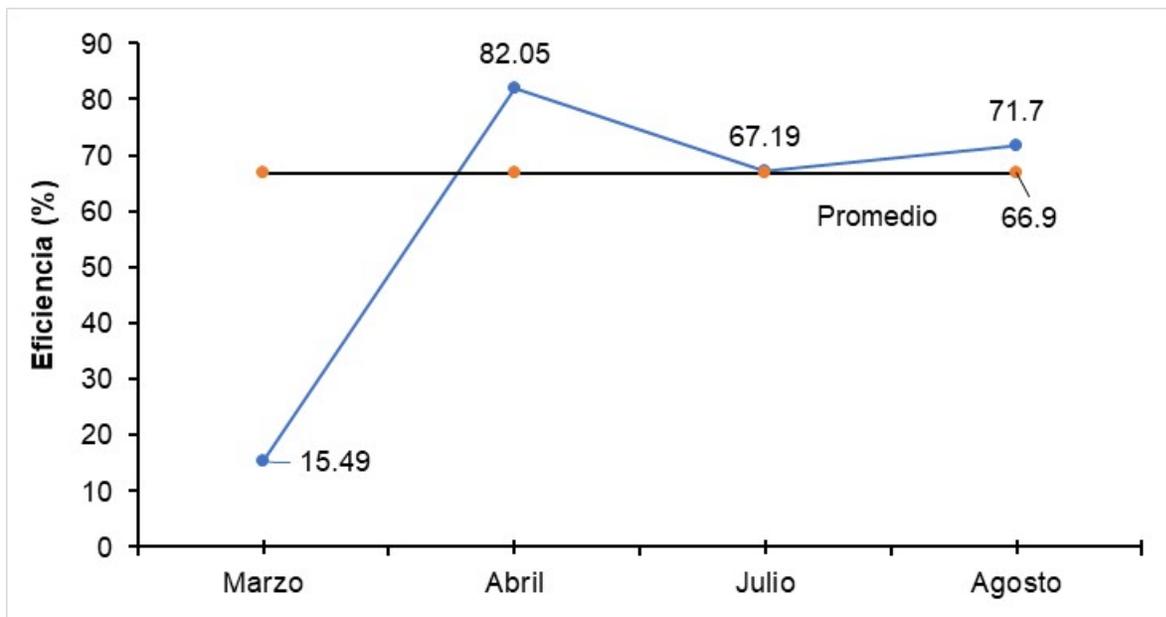
La eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno se puede observar en la figura 13, donde se aprecia que en la temporada de precipitación la eficiencia de remoción fue de 15.7% en marzo y 81.9% en abril, mientras que en la temporada de estiaje fue de 67.3% en julio y 73.1% en agosto, de los cuales se puede apreciar que el mayor porcentaje de eficiencia fue determinado en abril (86.3%) y la menor eficiencia fue en Marzo (15.7%). Además, la eficiencia de remoción promedio de las 4 fechas de muestreo fue de 67.8%, valor diferente al obtenido por Apaza (2021), Lavagnino (2016) y Núñez (2019) con 34.7% - 50% - 23.2% respectivamente, y similares al obtenido por Arbaiza (2021) y Del villar (2010) con 75.2% - 65% respectivamente, Según SUNASS (2015), la ineficiente remoción de contaminantes en las

plantas de tratamiento de aguas residuales se debe al mal diseño del tren de tratamiento, deterioro de las plantas o en otros casos la falta de asignación de recursos por parte de las municipalidad o empresas prestadoras para la operación y mantenimiento de estas plantas. El resultado de eficiencia de remoción del parámetro se atribuye a la significativa capacidad de autodepuración de la PTAR José María Arguedas, ya que según Arbaiza (2021) un PTAR que cuenta con un tratamiento primario y secundario debe remover entre 60% a 99% de DBO, además según la norma técnica de edificación OS.090 (2006) señala que la eficiencia de remoción de la DBO debe encontrarse entre 50 a 90% , es así que la eficiencia de remoción de este parámetro está dentro de ese rango de valores y cumple la norma antes mencionada.

#### **4.4.3. Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno**

**Figura 14**

*Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno*



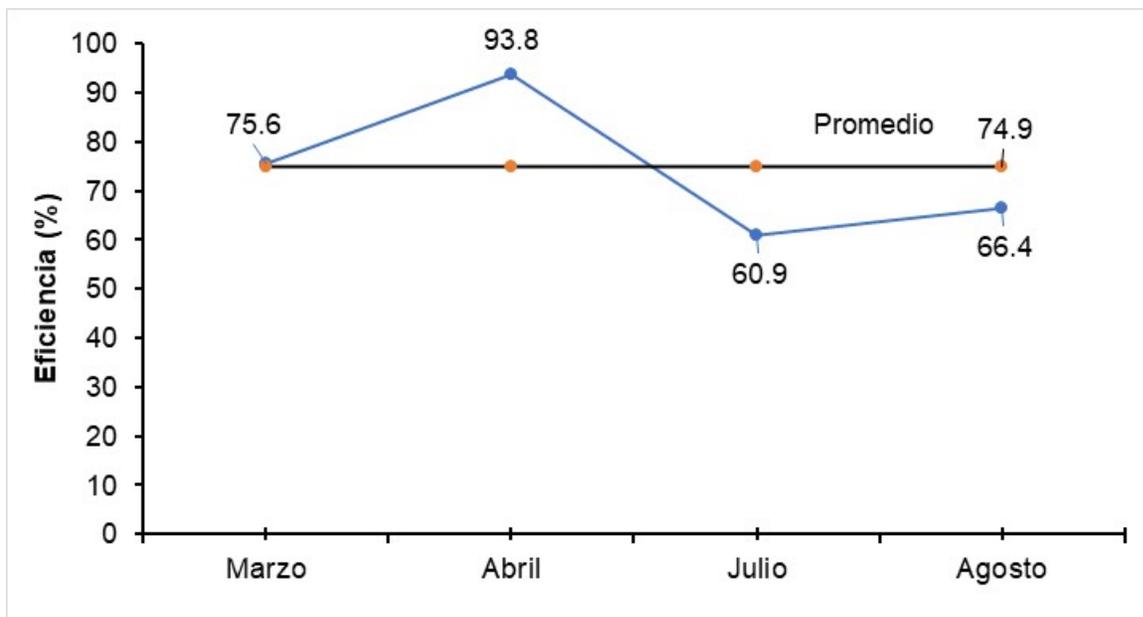
La eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno se puede observar en la Figura 14, donde se aprecia que en la temporada de precipitación la eficiencia de remoción fue de 15.49% en marzo y 82.05% en abril, mientras que en la temporada de estiaje fue de 67.19% en julio y 71.7% en agosto, de los cuales se puede apreciar que el mayor porcentaje de eficiencia

fue determinado en abril (82.05%) y la menor eficiencia fue en Marzo (15.49%). Además, la eficiencia de remoción promedio de las 4 fechas de muestreo fue de 66.9%, valor diferente al obtenido por Apaza (2021), Lavagnino (2016) y Núñez (2019) con 34.3% - 53% - 27.6% respectivamente, y similares al obtenido por Arbaiza (2021) y Quispe (2019) con 75.3% - 69.8% respectivamente. Este resultado de eficiencia se atribuye a la significativa capacidad de autodepuración de la PTAR José María Arguedas, ya que según Arbaiza (2021) un PTAR que cuenta con un tratamiento primario y secundario debe remover entre 60% a 99% de DQO, por otro lado, se puede afirmar que la PTAR del Distrito José María Arguedas es eficiente en la remoción de la DQO debido al poco tiempo de uso de la PTAR y no supera su caudal de diseño máximo.

#### 4.4.4. Eficiencia de remoción de aceites y grasas

Figura 15

*Eficiencia de remoción de aceites y grasas*



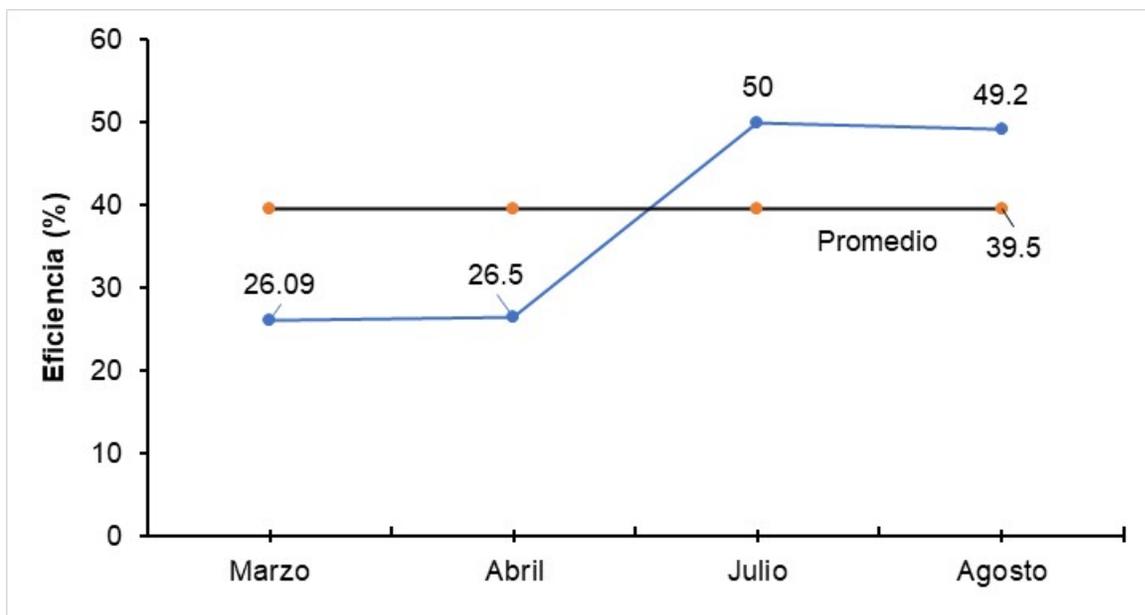
La eficiencia de remoción de los aceites y grasas se puede observar en la Figura 15, donde se aprecia que en la temporada de precipitación la eficiencia de remoción fue de 75.6% en marzo y 93.8% en abril, mientras que en la temporada de estiaje fue de 60.9% en julio y 66.4%

en agosto, de los cuales se puede apreciar que el mayor porcentaje de eficiencia fue determinado en abril (93.8%) y la menor eficiencia fue en julio (60.9%). Además, la eficiencia de remoción promedio de las 4 fechas de muestreo fue de 74.9%, valores similares al obtenido por Montenegro (2016), Núñez (2019), Micha y Rojas (2019) con 72.5% - 82.2% - 85.1% respectivamente, mientras Arbaiza (2019) y Apaza (2021) reportaron valores entre 90.5% y 94.4% respectivamente, los cuales son superiores al encontrado en la investigación, por otro lado Toro (2022) en su investigación encontró 41.9% de eficiencia de remoción, lo cual indica que la PTAR es ineficiente en la remoción de este parámetro y difieren con los resultados encontrados en la investigación. Este resultado de eficiencia se atribuye a la significativa capacidad de autodepuración de la PTAR José María Arguedas con respecto al parámetro estudiado. Este resultado evidencia la eficiencia de remoción de los SST, DBO, DQO, ya que la mínima concentración de los aceites y grasas permite la penetración de la luz solar en el agua residual y favorece la degradación de la materia orgánica en la PTAR (Martínez y Guzmán, 2003).

#### 4.4.5. Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes

Figura 16

*Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes*



La eficiencia de remoción de los coliformes termotolerantes se puede observar en la Figura 16, donde se aprecia que en la temporada de precipitación la eficiencia de remoción fue de 26.09% en marzo y 26.5% en abril, mientras que en la temporada de estiaje fue de 50.0% en julio y 49.2% en agosto, de los cuales se puede apreciar que el mayor porcentaje de eficiencia fue determinado en julio (50.0%) y la menor eficiencia fue en marzo (26.09%). Además, la eficiencia de remoción promedio de las 4 fechas de muestreo fue de 39.5%, valores diferentes al obtenido por Arbaiza (2019) y Apaza (2021) con 99.9% y 99.1% respectivamente, los cuales son superiores al encontrado en la investigación. Por otro lado, independientemente de la ineficiencia de remoción de los coliformes termotolerantes, los valores reportados en el afluente de la PTAR cumplen con los Límites Máximos Permisibles. Por su parte Guillermo (2011) afirma que bajas concentraciones de coliformes, hacen presumir que las plantas de tratamiento de aguas residuales remueven bien los microorganismos patógenos.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Se evaluó que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del Distrito José María Arguedas es eficiente en la remoción sólidos suspendidos (79.5%), demanda bioquímica de oxígeno (67.8%), demanda química de oxígeno (66.9%) y aceites y grasas (74.9%), valores aceptables para este tipo de tratamiento de aguas residuales según la norma OS.090 (Plantas de tratamiento de aguas residuales). Por otro lado, la PTAR es ineficiente en la remoción de coliformes termotolerantes (39.5%), pero independientemente de la ineficiencia los efluentes cumplen con los límites máximos permisibles.

Los parámetros físicos de la PTAR, como los sólidos suspendidos reporto valor promedio de 85.5 mg/L en el afluente y 17.5 mg/L en el efluente, lo cual indica que hay remoción de este parámetro en la PTAR, mientras que la temperatura reporto valor promedio de 15.1 °C en el afluente y 15.5 °C en el efluente, lo cual indica que la temperatura de las aguas residuales se incrementa en 0.4 °C a medida que fluye por el sistema de tratamiento de la PTAR. Al comparar los resultados obtenidos en el efluente de la PTAR con los límites máximos permisibles, vemos que los sólidos suspendidos y temperatura cumplen con lo que indica el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Los parámetros químicos de la PTAR, como la demanda bioquímica de oxígeno reporto valor promedio de 58mg/L en el afluente y 18.7 mg/L en el efluente, la demanda química de oxígeno reporto valor promedio de 139.9 mg/L en el afluente y 46.3 mg/L en el efluente, los aceites y grasas reporto valor promedio de 11.9 mg/L en el afluente y 3 mg/L en el efluente, los cuales indican que hay remoción de significativa de estos parámetros de control en la PTAR, mientras que el pH reporto valor promedio de 6.7 en el afluente y efluente, lo cual indica que el pH de las aguas residuales no varía en el PTAR. Al comparar los resultados obtenidos en el efluente de la PTAR con los límites máximos permisibles, vemos que la DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, aceites y grasas cumplen con el decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

Los parámetros microbiológicos de la PTAR, como los coliformes termotolerantes reporto valor promedio de 10125 NMP/100 mL en el afluente y 6125 NML/ 100mL en el efluente, lo cual indica que hay remoción significativa de este parámetro de control en la PTAR. Al comparar este resultado obtenido en el efluente de la PTAR con los límites máximos permisibles, vemos que cumple con el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios sobre la depuración de la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno en los componentes del PTAR.
2. Evaluar la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales en cada componente de la PTAR.
3. Evaluar la calidad del agua residual tratada en la PTAR y sus fines como riego para la agricultura.
4. Se recomienda realizar estudio en la PTAR sobre remoción de sustancias emergentes.
5. A la municipalidad distrital de José María Arguedas (MDJMA) deberá implementar el plan de manejo de la planta de tratamiento de las aguas residuales a fin de garantizar el buen funcionamiento de este, como también la limpieza de los alrededores de la PTAR.
6. A la MDJMA deberá realizar el muestreo periódico de las aguas residuales en el efluente a fin de tener en conocimiento y mantener el registro para la evaluación del mismo.
7. A la MDJMA recomendarles desarrollar capacitaciones a los usuarios domésticos y no domésticos, con el objetivo de minimizar el vertimiento de sólidos de gran tamaño y mantener la vida útil de la PTAR.
8. A la MDJMA realizar capacitaciones periódicas al personal que opera la PTAR sobre el mantenimiento y limpieza de los componente o unidades de tratamiento, con la finalidad de mejorar el funcionamiento y su eficiencia de remoción de la PTAR.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, C. R., & Fernández, M. E. (2014). Tratamiento de las aguas residuales de la cervecera de los andes "Yungueña" a nivel laboratorio. *Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.*
- ANA. (2019). Ley N° 29338: Ley de recursos hídricos. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/228/ANA0000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Apaza, R. A. (2021). Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito San José provincia de Azángaro. *Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.*
- Arbaiza, J. (2021). Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales de Japelacio 2019. *Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Perú.*
- Auccatinco, H. R. (2021). Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia de Quispicanchi-Cusco. *Tesis de Licenciatura, Universidad Continental, Cusco, Perú.*
- Ayala, F. R., & Gonzales, M. G. (2008). Apoyo didactico en la enseñanza - aprendizaje de la asignatura de las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.* <https://es.slideshare.net/JhonStalinCastilloArmijos/apoyo-didactico-libro-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>.
- CAN. (2005). Manual de estadísticas ambientales. *Comunidad Andina.* [http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG\\_REG\\_EMAB\\_VII\\_dt%204.pdf](http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG_REG_EMAB_VII_dt%204.pdf).

- Cárdenas, A. (2005). Calidad de agua para estudiantes de ciencias ambientales. *Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Córdas, Córdas, Colombia.*
- Correa, R. G., Cuervo, F. H., Mejía, R. R., & A, N. (2012). Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fe de Antioquía, Colombia. *Revista Producción + Limpia, 7(2), 36–51.* <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a04.pdf>.
- Cortina, D. C., & Márquez, O. R. (2008). Alternativas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil. *Instituto Politécnico Nacional. México.*
- Del Villar, A. (2010). Guía de tratamientos avanzados de aguas residuales urbanas. [https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/guia\\_tratamientos\\_avanzados.pdf](https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/guia_tratamientos_avanzados.pdf).
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. *Centro andino para gestion y uso de agua.*
- Deloya, M. A. (2006). Métodos de análisis físico y espectrofométricos para el análisis de las aguas residuales. *Tecnología en Marcha, Vol. 19-2.*
- Díaz, F. J. (2018). Control de los parámetros de funcionamiento de la planta de tratamiento San José de los efluentes domésticos con la finalidad de optimizar su funcionamiento, en la empresa minera Pan American Silver S.A.C, Unidad Operativa Huarón. *Tesis de Bachillerato, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.*
- DIGESA. (2007). Protocolos de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf).
- Espinoza, R. (2010). Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores. *Tesis de Maestría, Universidad de Piura, Piura, Perú.*

- Febles, P. J., & Hoogesteijn, A. (2010). Evaluación preliminar de la eficiencia en las lagunas de oxidación de la ciudad de Merida, Yucatán. *Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Mexico*. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46715068006.pdf>.
- García, J. (2004). "Are bacterial removal efficiencies enhanced by plants? An experimental study using *Scirpus lacustris*" en Memoria del Congreso de Ingeniería Ambiental, Avignon.
- Guillermo, R. K. (2011). Calidad de aguas residuales del tratamiento primario en pozas de oxidación de distrito de Viques-Huancayo. *Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú*.
- Harvey, D. (2002). Reseña del libro de química analítica. España: McGraw-Hill / Interamericana De España, S.A.
- Hidalgo, S., & Mejía, Á. (2010). Diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas, cuenca baja de la quebrada La Macana, San Antonio de Prado. *Informe Técnico. Municipio de Medellín, Colombia*. <http://biblioteca.digital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1304/1/ContaminacionAguasResidualesDomesticas.pdf>, .
- Higuera, S. C., & Puentes, I. J. (2017). Formulación de parámetros de optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Tena. *Tesis de Licenciatura, Universidad Libre, Bogotá, Colombia*.
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrological approach to quantitative morphology. *Bull Geol Soc of America*, 56, 275-370.
- Humanante, J., Moreno, L., Endara, A., Saldoya, R., & Suárez, J. (2022). Eficiencia de remoción e impactos del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena. *Manglar* 19(2): 177-187.
- Larrea, M. J., Rojas, B. M., Romeu, Á. B., Rojas H, N. M., & Heydrich, P. M. (2013). Bacterias indicadoras de la contaminación fecal en la evaluación de calidad de aguas: revisión de literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34.

- Lavagnino, H. (2016). Eficiencia en la remoción de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad Rafael Landívar, Campus central. *Tesis de Licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Guatemala.*
- Leizica, J. (2014). Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes domiciliarios de la localidad de Toay, La Pampa, Argentina. *Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Pampa, Pampa, Argentina.* [https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/2179/x\\_leieva706.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/2179/x_leieva706.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Martínez, A., & Guzmán, N. (2003). Estudio y evaluación de las lagunas de estabilización como tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Base militar No. 10 de Jutiapa, Colonia militar de Jutiapa, Base aérea del sur en Retalhuleu y Escuela politécnica en San Juan Sacatepéquez. *Tesis de Maestría, Guatemala.*
- Matsumoto, T., & Sánchez, O. I. (2010). Eficiencia del tratamiento de aguas residuales por lagunas facultativas e implicaciones en la salud pública. *Revista centro de estudios en salud, 12(1), 65-67.*
- Metcalf , & Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Madrid: McGraw-Hill.
- Micha, T. E., & Rojas, V. E. (2019). Determinación de la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales de la planta encañada del periodo abril-agosto 2018. *Tesis de Licenciatura, Universidad privada del norte, La Libertad, Perú.*
- MINAGRI. (2017). El sistema nacional de recursos hídricos. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/05/5.-Jaime-Gutierrez-ANA.pdf>.
- MINAM. (2005). Ley General del Medio Ambiente- Ley N°28611. *Diario el Peruano.*
- MINAM. (2010). Decreto supremo N° 003-2010-MINAM: Aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. *Diario el Peruano.*

- MINAM. (2017). Decreto supremo N° 004-2017-MINAM: Aprueban estandar de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias. *Diario el Peruano*.
- Montenegro, J. J. (2016). Eficiencia de la planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas del distrito el Parco, Bagua, Amazonas, abril-octubre 2013. *Tesis de Maestría, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Perú*.
- MVCS. (2006). Norma OS.090: Planta de tratamiento de aguas residuales. *Diario el Peruano*. <https://es.slideshare.net/solrenda/norma-os-090pdf>.
- MVCS. (2013). Resolución ministerial N° 273-Vivienda: Protocolos de Monitoreo de la Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales-PTAR. *Diario el Peruano*.
- Noyola, A., Morgan, J., & Guereca, L. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015, Vol. 1*. [https://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia\\_Aguas\\_Residuales.pdf](https://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf).
- Núñez, M. (2019). Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba-Cajamarca. *Tesis de Doctorado, Universidad nacional de Cajamarca, Perú*.
- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. 2-36. Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827).
- OMS. (2005). Manual de bioseguridad en laboratorios. <https://santafe.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/102/2016/06/OMS-CLASIFICACION-DE-MICROORGANISMOS-SEGUN-RIESGO.pdf>.
- Ortega, O. (2018). Uso de trampas de aceites y grasas para efluentes no domésticos de los establecimientos comerciales y de servicios en Tingo María. Informe final de prácticas preprofesionales. Perú.
- Pedroza, G. E. (2001). Canal Parshall. Serie autodidáctica de medición. *Instituto Mexicano de tecnología del agua (IMTA), Morelos, México*. [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/IMTA\\_063.pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/IMTA_063.pdf).

- Pineda, L. (2017). Diagnóstico de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Tunja - Boyacá. *Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.*
- Quispe, F. (2019). Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la reducción de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno en Celendín - Cajamarca. *Tesis de Bachillerato, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.*
- Racchumí, L. K. (2014). Determinación del grado de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Segunda de Jerusalen-Rioja 2014. *Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.*
- Rodríguez, Q. J., Gaviria, S. L., & Ruiz, Q. R. (2021). Estrategia de control frente a la exposición laboral al ácido sulfhídrico en la Central Paraíso del grupo Enel - Emgesa. *Tesis de Licenciatura, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá.*  
[https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13996/1/TE.RLA\\_RodriguezJackeline-GaviriaLiliana-RuizRocio\\_2021.](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13996/1/TE.RLA_RodriguezJackeline-GaviriaLiliana-RuizRocio_2021)
- Romero, R. ,. (2010). Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. [https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento\\_de\\_Aguas\\_Residuales\\_Romero\\_Rojas.](https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_Rojas)
- Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de investigación, las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas. *Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p., Mexico.*
- SENAMHI. (2021). Climas del Perú: mapa de clasificación climática nacional. Péru: Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021-09410 | ISBN: 978-612-48315-3-9.
- SINIA. (2009). Tratamiento y reuso de aguas residuales. *Guía/Manual: Manual de municipios ecoeficientes.*  
[file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/15\\_manual\\_para\\_municipios\\_ecoeficientes.pdf.](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/15_manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf)

- SUNASS. (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2018). Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento. Segunda edición. *Instituto Federal de Ciencia y Tecnología Acuáticas (Eawag), Dübendorf, Suiza*.
- Toro, V. (2022). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Qisapincha, Cantón Ambato, provincia de Tugurahua. *Tesis de Licenciatura, Universidad técnica de ambato, Ecuador*.
- Torres, I. (2016). Propuesta de mejoramiento de las operaciones en la planta de tratamiento de agua residual en el municipio de la calera. *Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Colombia, Cundinamarca, Colombia*.
- Trapote, A. (2011). Depuración de aguas residuales urbanas. *Revista Internacional Journal*. <https://www.e-buc.com/portades/9788497172646>.
- Zamora, I., & Calixto, L. (2021). Metodología de investigación para la tesis. <https://www.scribd.com/document/521185904/Metodologia-de-La-Investigacion-Cientifica-Para-Tesis-2021-1>.

## ANEXOS

### Anexo 1 Resultados de análisis de las muestras

#### Anexo1.1. Resultados del primer muestreo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-4450

N° Id.: 0000072638

#### IV. RESULTADOS

ITEM		1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-23-12927	M-23-12928
CÓDIGO DEL CLIENTE:		ENTRADA DE LA PTAR 1A	SALIDA DE LA PTAR 1E
COORDENADAS:		E:0676643	E:0676261
UTM WGS 84:		N:8481700	N:8481204
PRODUCTO:		Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:		Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :		16-03-2023 15:30	16-03-2023 15:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	Resultado	Incertidumbre	Resultado	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	24,9	4,4	21,0	4,03
Aceites y Grasas (*)	mg/L	1,40	5,00	4,10	0,6	1,00	0,1
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	79,0	6,04	25,0	2,2
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	66,5	3	56,2	2,5

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

\*: No ensayado

NA: No Aplica

La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.

Código Interno seguridad : 0000072638

# GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC

Dirección de Salud Apurímac II – Andahuaylas

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

## DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

### I. CERTIFICADO MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA INFORME DE ENSAYO N° 156/03/2023

#### 1.1 DATOS GENERALES:

REGIÓN : Apurímac  
PROVINCIA : Andahuaylas  
DISTRITO : José María Arguedas  
CENTRO POBLADO : Huancabamba  
PUNTO DE MUESTREO : Entrada de la PTAR- 1A  
UTM- ESTE : 676643  
UTM- NORTE : 8481700

#### 1.2 DATOS DEL PRODUCTO:

PRODUCTO : Agua Residual Doméstica  
FECHA DE MUESTREO : 15/03/2023  
FECHA DE INGRESO : 15/03/2023  
MATERIAL DE ENVASE DE MUESTREO : Bidones de 4 Lts, Botellas de Polietileno x 1Lt. 1 botella de vidrio x 500 ml y 250 ml.  
MATERIAL PARA TRASLADO : Cooler con gel refrigerante  
INICIO DE ENSAYO : 15/03/2023  
TÉRMINO DE ENSAYO : 17/03/2023  
MUESTREADOR : Jayo Edilecto Rojas Pocco  
SOLICITANTE/PROYECTO : Jayo Edilecto Rojas Pocco

#### 1.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL MUESTREO

##### 1.3.1 NORMA DE MUESTREO:

- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (RM N°273-2013- Vivienda).

#### 1.4 RESULTADOS.

##### 1.4.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:

DETERMINACIONES	LIMITE DE DETECCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Bacterias coliformes Termotolerantes	10,000	NMP/100 ml a 44.5°C	9,200	Cumple

#### 1.5 CONCLUSIONES.

Los resultados del informe N.º 156/03/2023, De los ensayos microbiológicos practicados a la muestra de agua residual doméstica **CUMPLEN** Con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.

### II. CERTIFICADO FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	CONCLUSIÓN
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	6.9	Cumple
Temperatura	C°		19.3	Cumple

#### 2.1 METODOS DE ENSAYO UTILIZADO:

ENSAYO	REFERENCIA O NORMA
Numeración de Coliformes termotolerantes	SME- WW-APHA-AWWA-WEP Part 9221E. 23nd2017 Multiple- tube fermentation technique for members of the coliform grupo fecal Coliform procedure. 1. Thermotoler and coliform test (ec. medium).
Determinación de Ph	Standard Methods for the Examination of water and wastewater.
Determinación de Temperatura	ASTM. Designation E-77, " Standar Test Methods for inspection and verification of Liquid – In – glass temometers"

#### 2.2 CONCLUSIONES:

La muestra puntual de agua residual doméstica analizada en los parámetros físicos Químicos **CUMPLEN** con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.



GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC  
DIRECCIÓN DE SALUD APURÍMAC II  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

*Bigo. Julian Palomino Guillen.*  
C. R. M. 2020  
COORDINADOR LABORATORIO - DESA



# GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC

Dirección de Salud Apurímac II - Andahuaylas

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

## DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

### I CERTIFICADO MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA INFORME DE ENSAYO N° 157/03/2023

#### 1.1 DATOS GENERALES:

REGIÓN : Apurímac  
PROVINCIA : Andahuaylas  
DISTRITO : José María Arguedas  
CENTRO POBLADO : Huancabamba  
PUNTO DE MUESTREO : Salida de la PTAR- 1E  
UTM- ESTE : 676261  
UTM- NORTE : 8481204

#### 1.2 DATOS DEL PRODUCTO:

PRODUCTO : Agua Residual Doméstica  
FECHA DE MUESTREO : 15/03/2023  
FECHA DE INGRESO : 15/03/2023  
MATERIAL DE ENVASE DE MUESTREO : Bidones de 4 Lts, Botellas de Polietileno x 1Lt. 1 botella de vidrio x 500 ml y 250 ml.  
MATERIAL PARA TRASLADO : Cooler con gel refrigerante  
INICIO DE ENSAYO : 15/03/2023  
TÉRMINO DE ENSAYO : 17/03/2023  
MUESTREADOR : Jayo Edilecto Rojas Pocco  
SOLICITANTE/PROYECTO : Jayo Edilecto Rojas Pocco

#### 1.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL MUESTREO

##### 1.3.1 NORMA DE MUESTREO:

- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (RM N°273-2013- Vivienda).

#### 1.4 RESULTADOS.

##### 1.4.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:

DETERMINACIONES	LIMITE DE DETECCION	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Bacterias Coliformes Termotolerantes	10,000	NMP/100 ml a 44.5°C	6,800	Cumple

#### 1.5 CONCLUSIONES.

Los resultados del informe N.º 156/03/2023, De los ensayos microbiológicos practicados a la muestra de agua residual doméstica CUMPLEN Con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.

### II. CERTIFICADO FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	CONCLUSION
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	6.9	Cumple
Temperatura	C°		19.1	Cumple

#### 2.1 METODOS DE ENSAYO UTILIZADO:

ENSAYO	REFERENCIA O NORMA
Numeración de Coliformes termotolerantes	SME- WW-APHA-AWWA-WEP Part 9221E. 23rd2017 Multiple- tube fermentation technique for members of the coliform grupo fecal Coliform procedure. 1. Thermotoler and coliform test (ec. medium).

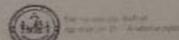
#### 2.2 CONCLUSIONES:

La muestra puntual de agua residual doméstica analizada en los parámetros físicos Químicos CUMPLEN con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.



GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC  
DIRECCIÓN DE SALUD APURÍMAC  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

Bigo. Julian Palomino Gu  
C.I. N° 8550  
COORDINADOR LABORATORIO DES.



## Anexo 1.2. Resultados del segundo muestreo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-6625

N° Id.: 000074813

#### IV. RESULTADOS

ITEM		1	2				
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-23-18630	M-23-18631				
CÓDIGO DEL CLIENTE:		ENTRADA DE LA PTAR 2A	SALIDA DE LA PTAR 3E				
COORDENADAS:		E:0676643	E:0676261				
UTM WGS 84:		N:8481700	N:8481204				
PRODUCTO:		Agua Residual	Agua Residual				
SUB PRODUCTO:		Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO :		13-04-2023 10:00	13-04-2023 10:15				
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	Resultado	Incertidumbre	Resultado	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	74,8	9,8	13,5	3,2
Aceites y Grasas (*)	mg/L	1,40	5,00	16,10	2,4	1,00	0,1
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	60,0	4,7	16,0	1,6
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	180,0	8,1	32,3	1,4

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

\*-: No ensayado

NA: No Aplica

La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.

Código Interno seguridad : 000074813

# GOBIERNO REGIONAL DE APURIMAC

Dirección de Salud Apurimac II - Andahuaylas

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

## DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

### I CERTIFICADO MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA INFORME DE ENSAYO N° 158/04/2023

#### 1.1 DATOS GENERALES:

REGIÓN : Apurimac  
PROVINCIA : Andahuaylas  
DISTRITO : José María Arguedas  
CENTRO POBLADO : Huancabamba  
PUNTO DE MUESTREO : Entrada de la PTAR- 2 A  
UTM- ESTE : 676643  
UTM- NORTE : 8481700

#### 1.2 DATOS DEL PRODUCTO:

PRODUCTO : Agua Residual Doméstica  
FECHA DE MUESTREO : 13/04/2023  
FECHA DE INGRESO : 13/04/2023  
MATERIAL DE ENVASE DE MUESTREO : Bidones de 4 Lts, Botellas de Polietileno x 1Lt. 1 botella de vidrio x 500 ml y 250 ml.  
MATERIAL PARA TRASLADO : Cooler con gel refrigerante  
INICIO DE ENSAYO : 13/04/2023  
TÉRMINO DE ENSAYO : 15/04/2023  
MUESTREADOR : Jayo Edilecto Rojas Pocco  
SOLICITANTE/PROYECTO : Jayo Edilecto Rojas Pocco

#### 1.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL MUESTREO

##### 1.3.1 NORMA DE MUESTREO:

- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (RM N°273-2013- Vivienda).

#### 1.4 RESULTADOS.

##### 1.4.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:

DETERMINACIONES	LIMITE DE DETECCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Bacterias coliformes Termotolerantes	10,000	NMP/100 ml a 44.5°C	8,300	Cumple

#### 1.5 CONCLUSIONES.

Los resultados del informe N.º 156/03/2023, De los ensayos microbiológicos practicados a la muestra de agua residual doméstica **CUMPLEN** Con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.

### II. CERTIFICADO FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	CONCLUSIÓN
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	6.9	Cumple
Temperatura	C°		19.2	Cumple

#### 2.1 METODOS DE ENSAYO UTILIZADO:

ENSAYO	REFERENCIA O NORMA
Numeración de Coliformes termotolerantes	SME- WW-APHA-AWWA-WEP Part 9221E. 23nd2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform grupo fecal Coliform procedure. 1. Thermotoler and coliform test (ec. medium)
Determinación de Ph	Standard Methods for the Examination of water and wastewater.
Determinación de Temperatura	ASTM. Designation E-77, " Standar Test Methods for inspection and verification of Liquid – in – glass thermometers"

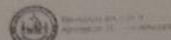
#### 2.2 CONCLUSIONES:

La muestra puntual de agua residual doméstica analizada en los parámetros físicos Químicos **CUMPLEN** con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.



GOBIERNO REGIONAL DE APURIMAC  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

Bigo. Julian Palomino Guillot  
C.B.P. 8580  
COORDINADOR LABORATORIO



# GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC

Dirección de Salud Apurímac II – Andahuaylas



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

## DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

### I CERTIFICADO MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA INFORME DE ENSAYO N° 159/04/2023

#### 1.1 DATOS GENERALES:

REGIÓN : Apurímac  
PROVINCIA : Andahuaylas  
DISTRITO : José María Arguedas  
CENTRO POBLADO : Huancabamba  
PUNTO DE MUESTREO : Salida de la PTAR- 2E  
UTM- ESTE : 676261  
UTM- NORTE : 8481204

#### 1.2 DATOS DEL PRODUCTO:

PRODUCTO : Agua Residual Doméstica  
FECHA DE MUESTREO : 13/04/2023  
FECHA DE INGRESO : 13/04/2023  
MATERIAL DE ENVASE DE MUESTREO : Bidones de 4 Lts, Botellas de Polietileno x 1Lt. 1 botella de vidrio x 500 ml y 250 ml.  
MATERIAL PARA TRASLADO : Cooler con gel refrigerante  
INICIO DE ENSAYO : 13/04/2023  
TÉRMINO DE ENSAYO : 15/04/2023  
MUESTREADOR : Jayo Edilecto Rojas Pocco  
SOLICITANTE/PROYECTO : Jayo Edilecto Rojas Pocco

#### 1.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL MUESTREO

##### 1.3.1 NORMA DE MUESTREO:

- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (RM N°273-2013- Vivienda).

#### 1.4 RESULTADOS.

##### 1.4.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:

DETERMINACIONES	LIMITE DE DETECCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Bacterias Coliformes Termotolerantes	10,000	NMP/100 ml a 44.5°C	6,100	Cumple

#### 1.5 CONCLUSIONES.

Los resultados del informe N.º 156/03/2023, De los ensayos microbiológicos practicados a la muestra de agua residual doméstica **CUMPLEN** Con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.

### II. CERTIFICADO FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	CONCLUSIÓN
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	6.8	Cumple
Temperatura	C°		19.1	Cumple

#### 2.1 METODOS DE ENSAYO UTILIZADO:

ENSAYO	REFERENCIA O NORMA
Numeración de Coliformes termotolerantes	SME- WW-APHA-AWWA-WEP Part 9221E. 23nd2017 Multiple- tube fermentation technique for members of the coliform grupo fecal Coliform procedure. 1. Thermotoler and coliform test (ec. medium).

#### 2.2 CONCLUSIONES:

La muestra puntual de agua residual doméstica analizada en los parámetros físicos Químicos **CUMPLEN** con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.



GOBIERNO REGIONAL DE APURIMAC  
DIRECCIÓN DE SALUD APURIMAC II  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

*Bigo. Julian Palomino Gutierrez*  
C.B.F. 5050  
COORDINADOR LABORATORIO - DESA



### Anexo 1.3. Resultados del tercer muestreo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-13732

N° Id.: 0000081920

### IV. RESULTADOS

ITEM		1	2				
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-23-43522	M-23-43523				
CÓDIGO DEL CLIENTE:		ENTRADA DE LAPTAR 3A	SALIDA DE LA PTAR 3E				
COORDENADAS:		E:0676643	E:0676261				
UTM WGS 84:		N:8481700	N:8481204				
PRODUCTO:		Agua Residual	Agua Residual				
SUB PRODUCTO:		Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO :		06-07-2023 10:15	06-07-2023 10:30				
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	Resultado	Incertidumbre	Resultado	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	80,3	10,5	26,3	4,6
Aceites y Grasas (*)	mg/L	1,40	5,00	12,80	1,9	<5,00	NA
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	96,0	7,3	13,2	1,4
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	176,5	7,9	57,9	2,6

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

\*-: No ensayado

NA: No Aplica

La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.

Código Interno seguridad : 0000081920

**GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC**  
 Dirección de Salud Apurímac II - Andahuaylas

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

**DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL**

**I CERTIFICADO MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA**  
**INFORME DE ENSAYO N° 160/07/2023**

**1.1 DATOS GENERALES:**

REGIÓN : Apurímac  
 PROVINCIA : Andahuaylas  
 DISTRITO : José María Arguedas  
 CENTRO POBLADO : Huancabamba  
 PUNTO DE MUESTREO : Entrada de la PTAR- 3 A  
 UTM- ESTE : 676643  
 UTM- NORTE : 8481700

**1.2 DATOS DEL PRODUCTO:**

PRODUCTO : Agua Residual Doméstica  
 FECHA DE MUESTREO : 06/07/2023  
 FECHA DE INGRESO : 06/07/2023  
 MATERIAL DE ENVASE DE MUESTREO : Bidones de 4 Lts, Botellas de Polietileno x 1Lt. 1 botella de vidrio x 500 ml y 250 ml.  
 MATERIAL PARA TRASLADO : Cooler con gel refrigerante  
 INICIO DE ENSAYO : 06/07/2023  
 TÉRMINO DE ENSAYO : 08/07/2023  
 MUESTREADOR : Jayo Edilecto Rojas Pocco  
 SOLICITANTE/PROYECTO : Jayo Edilecto Rojas Pocco

**1.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL MUESTREO**

**1.3.1 NORMA DE MUESTREO:**

- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (RM N°273-2013- Vivienda).

**1.4 RESULTADOS.**

**1.4.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:**

DETERMINACIONES	LIMITE DE DETECCION	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Bacterias coliformes Termotolerantes	10,000	NMP/100 ml a 44.5°C	11000	No Cumple

**1.5 CONCLUSIONES.**

Los resultados del informe N° 156/03/2023, De los ensayos microbiológicos practicados a la muestra de agua residual doméstica **NO CUMPLEN** Con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.

**II. CERTIFICADO FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA**

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	CONCLUSION
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	6.7	Cumple
Temperatura	C°		19.5	Cumple

**2.1 METODOS DE ENSAYO UTILIZADO:**

ENSAYO	REFERENCIA O NORMA
Numeración de Coliformes termotolerantes	SME- WW-APHA-AWWA-WEP Part 9221E, 23rd2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform grupo fecal Coliform procedure. 1. Thermotoler and coliform test (ec. medium).
Determinación de Ph	Standard Methods for the Examination of water and wastewater.
Determinación de Temperatura	ASTM. Designation E-77, " Standar Test Methods for inspection and verification of Liquid – in – glass termometers"

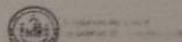
**2.2 CONCLUSIONES:**

La muestra puntual de agua residual doméstica analizada en los parámetros físicos Químicos **CUMPLEN** con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.



GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC  
 DIRECCIÓN DE SALUD APURÍMAC II  
 DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

**Bigo. Julian Palomino Gu:**  
 C.B.F. 6550  
 COORDINADOR LABORATORIO



**GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC**  
 Dirección de Salud Apurímac II – Andahuaylas

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

**DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL**

**I CERTIFICADO MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA**  
**INFORME DE ENSAYO N° 161/07/2023**

**1.1 DATOS GENERALES:**

REGIÓN : Apurímac  
 PROVINCIA : Andahuaylas  
 DISTRITO : José María Arguedas  
 CENTRO POBLADO : Huancabamba  
 PUNTO DE MUESTREO : Salida de la PTAR- 3 E  
 UTM- ESTE : 676261  
 UTM- NORTE : 8481204

**1.2 DATOS DEL PRODUCTO:**

PRODUCTO : Agua Residual Doméstica  
 FECHA DE MUESTREO : 06/07/2023  
 FECHA DE INGRESO : 06/07/2023  
 MATERIAL DE ENVASE DE MUESTREO : Bidones de 4 Lts, Botellas de Polietileno x 1Lt. 1 botella de vidrio x 500 ml y 250 ml.  
 MATERIAL PARA TRASLADO : Cooler con gel refrigerante  
 INICIO DE ENSAYO : 06/07/2023  
 TÉRMINO DE ENSAYO : 08/07/2023  
 MUESTREADOR : Jayo Edilecto Rojas Pocco  
 SOLICITANTE/PROYECTO : Jayo Edilecto Rojas Pocco

**1.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL MUESTREO**

**1.3.1 NORMA DE MUESTREO:**

- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (RM N°273-2013- Vivienda).

**1.4 RESULTADOS.**

**1.4.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:**

DETERMINACIONES	LIMITE DE DETECCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Bacterias Coliformes Termotolerantes	10,000	NMP/100 ml a 44.5°C	5,500	Cumple

**1.5 CONCLUSIONES.**

Los resultados del informe N.º 156/03/2023, De los ensayos microbiológicos practicados a la muestra de agua residual doméstica **CUMPLEN** Con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.

**II. CERTIFICADO FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA**

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	CONCLUSIÓN
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	6.8	Cumple
Temperatura	C°		19.1	Cumple

**2.1 METODOS DE ENSAYO UTILIZADO:**

ENSAYO	REFERENCIA O NORMA
Numeración de Coliformes termotolerantes	SME- WW-APHA-AWWA-WEP Part 9221E. 23rd2017 Multiple- tube fermentation technique for members of the coliform grupo fecal Coliform procedure. 1. Thermotoler and coliform test (ec. medium).

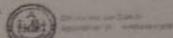
**2.2 CONCLUSIONES:**

La muestra puntual de agua residual doméstica analizada en los parámetros físicos Químicos **CUMPLEN** con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.



GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC  
 DIRECCIÓN DE SALUD APURÍMAC  
 DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

*Blgo. Julian Palomino Guill...*  
 C. E. P. 16590  
 COORDINADOR LABORATORIO - DESA



## Anexo 1.4. Resultados del cuarto muestreo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-16169

N° Id.: 0000084357

#### IV. RESULTADOS

ITEM		1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-23-51808	M-23-51809
CÓDIGO DEL CLIENTE:		ENTRADA DE LA PTAR 4A	SALIDA DE LA PTAR 4E
COORDENADAS:		E:0676643	E:0676261
UTM WGS 84:		N:8481700	N:8481204
PRODUCTO:		Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:		Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :		03-08-2023 10:15	03-08-2023 10:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	Resultado	Incertidumbre	Resultado	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	52,0	7,4	14,0	3,3
Aceites y Grasas (*)	mg/L	1,40	5,00	14,90	2,2	<5,00	NA
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	107,0	1,9	16,0	0,9
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	136,5	6,1	38,6	1,7

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

\*-: No ensayado

NA: No Aplica

La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.

Código Interno seguridad : 0000084357

# GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC

Dirección de Salud Apurímac II - Andahuaylas

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

## DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

### I CERTIFICADO MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA INFORME DE ENSAYO N° 162/08/2023

#### 1.1 DATOS GENERALES:

REGIÓN : Apurímac  
PROVINCIA : Andahuaylas  
DISTRITO : José María Arguedas  
CENTRO POBLADO : Huancabamba  
PUNTO DE MUESTREO : Entrada de la PTAR- 4 A  
UTM- ESTE : 676643  
UTM- NORTE : 8481700

#### 1.2 DATOS DEL PRODUCTO:

PRODUCTO : Agua Residual Doméstica  
FECHA DE MUESTREO : 03/08/2023  
FECHA DE INGRESO : 03/08/2023  
MATERIAL DE ENVASE DE MUESTREO : Bidones de 4 Lts, Botellas de Polietileno x 1Lt. 1 botella de vidrio x 500 ml y 250 ml.  
MATERIAL PARA TRASLADO : Cooler con gel refrigerante  
INICIO DE ENSAYO : 03/08/2023  
TÉRMINO DE ENSAYO : 05/08/2023  
MUESTRADOR : Jayo Edilecto Rojas Pocco  
SOLICITANTE/PROYECTO : Jayo Edilecto Rojas Pocco

#### 1.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL MUESTREO

##### 1.3.1 NORMA DE MUESTREO:

- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (RM N°273-2013- Vivienda).

#### 1.4 RESULTADOS.

##### 1.4.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:

DETERMINACIONES	LIMITE DE DETECCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Bacterias coliformes Termotolerantes	10,000	NMP/100 ml a 44.5°C	12,000	No Cumple

#### 1.5 CONCLUSIONES.

Los resultados del informe N° 156/03/2023, De los ensayos microbiológicos practicados a la muestra de agua residual doméstica **NO CUMPLEN** Con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.

### II. CERTIFICADO FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	CONCLUSIÓN
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	6.5	Cumple
Temperatura	C°		19.2	Cumple

#### 2.1 METODOS DE ENSAYO UTILIZADO:

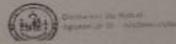
ENSAYO	REFERENCIA O NORMA
Numeración de Coliformes termotolerantes	SME- WW-APHA-AWWA-WEP Part 9221E. 23nd2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform grupo fecal Coliform procedure. 1. Thermotoler and coliform test (ec. medium).
Determinación de Ph	Standard Methods for the Examination of water and wastewater.
Determinación de Temperatura	ASTM. Designation E-77, " Standar Test Methods for inspection and verification of Liquid – in – glass termometers"

#### 2.2 CONCLUSIONES:

La muestra puntual de agua residual doméstica analizada en los parámetros físicos Químicos **CUMPLEN** con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.



GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC  
DIRECCIÓN DE SALUD APURÍMAC  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
Bigo. Julian Palomino Guill.  
C.B. P. 5550  
COORDINADOR LABORATORIO - DESP



GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC  
Dirección de Salud Apurímac II – Andahuaylas

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

I CERTIFICADO MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA  
INFORME DE ENSAYO N° 163/08/2023

1.1 DATOS GENERALES:

REGIÓN : Apurímac  
PROVINCIA : Andahuaylas  
DISTRITO : José María Arguedas  
CENTRO POBLADO : Huancabamba  
PUNTO DE MUESTREO : Salida de la PTAR- 4 E  
UTM- ESTE : 676261  
UTM- NORTE : 8481204

1.2 DATOS DEL PRODUCTO:

PRODUCTO : Agua Residual Doméstica  
FECHA DE MUESTREO : 03/08/2023  
FECHA DE INGRESO : 03/08/2023  
MATERIAL DE ENVASE DE MUESTREO : Bidones de 4 Lts, Botellas de Polietileno x 1LL. 1 botella de vidrio x 500 ml y 250 ml.  
MATERIAL PARA TRASLADO : Cooler con gel refrigerante  
INICIO DE ENSAYO : 03/08/2023  
TÉRMINO DE ENSAYO : 05/08/2023  
MUESTREADOR : Jayo Edilecto Rojas Pocco  
SOLICITANTE/PROYECTO : Jayo Edilecto Rojas Pocco

1.3 ASPECTOS TÉCNICOS DEL MUESTREO

1.3.1 NORMA DE MUESTREO:

- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (RM N°273-2013- Vivienda).

1.4 RESULTADOS.

1.4.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:

DETERMINACIONES	LIMITE DE DETECCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Bacterias Coliformes Termotolerantes	10,000	NMP/100 ml a 44.5°C	6,100	Cumple

1.5 CONCLUSIONES.

Los resultados del informe N.º 156/03/2023, De los ensayos microbiológicos practicados a la muestra de agua residual doméstica CUMPLEN Con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.

II. CERTIFICADO FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	CONCLUSIÓN
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	6.6	Cumple
Temperatura	C°		19.9	Cumple

2.1 METODOS DE ENSAYO UTILIZADO:

ENSAYO	REFERENCIA O NORMA
Numeración de Coliformes termotolerantes	SME- WW-APHA-AWWA-WEP Part 9221E. 23nd2017 Multiple- tube fermentation technique for members of the coliform grupo fecal Coliform procedure. 1. Thermotoler and coliform test (ec. medium).

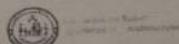
2.2 CONCLUSIONES:

La muestra puntual de agua residual doméstica analizada en los parámetros físicos Químicos CUMPLEN con los Límites Máximos Permisibles - D.S N° 003 – 2010- MINAM.



GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC  
DIRECCIÓN DE SALUD APURÍMAC II  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

Bigo. Julian Palomino Gu  
C.E. P. 6590  
COORDINADOR LABORATORIO - DESA  
H&C



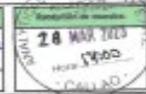
**Anexo 2** Ficha de campo para la ubicación de puntos de muestreo

**Anexo N° 1**  
**UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO**

Nombre de EPS/Municipio: Municipalidad distrital José María Arguedas			
Nombre de PTAR: PTAR José María Arguedas			
Ubicación de PTAR: centro poblado Huancabamba			
Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
Huancabamba	José María Arguedas	Andahuaylas	Apuímac
<b>IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO</b>			
<b>AFLUENTE</b>			
Denominación del punto de muestreo (afluente)	Entrada de la PTAR 1A		
<b>COORDENADAS U.T.M. (WGS84)</b>			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
8481700	676643	182	3583 m.s.n.m.
CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario)	Método de medición		
<b>EFLUENTE</b>			
Denominación del punto de muestreo (efluente)	Salida de la PTAR 1E		
<b>COORDENADAS U.T.M. (WGS84)</b>			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
8481204	676261	182	3214
CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario)	Método de medición		
Datos del GPS (marca, modelo, número de serie, precisión del equipo)			
Topografía UTM 2ptg			

**Anexo 3** Cadenas de custodia

**Anexo 3.1.** Cadena de custodia del primer muestreo

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: <input type="checkbox"/> FAMILIA M: <input type="checkbox"/> MUESTRA																																																																								
Datos del cliente										Orden de servicio: 05-2023-0978				Pag. 1 de 1																																																																						
Razón Social: <u>Jaya Edificio Bajos Pisos</u>										Plan de Muestreo:				CC-13-48928																																																																						
Persona de contacto: <u>Jaya Edificio Bajos Pisos</u> Correo / Teléfono: <u>993 94 465</u>										Informe de estado: <u>1E-2-4450</u>				Presencia o lugar de muestreo: <u>PTA6 Torre Maniz Aguadilla</u>																																																																						
Nombre del proyecto: <u>Matriza de agua ambiente doméstica (PTA6)</u>																																																																																				
										Presencia: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																																										
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Precios		DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	MTR y SDR	T° Agua (°C)	pH	CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	Observaciones																																																																			
			Grupo	Sub-grupo		Coordenadas UTM	V											P																																																																		
1	12927	M 15/02/23 H 12:30 PM	Doméstico	Doméstico	PTA6			✓	✓	✓	✓																																																																									
2	12928	M 16/02/23 H 3:30 PM	Doméstico	Doméstico	PTA6			✓	✓	✓	✓																																																																									
3																																																																																				
4																																																																																				
5																																																																																				
6																																																																																				
7																																																																																				
8																																																																																				
Distribución de equipos utilizados:										Legenda				Clasificación de la Matriz Agua, Ref. WTP 214342																																																																						
<table border="1"> <tr> <th>Nº</th> <th>Código interno del equipo</th> <th>Nombre de equipo</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										Nº	Código interno del equipo	Nombre de equipo	1			2			3			4			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestreador por</th> <th colspan="2">Clave</th> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>15/02/23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td><i>[Firma]</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Muestreador por		Clave		Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos		Fecha:	15/02/23			Firma:	<i>[Firma]</i>			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestreador por</th> <th colspan="2">Clave</th> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>15/02/23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td><i>[Firma]</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Muestreador por		Clave		Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos		Fecha:	15/02/23			Firma:	<i>[Firma]</i>			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestreador por</th> <th colspan="2">Clave</th> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>15/02/23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td><i>[Firma]</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Muestreador por		Clave		Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos		Fecha:	15/02/23			Firma:	<i>[Firma]</i>		
Nº	Código interno del equipo	Nombre de equipo																																																																																		
1																																																																																				
2																																																																																				
3																																																																																				
4																																																																																				
Muestreador por		Clave																																																																																		
Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos																																																																																		
Fecha:	15/02/23																																																																																			
Firma:	<i>[Firma]</i>																																																																																			
Muestreador por		Clave																																																																																		
Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos																																																																																		
Fecha:	15/02/23																																																																																			
Firma:	<i>[Firma]</i>																																																																																			
Muestreador por		Clave																																																																																		
Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos																																																																																		
Fecha:	15/02/23																																																																																			
Firma:	<i>[Firma]</i>																																																																																			
Observaciones / Comentarios														<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestreado por:</th> <th colspan="2">Clave</th> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>ALAB</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Cliente</td> </tr> </table>				Muestreado por:		Clave		<input type="checkbox"/>	ALAB	<input checked="" type="checkbox"/>	Cliente																																																											
Muestreado por:		Clave																																																																																		
<input type="checkbox"/>	ALAB	<input checked="" type="checkbox"/>	Cliente																																																																																	

Anexo 3.2. Cadena de custodia del segundo muestreo

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: <input type="checkbox"/> FAMILIA M: <input type="checkbox"/> MUESTRA																																																																								
Datos del cliente										Orden de servicio: 05-2023-1442				Pag. 1 de 1																																																																						
Razón Social: <u>Jaya Edificio Bajos Pisos</u>										Plan de Muestreo:				CC-13-50813																																																																						
Persona de contacto: <u>Jaya Edificio Bajos Pisos</u> Correo / Teléfono: <u>993 94 465</u>										Informe de estado: <u>1E-25-6015</u>				Presencia o lugar de muestreo: <u>PTA6 Torre Maniz Aguadilla</u>																																																																						
Nombre del proyecto: <u>Matriza de agua ambiente doméstica</u>																																																																																				
										Presencia: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																																										
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Precios		DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	MTR y SDR	T° Agua (°C)	pH	CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	Observaciones																																																																			
			Grupo	Sub-grupo		Coordenadas UTM	V											P																																																																		
1	13030	M 12/04/23 H 12:00 PM	Doméstico	Doméstico	PTA6			✓	✓	✓	✓																																																																									
2	13031	M 13/04/23 H 10:25 AM	Doméstico	Doméstico	PTA6			✓	✓	✓	✓																																																																									
3																																																																																				
4																																																																																				
5																																																																																				
6																																																																																				
7																																																																																				
8																																																																																				
Distribución de equipos utilizados:										Legenda				Clasificación de la Matriz Agua, Ref. WTP 214342																																																																						
<table border="1"> <tr> <th>Nº</th> <th>Código interno del equipo</th> <th>Nombre de equipo</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										Nº	Código interno del equipo	Nombre de equipo	1			2			3			4			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestreador por</th> <th colspan="2">Clave</th> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>12/04/23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td><i>[Firma]</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Muestreador por		Clave		Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos		Fecha:	12/04/23			Firma:	<i>[Firma]</i>			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestreador por</th> <th colspan="2">Clave</th> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>13/04/23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td><i>[Firma]</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Muestreador por		Clave		Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos		Fecha:	13/04/23			Firma:	<i>[Firma]</i>			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestreador por</th> <th colspan="2">Clave</th> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td>Jaya Edificio Bajos Pisos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>13/04/23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td><i>[Firma]</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Muestreador por		Clave		Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos		Fecha:	13/04/23			Firma:	<i>[Firma]</i>		
Nº	Código interno del equipo	Nombre de equipo																																																																																		
1																																																																																				
2																																																																																				
3																																																																																				
4																																																																																				
Muestreador por		Clave																																																																																		
Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos																																																																																		
Fecha:	12/04/23																																																																																			
Firma:	<i>[Firma]</i>																																																																																			
Muestreador por		Clave																																																																																		
Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos																																																																																		
Fecha:	13/04/23																																																																																			
Firma:	<i>[Firma]</i>																																																																																			
Muestreador por		Clave																																																																																		
Nombre:	Jaya Edificio Bajos Pisos	Jaya Edificio Bajos Pisos																																																																																		
Fecha:	13/04/23																																																																																			
Firma:	<i>[Firma]</i>																																																																																			
Observaciones / Comentarios														<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestreado por:</th> <th colspan="2">Clave</th> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>ALAB</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Cliente</td> </tr> </table>				Muestreado por:		Clave		<input type="checkbox"/>	ALAB	<input checked="" type="checkbox"/>	Cliente																																																											
Muestreado por:		Clave																																																																																		
<input type="checkbox"/>	ALAB	<input checked="" type="checkbox"/>	Cliente																																																																																	

Anexo 3.3. Cadena de custodia del tercer muestreo

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										1. 100044 2. 000000										
<b>Datos del cliente:</b> Razón Social: <u>Jorge Edmundo Rojas Pareda</u> Persona de contacto: <u>Jorge Edmundo Rojas Pareda</u> Correo/Teléfono: <u>952 991 765</u> Nombre de proyecto: <u>Monitoreo de aguas residuales domésticas</u>										Orden de servicio: <u>05-2021-3177</u> Pág. 1 de 1 Plan de monitoreo: Informe de análisis: <u>IE-23-13732 // CC-23-57445</u> Presidencia o lugar de muestreo: <u>PIRA Juncal Maná Aguaytia</u>												
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		Parámetros a medir										OBSERVACIONES				
			E	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V	A	DBO <sub>5</sub>	DBO	SST	Alcalinidad	pH	Temperatura (°C)	pH	Cloruros (mg/L)	Cloruros (ppm)		Cloro Total (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)		
1	43522	P. 05/02/21 10:05 am	W	Doméstico	N. 848200 E. 626093			✓	✓	✓	✓											
2	43523	P. 05/02/21 10:30 am	W	Doméstico	N. 848200 E. 626093			✓	✓	✓	✓											
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						

**Descripción de equipos utilizados:**

Nº	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

**Legenda:**

F. Frío	N. Neutro	C. Caliente	T. Mts. Temperatura de muestra	Cl. Conductividad eléctrica
H. Hielo	E. Ebul.	P. Puntos	T. Amb. Temperatura ambiente	Cl. Osmosidad

Muestreado por: Jorge Edmundo Rojas Pareda / Jorge Edmundo Rojas Pareda  
 Fecha: 05/02/21 / 05/02/21  
 Hora: 10:05 / 10:30

**Clasificación de la Matriz Agua, Ref. NTP 216.002**

Clase	Descripción	Uso
1	Agua potable	Consumo humano
2	Agua residual	Tratamiento sanitario
3	Agua de lluvia	Uso agrícola, recreativo, industrial
4	Agua de mar	Uso recreativo, acuicultura
5	Agua de río	Uso recreativo, acuicultura
6	Agua de lago	Uso recreativo, acuicultura
7	Agua de manantial	Uso recreativo, acuicultura
8	Agua de nieve	Uso recreativo, acuicultura
9	Agua de lluvia	Uso recreativo, acuicultura
10	Agua de lluvia	Uso recreativo, acuicultura

Muestreado por:  ALAB  Cliente

Anexo 3.4. Cadena de custodia del tercer muestreo

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										1. 100044 2. 000000										
<b>Datos del cliente:</b> Razón Social: <u>Jorge Edmundo Rojas Pareda</u> Persona de contacto: <u>Jorge Edmundo Rojas Pareda</u> Correo/Teléfono: <u>952 991 765</u> Nombre de proyecto: <u>Monitoreo de aguas residuales domésticas (PIRA)</u>										Orden de servicio: <u>05-2021-3759</u> Pág. 1 de 1 Plan de monitoreo: Informe de análisis: <u>IE-23-16169 // CC-23-59913</u> Presidencia o lugar de muestreo: <u>PIRA Juncal Maná Aguaytia</u>												
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		Parámetros a medir										OBSERVACIONES				
			E	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V	A	DBO <sub>5</sub>	DBO	SST	Alcalinidad	pH	Temperatura (°C)	pH	Cloruros (mg/L)	Cloruros (ppm)		Cloro Total (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)		
1	51808	P. 03/08/21 10:05 am	W	Doméstico	N. 848200 E. 626093			✓	✓	✓	✓											
2	51809	P. 03/08/21 10:30 am	W	Doméstico	N. 848200 E. 626093			✓	✓	✓	✓											
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						

**Descripción de equipos utilizados:**

Nº	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

**Legenda:**

F. Frío	N. Neutro	C. Caliente	T. Mts. Temperatura de muestra	Cl. Conductividad eléctrica
H. Hielo	E. Ebul.	P. Puntos	T. Amb. Temperatura ambiente	Cl. Osmosidad

Muestreado por: Jorge Edmundo Rojas Pareda / Jorge Edmundo Rojas Pareda  
 Fecha: 03/08/21 / 03/08/21  
 Hora: 10:05 / 10:30

**Clasificación de la Matriz Agua, Ref. NTP 216.002**

Clase	Descripción	Uso
1	Agua potable	Consumo humano
2	Agua residual	Tratamiento sanitario
3	Agua de lluvia	Uso agrícola, recreativo, industrial
4	Agua de mar	Uso recreativo, acuicultura
5	Agua de río	Uso recreativo, acuicultura
6	Agua de lago	Uso recreativo, acuicultura
7	Agua de manantial	Uso recreativo, acuicultura
8	Agua de nieve	Uso recreativo, acuicultura
9	Agua de lluvia	Uso recreativo, acuicultura
10	Agua de lluvia	Uso recreativo, acuicultura

Muestreado por:  ALAB  Cliente

## Anexo 4 Análisis estadístico

### Anexo 4.1. Análisis estadístico de los sólidos suspendidos

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	79.00	2.20	1.1
2	4	25.00	2.02	1.0

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 54.00  
IC de 95% para la diferencia: (50.16; 57.84)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 36.16 Valor P = 0.000 GL = 5

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	60.00	2.35	1.2
2	4	16.000	0.800	0.40

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 44.00  
IC de 95% para la diferencia: (40.05; 47.95)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 35.45 Valor P = 0.000 GL = 3

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	96.00	3.65	1.8
2	4	13.200	0.700	0.35

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 82.80  
IC de 95% para la diferencia: (76.89; 88.71)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 44.56 Valor P = 0.000 GL = 3

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	107.000	0.950	0.47
2	4	16.000	0.450	0.23

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 91.000  
IC de 95% para la diferencia: (89.541; 92.459)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 173.14 Valor P = 0.000 GL = 4

## Anexo 4.2. Análisis estadístico de la demanda bioquímica de oxígeno

### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	24.90	2.20	1.1
2	4	21.00	2.02	1.0

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 3.90  
IC de 95% para la diferencia: (0.06; 7.74)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 2.61 Valor P = 0.048 GL = 5

### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	74.80	4.90	2.5
2	4	13.50	1.60	0.80

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 61.30  
IC de 95% para la diferencia: (53.10; 69.50)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 23.78 Valor P = 0.000 GL = 3

### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	80.30	5.25	2.6
2	4	26.30	2.30	1.1

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 54.00  
IC de 95% para la diferencia: (46.04; 61.96)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 18.84 Valor P = 0.000 GL = 4

### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	52.00	3.70	1.9
2	4	14.00	1.65	0.82

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 38.00  
IC de 95% para la diferencia: (32.38; 43.62)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 18.76 Valor P = 0.000 GL = 4

### Anexo 4.3. Análisis estadístico de la demanda química de oxígeno

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	66.50	1.50	0.75
2	4	56.20	1.25	0.63

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$

Estimado de la diferencia: 10.300

IC de 95% para la diferencia: (7.790; 12.810)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 10.55 Valor P = 0.000 GL = 5

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	180.00	4.05	2.0
2	4	32.300	0.700	0.35

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$

Estimado de la diferencia: 147.70

IC de 95% para la diferencia: (141.16; 154.24)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 71.87 Valor P = 0.000 GL = 3

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	176.50	3.95	2.0
2	4	57.90	1.30	0.65

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$

Estimado de la diferencia: 118.60

IC de 95% para la diferencia: (111.98; 125.22)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 57.04 Valor P = 0.000 GL = 3

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	136.50	3.05	1.5
2	4	38.600	0.850	0.42

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$

Estimado de la diferencia: 97.90

IC de 95% para la diferencia: (92.86; 102.94)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 61.84 Valor P = 0.000 GL = 3

### Anexo 4.3. Análisis estadístico de los aceites y grasas

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	4.100	0.300	0.15
2	4	1.0000	0.0500	0.025

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$

Estimado de la diferencia: 3.100

IC de 95% para la diferencia: (2.616; 3.584)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 20.39 Valor P = 0.000 GL = 3

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	16.10	1.20	0.60
2	4	1.0000	0.0500	0.025

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$

Estimado de la diferencia: 15.100

IC de 95% para la diferencia: (13.189; 17.011)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 25.14 Valor P = 0.000 GL = 3

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	12.800	0.950	0.47
2	4	5.0000	0.0100	0.0050

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$

Estimado de la diferencia: 7.800

IC de 95% para la diferencia: (6.288; 9.312)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 16.42 Valor P = 0.000 GL = 3

#### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	14.90	1.10	0.55
2	4	5.0000	0.0100	0.0050

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$

Estimado de la diferencia: 9.900

IC de 95% para la diferencia: (8.150; 11.650)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 18.00 Valor P = 0.000 GL = 3

#### Anexo 4.4. Análisis estadístico de los coliformes termotolerantes

##### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	9200.00000	0.00100	0.00050
2	4	6800.00000	0.00100	0.00050

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 2400.00  
IC de 95% para la diferencia: (2400.00; 2400.00)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 3394112.55 Valor P = 0.000  
GL = 6

##### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	8300.00000	0.00100	0.00050
2	4	6100.00000	0.00100	0.00050

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 2200.00  
IC de 95% para la diferencia: (2200.00; 2200.00)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 3111269.84 Valor P = 0.000  
GL = 6

##### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	11000.00000	0.00100	0.00050
2	4	5500.00000	0.00100	0.00050

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 5500.00  
IC de 95% para la diferencia: (5500.00; 5500.00)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 7778174.59 Valor P = 0.000  
GL = 6

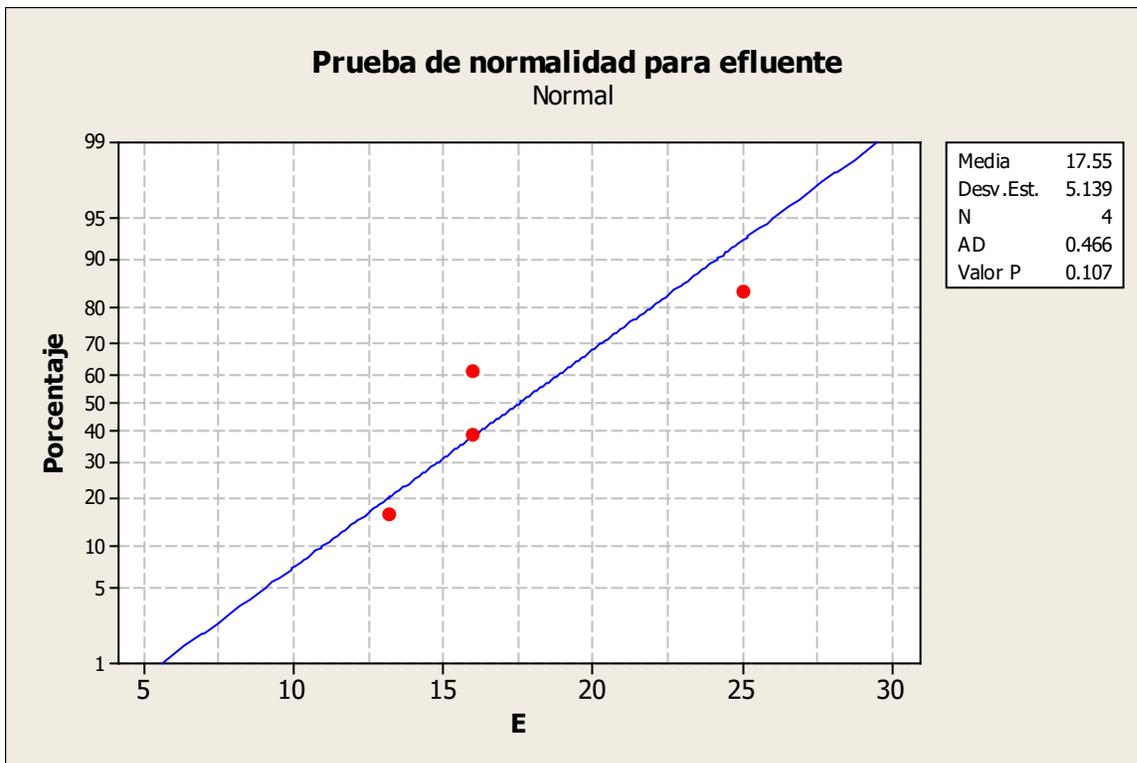
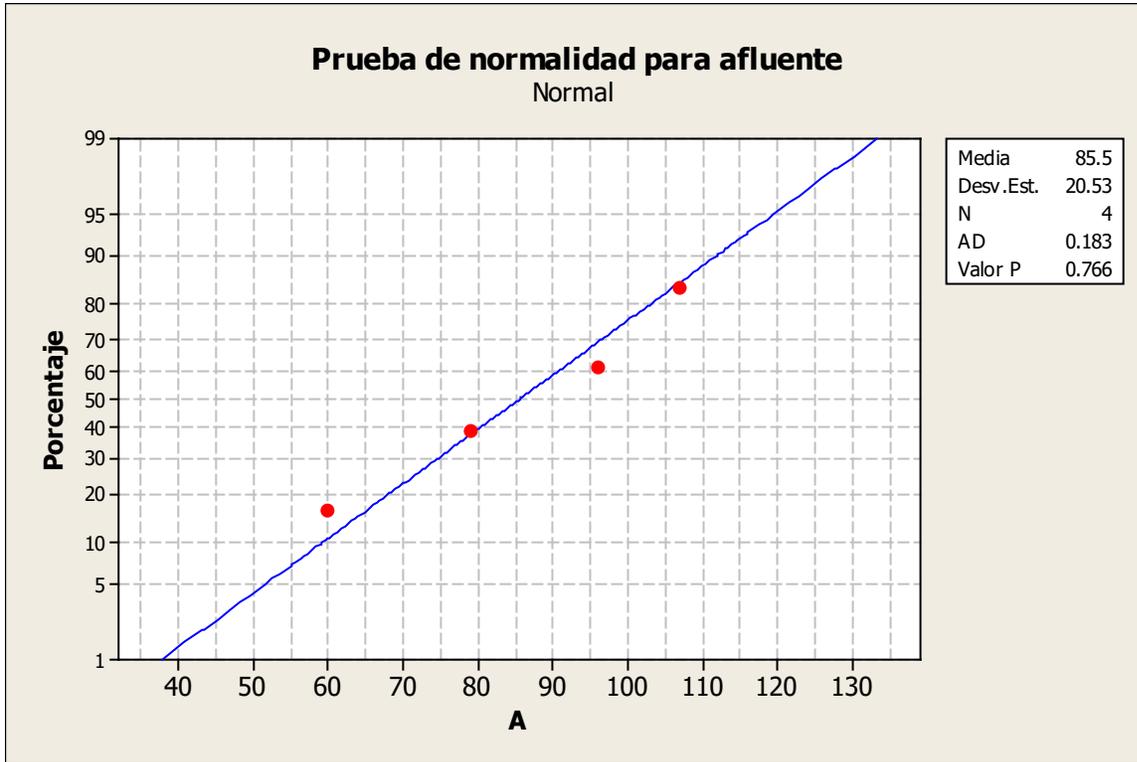
##### Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	4	12000.00000	0.00100	0.00050
2	4	6100.00000	0.00100	0.00050

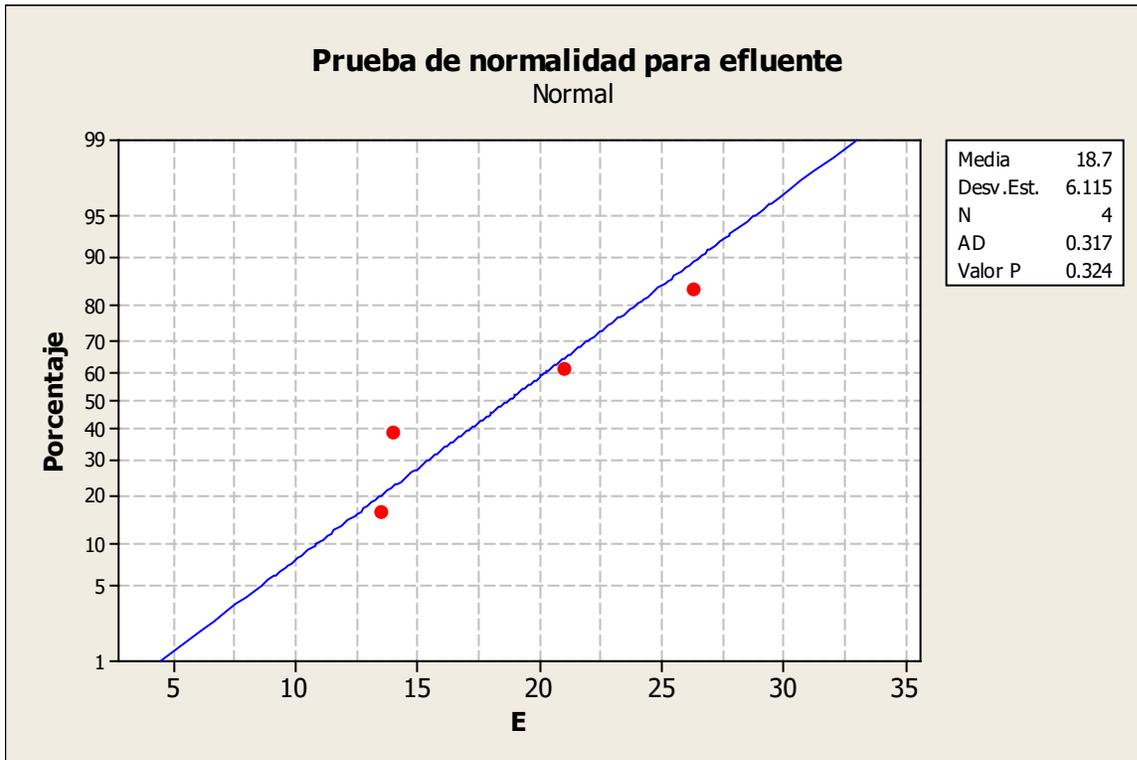
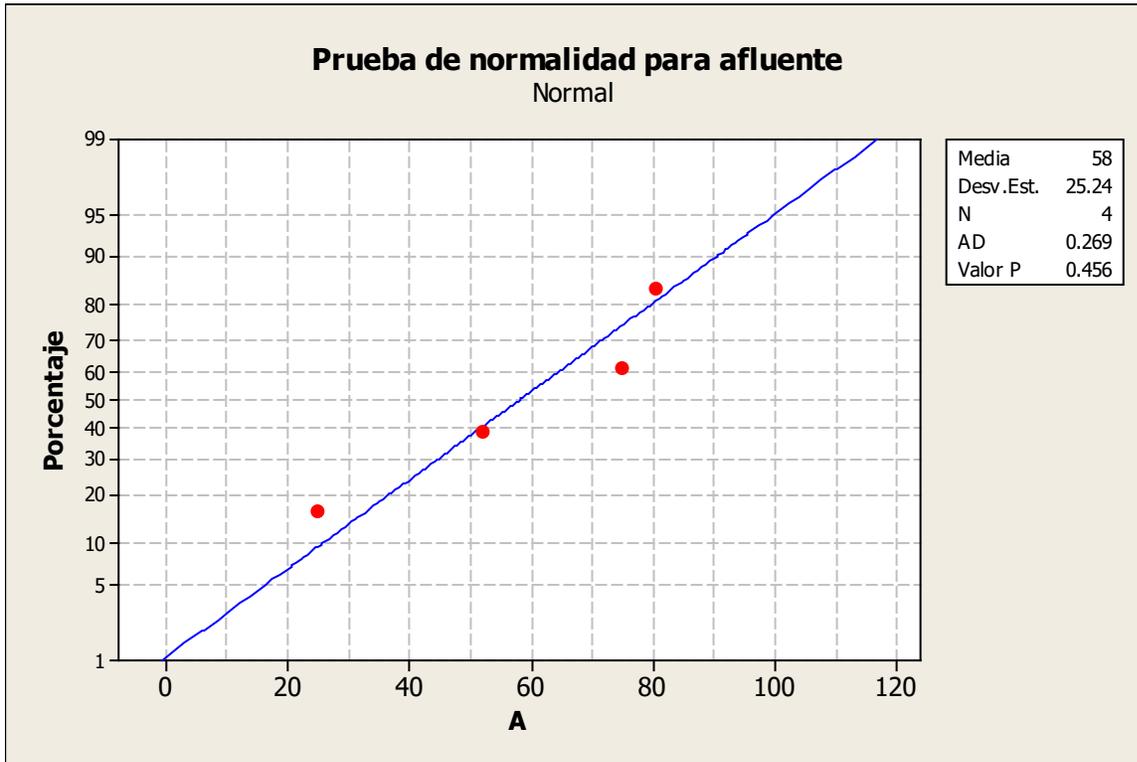
Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 5900.00  
IC de 95% para la diferencia: (5900.00; 5900.00)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 8343860.02 Valor P = 0.000  
GL = 6

Anexo 5 Prueba de normalidad de datos

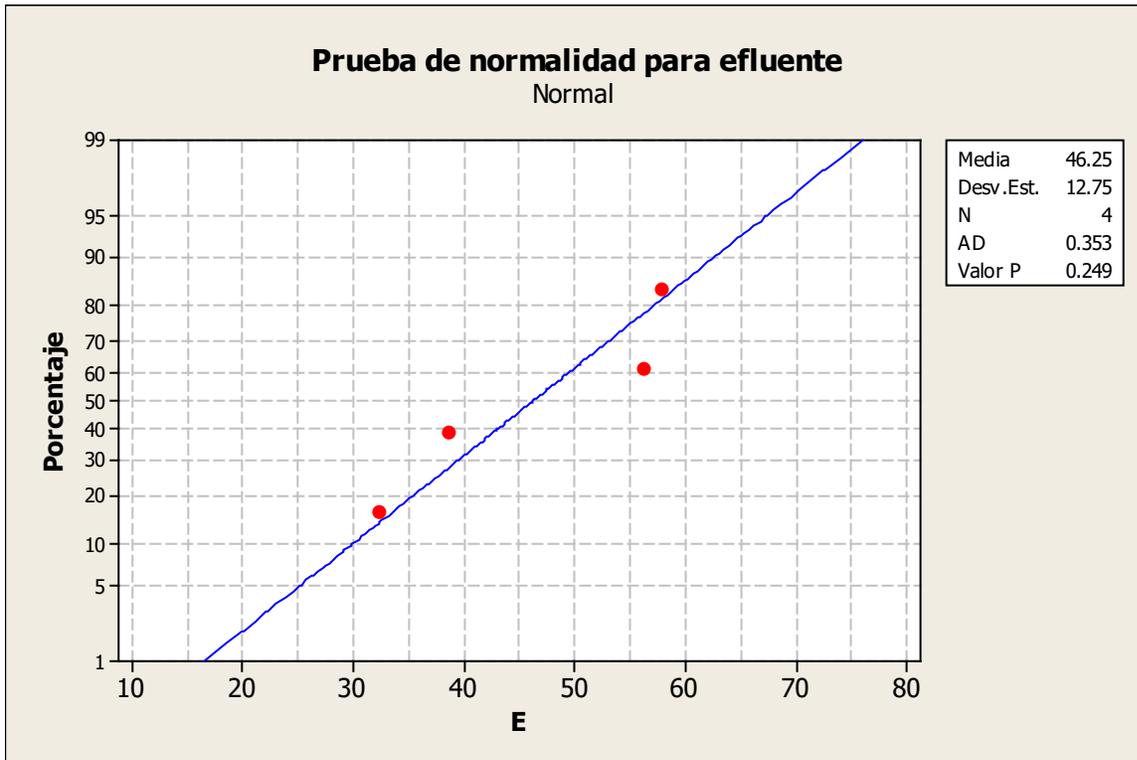
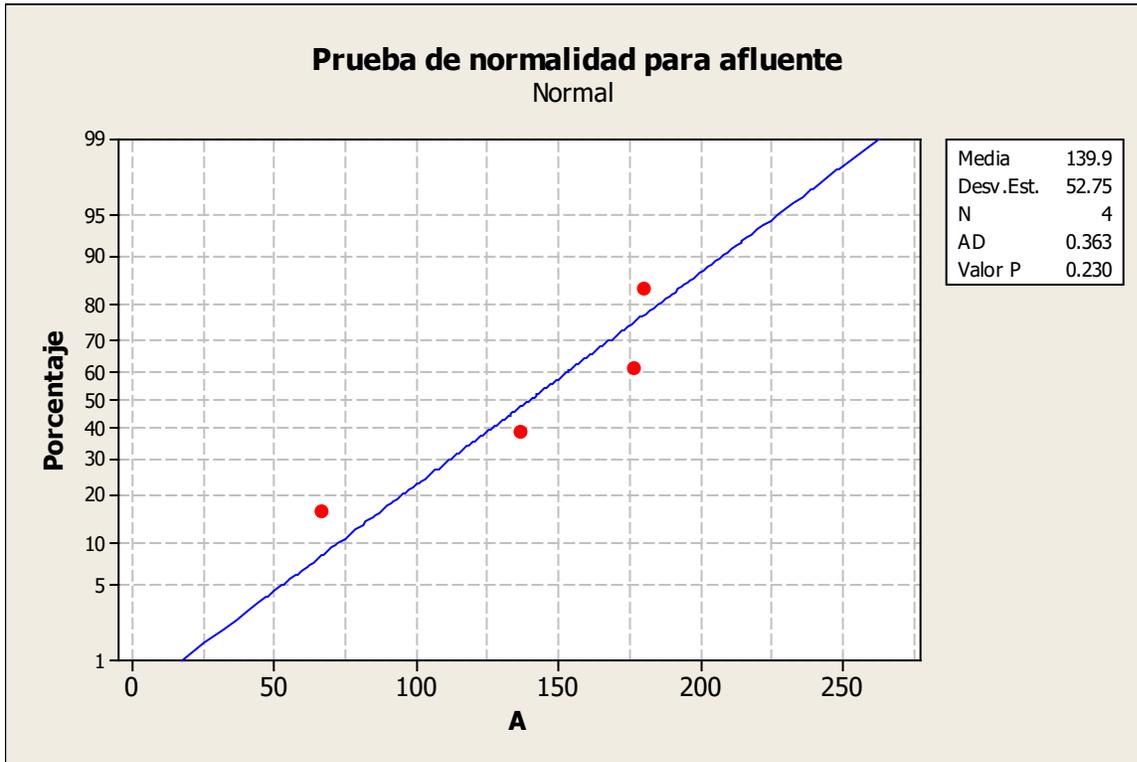
Anexo 5.1. Prueba de normalidad para sólidos suspendidos



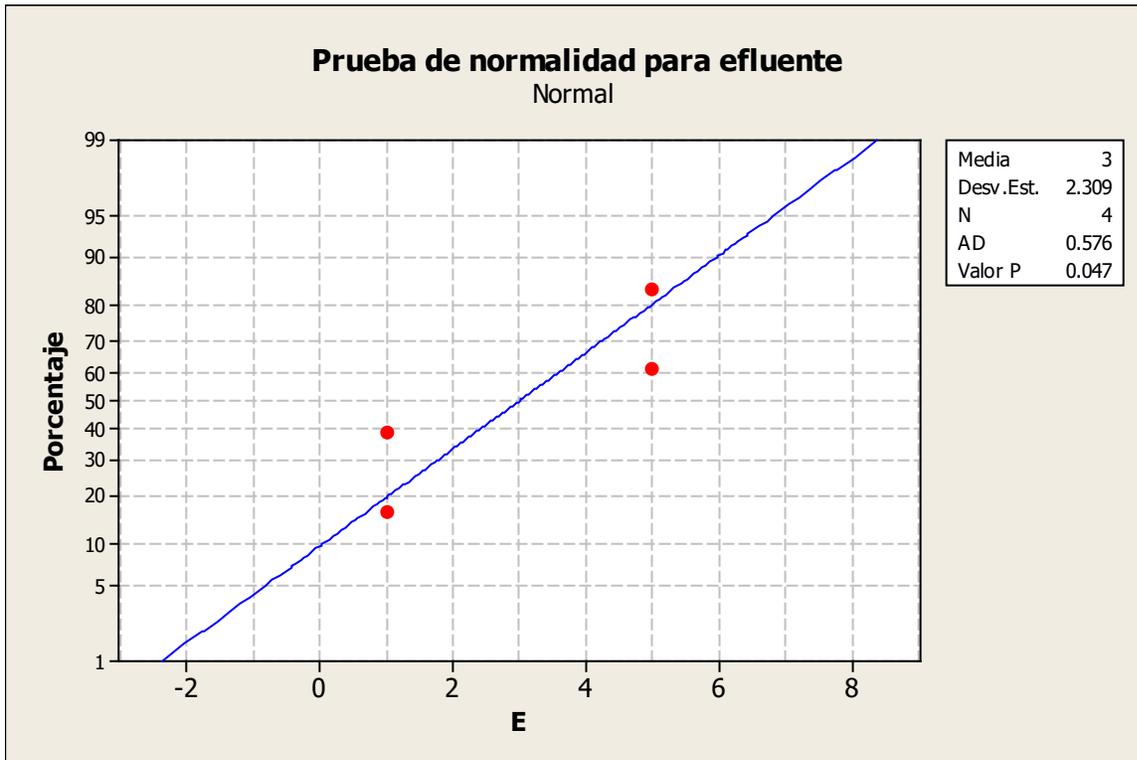
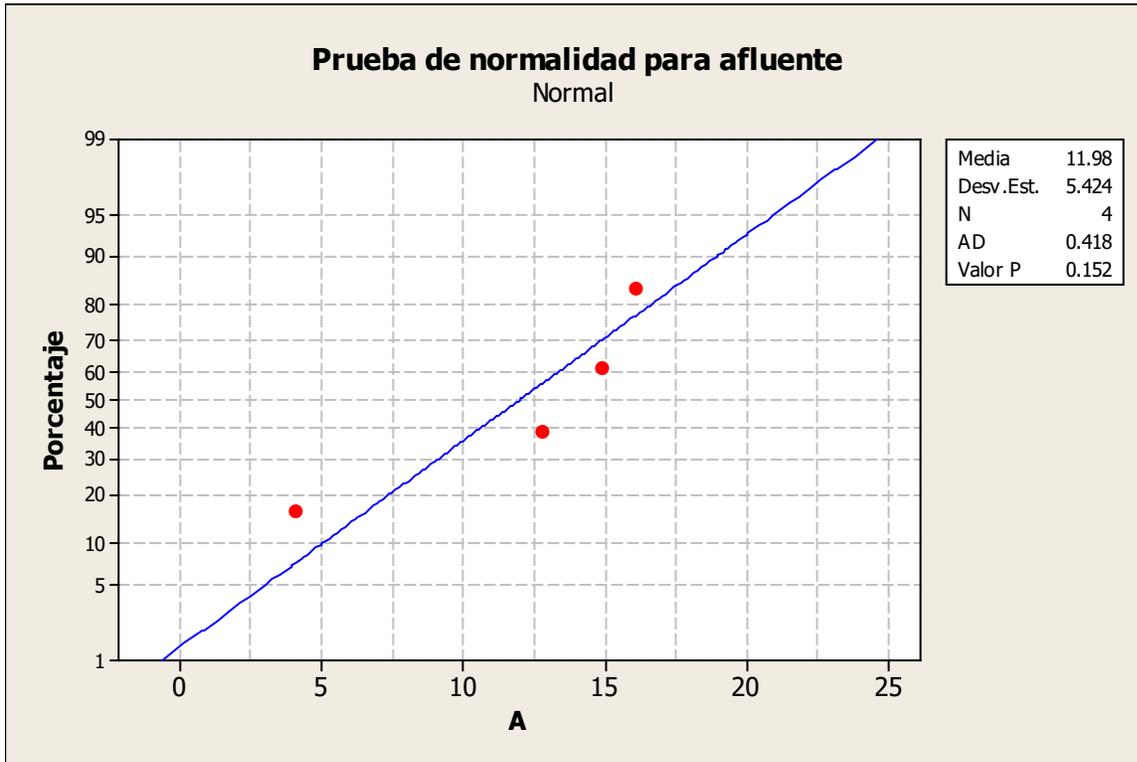
Anexo 5.2. Prueba de normalidad para demanda bioquímica de oxígeno



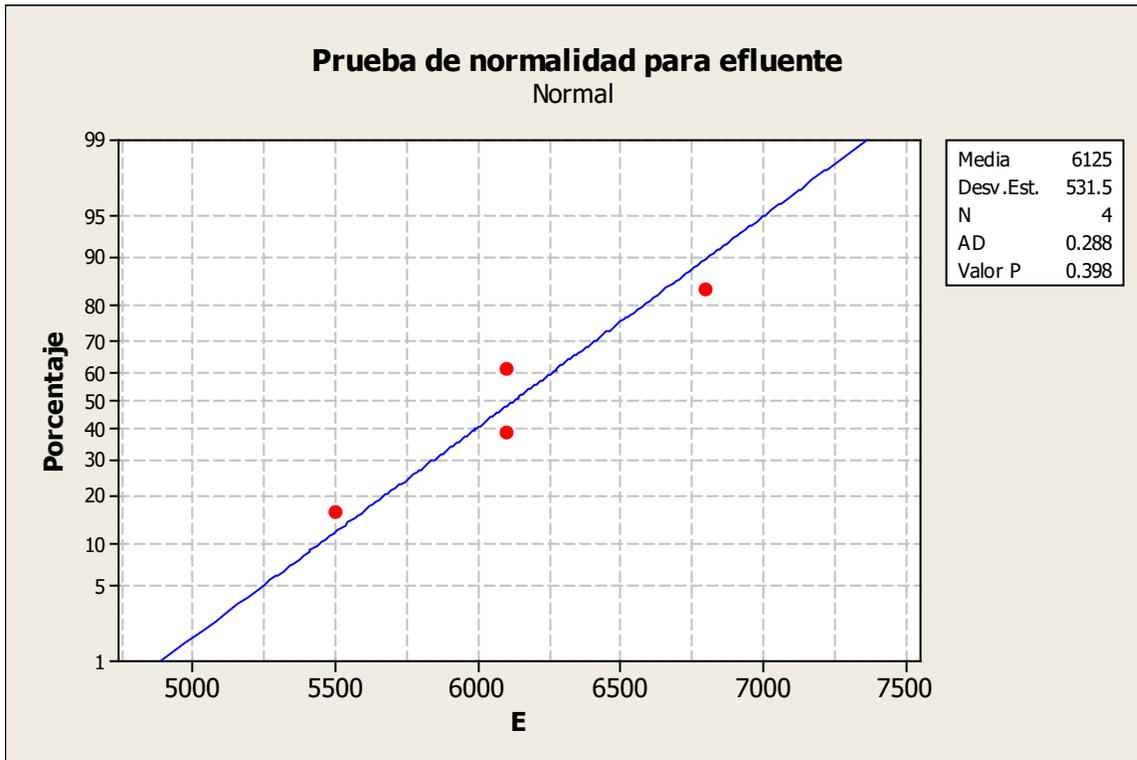
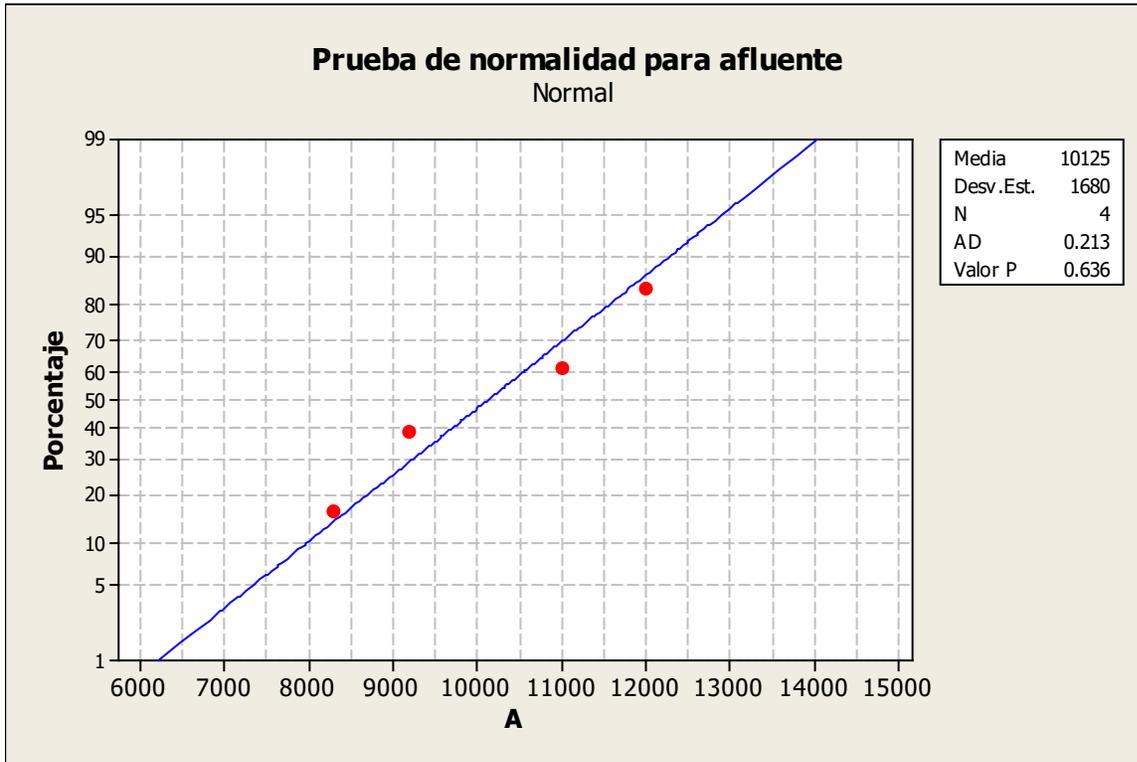
Anexo 5.3. Prueba de normalidad para demanda química de oxígeno



Anexo 5.4. Prueba de normalidad para aceites y grasas



Anexo 5.5. Prueba de normalidad para coliformes termotolerantes



## Anexo 6 Determinación de la desviación estándar

### Anexo 6.1. Determinación de la desviación estándar para sólidos suspendidos

Precipitación 1 (P1), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$6.04 = \sqrt{4S^2}$$

$$36.48 = 4S^2$$

$$9.12 = S^2$$

$$S = 3.0$$

Precipitación 1 (P1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$2.2 = \sqrt{4S^2}$$

$$4.84 = 4S^2$$

$$1.21 = S^2$$

$$S = 1.1$$

Precipitación 2 (P2), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$4.7 = \sqrt{4S^2}$$

$$22.09 = 4S^2$$

$$5.5 = S^2$$

$$S = 2.4$$

Precipitación 1 (P1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$1.6 = \sqrt{4S^2}$$

$$2.56 = 4S^2$$

$$0.64 = S^2$$

$$S = 0.8$$

Estiaje 1 (E1), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$7.3 = \sqrt{4S^2}$$

$$53.29 = 4S^2$$

$$13.32 = S^2$$

$$S = 3.7$$

Estiaje 1 (E1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$1.4 = \sqrt{4S^2}$$

$$1.96 = 4S^2$$

$$0.49 = S^2$$

$$S = 0.7$$

Estiaje 2 (E2), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$1.9 = \sqrt{4S^2}$$

$$3.61 = 4S^2$$

$$0.90 = S^2$$

$$S = 0.9$$

Estiaje 2 (E2), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$0.9 = \sqrt{4S^2}$$

$$0.81 = 4S^2$$

$$0.20 = S^2$$

$$S = 0.5$$

**Anexo 6.2.** Determinación de la desviación estándar para demanda bioquímica de oxígeno

Precipitación 1 (P1), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$4.4 = \sqrt{4S^2}$$

$$19.36 = 4S^2$$

$$4.84 = S^2$$

$$S = 2.2$$

Precipitación 1 (P1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$2.2 = \sqrt{4S^2}$$

$$4.84 = 4S^2$$

$$1.21 = S^2$$

$$S = 1.1$$

Precipitación 2 (P2), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$9.8 = \sqrt{4S^2}$$

$$96.04 = 4S^2$$

$$24.01 = S^2$$

$$S = 4.9$$

Precipitación 2 (P2), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$3.2 = \sqrt{4S^2}$$

$$10.24 = 4S^2$$

$$2.56 = S^2$$

$$S = 1.6$$

Estiaje 1 (E1), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$10.5 = \sqrt{4S^2}$$

$$100.25 = 4S^2$$

$$27.56 = S^2$$

$$S = 5.3$$

Estiaje 1 (E1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$4.6 = \sqrt{4S^2}$$

$$21.16 = 4S^2$$

$$5.29 = S^2$$

$$S = 2.3$$

Estiaje 2 (E2), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$7.4 = \sqrt{4S^2}$$

$$54.76 = 4S^2$$

$$13.69 = S^2$$

$$S = 3.7$$

Estiaje 2 (E2), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$3.3 = \sqrt{4S^2}$$

$$10.89 = 4S^2$$

$$2.72 = S^2$$

$$S = 1.7$$

**Anexo 6.3.** Determinación de la desviación estándar para demanda química de oxígeno

Precipitación 1 (P1), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$3 = \sqrt{4S^2}$$

$$9 = 4S^2$$

$$2.25 = S^2$$

$$S = 1.5$$

Precipitación 1 (P1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$2.5 = \sqrt{4S^2}$$

$$6.25 = 4S^2$$

$$1.56 = S^2$$

$$S = 1.3$$

Precipitación 2 (P2), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$8.1 = \sqrt{4S^2}$$

$$65.61 = 4S^2$$

$$16.40 = S^2$$

$$S = 4.1$$

Precipitación 2 (P2), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$1.4 = \sqrt{4S^2}$$

$$1.96 = 4S^2$$

$$0.49 = S^2$$

$$S = 0.7$$

Estiaje 1 (E1), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$7.9 = \sqrt{4S^2}$$

$$62.41 = 4S^2$$

$$15.60 = S^2$$

$$S = 3.9$$

Estiaje 1 (E1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$2.6 = \sqrt{4S^2}$$

$$6.76 = 4S^2$$

$$1.69 = S^2$$

$$S = 1.3$$

Estiaje 2 (E2), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$6.1 = \sqrt{4S^2}$$

$$37.21 = 4S^2$$

$$9.30 = S^2$$

$$S = 3.1$$

Estiaje 2 (E2), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$1.7 = \sqrt{4S^2}$$

$$2.89 = 4S^2$$

$$0.72 = S^2$$

$$S = 0.9$$

**Anexo 6.4.** Determinación de la desviación estándar para aceites y grasas

Precipitación 1 (P1), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$0.6 = \sqrt{4S^2}$$

$$0.36 = 4S^2$$

$$0.09 = S^2$$

$$S = 0.3$$

Precipitación 1 (P1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$0.1 = \sqrt{4S^2}$$

$$0.01 = 4S^2$$

$$0.0025 = S^2$$

$$S = 0.1$$

Precipitación 2 (P2), afluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$2.4 = \sqrt{4S^2}$$

$$5.76 = 4S^2$$

$$1.44 = S^2$$

$$S = 1.2$$

Precipitación 2 (P2), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$0.1 = \sqrt{4S^2}$$

$$0.01 = 4S^2$$

$$0.0025 = S^2$$

$$S = 0.1$$

Estiaje 1 (E1), afluyente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$1.9 = \sqrt{4S^2}$$

$$3.61 = 4S^2$$

$$0.90 = S^2$$

$$S = 0.9$$

Estiaje 1 (E1), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$0.0 = \sqrt{4S^2}$$

$$0.00 = 4S^2$$

$$0.00 = S^2$$

$$S = 0.0$$

Estiaje 2 (E2), afluyente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$2.2 = \sqrt{4S^2}$$

$$4.84 = 4S^2$$

$$1.21 = S^2$$

$$S = 1.1$$

Estiaje 2 (E2), efluente

$$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2 + S_C^2 + S_D^2}$$

$$S_R = \sqrt{4S^2}$$

$$0.0 = \sqrt{4S^2}$$

$$0.00 = 4S^2$$

$$0.00 = S^2$$

$$S = 0.0$$

**Anexo 7 Matriz de consistencia**

<b>Tema: Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del Distrito José María Arguedas, Andahuaylas – Apurímac, 2022.</b>			
<b>Problema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Variable</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas Andahuaylas - Apurímac, 2022?</p> <p><b>Problemas específicos</b> ¿Cuál es el nivel de los parámetros físicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales?</p> <p>¿Cuál es el nivel de los parámetros químicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales?</p> <p>¿Cuál es el nivel de los parámetros microbiológicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito José María Arguedas Andahuaylas - Apurímac, 2022.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Determinar el nivel de los parámetros físicos en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Determinar el nivel de los parámetros químicos en el efluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Determinar el nivel de los parámetros microbiológicos en el efluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p><b>Variable de estudio:</b> Eficiencia de remoción de contaminantes</p>	<p><b>Tipo</b> Según su finalidad es básica, con un nivel descriptivo y enfoque cuantitativo.</p> <p><b>Diseño:</b> El diseño de la investigación es no experimental, longitudinal, ya que solo se observó el comportamiento de variable de estudio a través del tiempo</p> <p><b>Material de estudio.</b> <b>Población:</b> son las aguas residuales que ingresan (Afluente) y salen (Efluente) de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) <b>Muestra:</b> Esta representado por 1 litro de agua residual para cada parámetro, tanto en el ingreso (afluente) y salida (efluente) de la PTAR.</p> <p><b>Técnica:</b> Observación</p> <p><b>Instrumento:</b> Fichas de campo</p>

## Anexo 8 Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Medidas de medición
<b>Variable de estudio:</b> Eficiencia de remoción de contaminantes	Permiten medir el nivel de remoción de contaminantes en la PTAR en términos de porcentaje.	Determina las variaciones en las concentraciones de parámetros físicos y químicos y microbiológicos durante el tratamiento en la PTAR, en base a la carga orgánica entrante del afluente y la carga orgánica del efluente.	• Parámetros físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Sólidos totales suspendido</li> </ul>	Intervalo	°C
			• Parámetros químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demanda bioquímica de oxígeno</li> <li>• Demanda química de oxígeno</li> <li>• Aceites y grasas</li> <li>• pH</li> </ul>	Intervalo Intervalo	mg/mL mg/ mL mg/mL
			• Parámetros microbiológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coliformes termotolerantes</li> </ul>	Intervalo	NMP/ 100 mL

**Anexo 9** *Panel fotográfico*



**Fotografía 1:** PTAR del distrito José María Arguedas



**Fotografía 2:** Punto de muestreo (afluente)



**Fotografía 3:** Punto de muestreo (efluente)



**Fotografía 4:** Muestreo en el afluente



**Fotografía 5:** Muestreo en el efluente



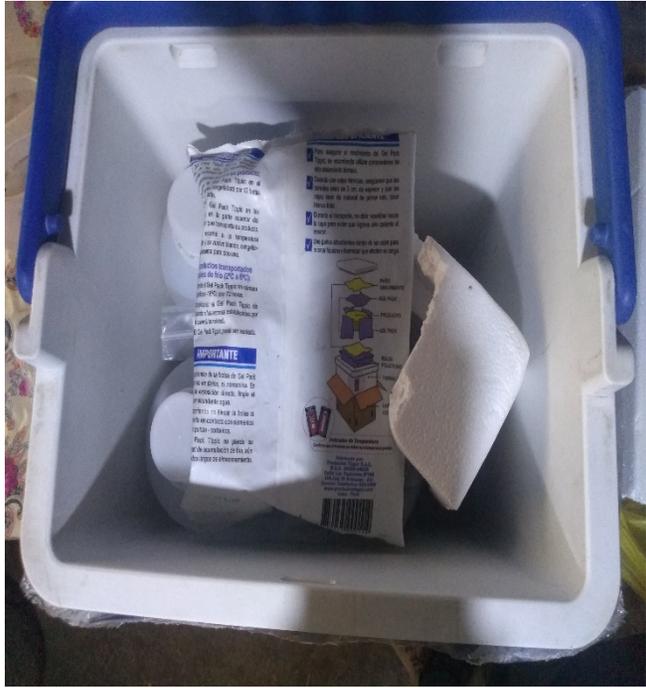
**Fotografía 6:** Muestreo en el afluente



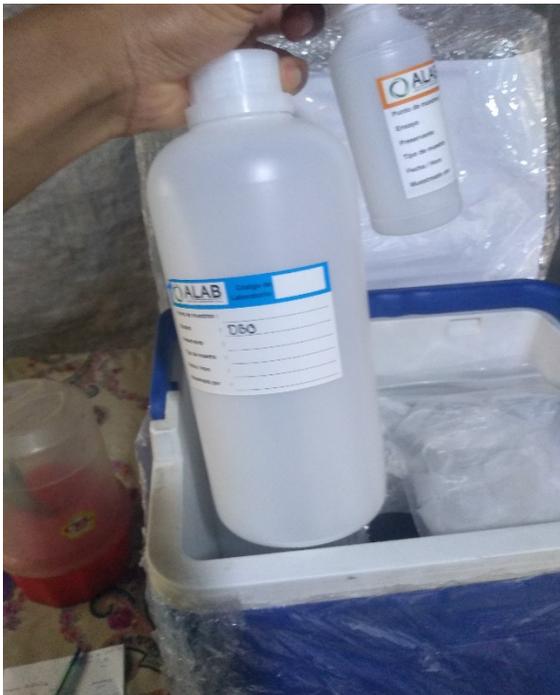
**Fotografía 7:** Incorporación de reactivo (ácido sulfúrico) de preservación a la muestra



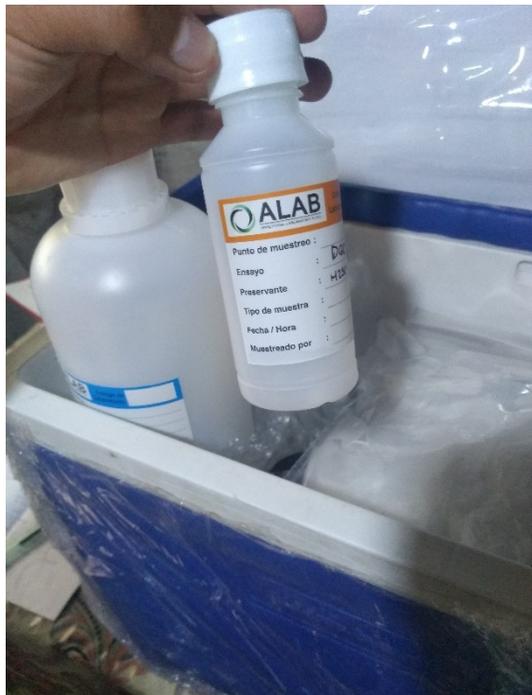
**Fotografía 8:** Incorporación de reactivo (ácido sulfúrico) de preservación a la muestra



**Fotografía 9:** Preservación y conservación de las muestras



**Fotografía 10:** Rotulado de frascos



**Fotografía 11:** Preparación de frascos para la toma de muestras



**Fotografía 12:** Cooler



**Fotografía 13:** Guardado de frascos para el envío de muestras al laboratorio



**Fotografía 14:** Cámara de rejas de la PTAR



**Fotografía 15:** Desarenador de la PTAR



**Fotografía 16:** Canal Parshall de la PTAR



**Fotografía 17:** Cámara desgrasadora de la PTAR



**Fotografía 18:** Tanque Imhoff de la PTAR



**Fotografía 19:** Filtro percolador de la PTAR



**Fotografía 20:** Sedimentador secundario de la PTAR



**Fotografía 21:** Lecho de secado de la PTAR



**Fotografía 22:** Cámara de cloración de la PTAR

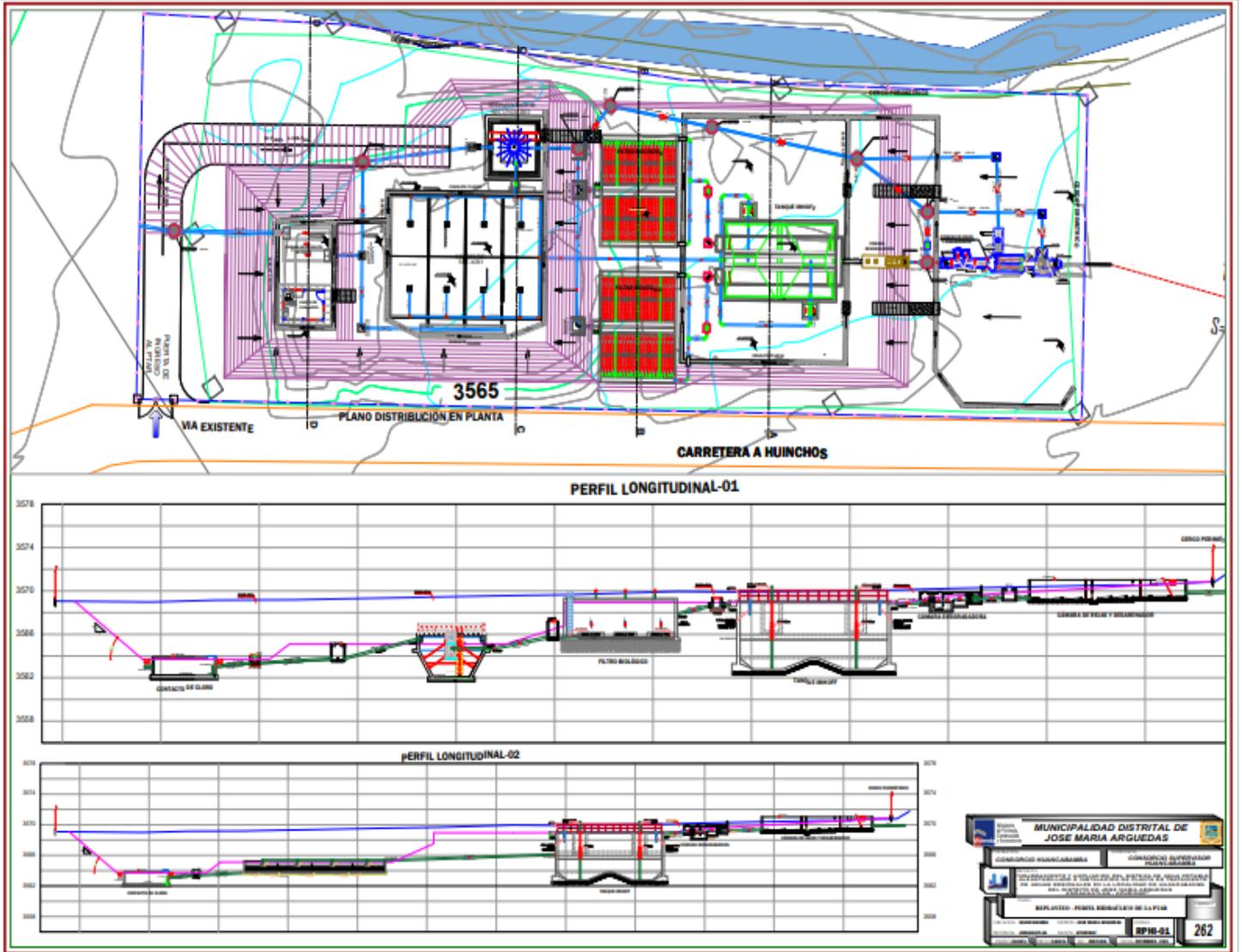


**Fotografía 22:** Medición de temperatura en el afluente de la PTAR



**Fotografía 22:** Medición de la temperatura en el efluente de la PTAR

Anexo 10 Plano de la PTAR del Distrito José María Arguedas





**FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO  
INSTITUCIONAL DE LA UNAJMA**

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de José María Arguedas, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 0203-2021 que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de José María Arguedas.

**1. DATOS DEL AUTOR:**

**Nombres y Apellidos:** Jayo Edilecto Rojas Pocco

**DNI / Carnet de Extranjería:** 72158591

**Pasaporte N°:**

**Correo Institucional:** 1003520181@unajma.edu.pe

**Teléfono/Celular:** 953491765

**Correo Electrónico:** jrojaspocco@gmail.com

**2. GRADO, TÍTULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)**

Bachiller	Título Profesional	Magíster	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

**3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)**

Tesis	Trabajo Académico	Trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia profesional
X			



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**

*Licenciada por la Sunedu*

**4. DATOS DE LA PUBLICACION:**

**Título:**

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO JOSÉ MARÍA ARGUEDAS, ANDAHUAYLAS-APURÍMAC, 202”.

**Fecha de Publicación:**

**5. DATOS DEL ASESOR (A):**

**Nombres y Apellidos:** Yudith Choque Quispe

**DNI/Pasaporte/Cédula:** 42933337

**ORCID:** 0000-0002-3690-7267

.....  
**Firma**

**DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 72158591**

**NOMBRES Y APELLIDOS: Jayo Edilecto Rojas Pocco**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**

*Licenciada por la Sunedu*

## LICENCIAS

### Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito de mi trabajo de investigación otorgo a la Universidad Nacional de José María Arguedas, una Licencia No Exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAJMA, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la Universidad Nacional de José María Arguedas, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Nacional de José María Arguedas consignará el nombre del/los autores/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

( **X** ) SI autorizo que se deposite inmediatamente.

( ) No autorizo.

Fecha: 17/06/2024

.....  
Firma

Documento de identidad: 72158591

Nombres y apellidos: Jayo Edilecto Rojas Pocco

