

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL  
EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE  
LA LOCALIDAD DE CHUCUITO – PUNO 2022**

**PRESENTADA POR:**

**JULIO CESAR ARIAS TITO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](#)

# 8.72%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 19 JUN 2023, 10:31 PM

## Scanned Text

Your text is highlighted according to the matched content in the results below.

● IDENTICAL  
1.28%

● CHANGED TEXT  
7.44%

## Report #17471935

JULIO CESAR ARIAS TITO CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE CHUCUITO PUNO 2022 RESUMEN La presente investigacin se realiz en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Chucuito, ubicado en el Distrito de Chucuito, Provincia y Departamento de Puno, durante un periodo de tiempo de julio a octubre del ao 2022, estableciendose el objetivo general que es caracterizar el efluente de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales del distrito de Chucuito Puno 2022 en los factores fisicoquimicos y microbiolgicos, para lo cual se establecieron dos objetivos especificos: a) Cuantificar los valores de la composicin fisicoquimica y microbiolgica del efluente de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito segn la caracterizacin; y b) Comparar la calidad de agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito de acuerdo a los Lmites Mximos Permisibles. La metodologa aplicada fue mediante la toma de muestras in-situ en el efluente de la PTAR de Chucuito, para luego ser transportadas al laboratorio de la facultad de Ingeniera Qumica de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, y su posterior anlisis de los parmetros SST, DBO5, DQO, A&G y C.T.; la medicin del pH y la temperatura se

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL  
EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE  
LA LOCALIDAD DE CHUCUITO – PUNO 2022.**

PRESENTADA POR:

JULIO CESAR ARIAS TITO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. ELVIRA ANANÍ DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



M. Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:



Dr. ESTEBAN ISÍDRO LEON APAZA

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrología y Recursos del Agua.

Especialidad: Evaluaciones y monitoreos ambientales, ecosistemas acuáticos.

Puno, 22 de junio del 2023.

## DEDICATORIA

A DIOS. por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todos mis años de estudio superior.

A MI MADRE, Isabel Tito Choque por la comprensión y por ser la persona que siempre estuvo a mi lado en todo momento; apoyándome para seguir adelante y no dar un paso atrás, agradecer sus consejos para hacer de mí una buena persona.

A mis hermanos Marleny y Jhon L. por brindarme su apoyo incondicional y estar en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi amigo, Jimmy Antony Turpo Condori, por su asesoramiento y mentor en lo que va de la carrera de ingeniería ambiental

**Julio Cesar Arias Tito**

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento inmenso a la Universidad Privada San Carlos S.A.C. por la formación académica durante estos 5 años. A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y a todos los docentes, porque fueron ellos los que me ayudaron a formarme como profesional competitivo.

Agradezco a mi asesor de tesis Dr. Esteban Isidro Leon Apaza por su apoyo constante en la realización de esta tesis.

Agradezco a la M.Sc. Elvira Anani Durand Goyzueta, M.Sc. Katia Elizabeth Andrade Linarez y la M.Sc. Marlene Cusi Montesinos por su participación en la realización de esta tesis.

Expresar también mis más sinceros agradecimientos al Mg. Elvira Ananí Durand Goyzueta, Dr. Ernesto J. Chura Yupanqui y al Dr. Ernesto F. Corrales Herrera, por su importante aporte en mi formación académica.

**Julio Cesar Arias Tito.**

## ÍNDICE GENERAL

|                      | Pág. |
|----------------------|------|
| DEDICATORIA          | 1    |
| AGRADECIMIENTO       | 2    |
| ÍNDICE GENERAL       | 3    |
| ÍNDICE DE TABLAS     | 6    |
| ÍNDICE DE FIGURAS    | 7    |
| ÍNDICES DE ANEXOS    | 8    |
| ÍNDICES DE ACRÓNIMOS | 9    |
| RESUMEN              | 10   |
| ABSTRACT             | 11   |
| INTRODUCCIÓN         | 12   |

## CAPÍTULO I

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> | <b>14</b> |
| 1.1.1. Problema General                | 16        |
| 1.1.2. Problemas Específicos           | 16        |
| <b>1.2. ANTECEDENTES</b>               | <b>16</b> |
| 1.2.1. Antecedentes Internacionales    | 16        |
| 1.2.2. Antecedentes Nacionales         | 18        |
| 1.2.3. Antecedentes Locales            | 20        |
| <b>1.3. OBJETIVOS</b>                  | <b>21</b> |
| 1.3. Objetivo General                  | 21        |
| 1.3.2. Objetivos Específicos           | 21        |

**CAPÍTULO II****MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>2.1. MARCO REFERENCIAL</b>     | 22 |
| 2.1.1. Aguas Residuales           | 22 |
| 2.1.2. Parámetros Físicos         | 23 |
| 2.1.3. Parámetros Químicos        | 24 |
| 2.1.4. Parámetros Microbiológicos | 26 |
| <b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>      | 27 |
| <b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>       | 29 |
| <b>2.4. HIPÓTESIS</b>             | 30 |
| 2.3.1. Hipótesis General          | 30 |
| 2.3.2. Hipótesis Específicas      | 30 |

**CAPÍTULO III****METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

|  |    |
|--|----|
| <b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>                                    | 31 |
| <b>3.2. TAMAÑO DE MUESTRA</b>                                  | 32 |
| <b>3.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>                                 | 32 |
| 3.3.1. Muestreo  | 32 |
| 3.3.2. Toma de muestra   | 33 |
| 3.3.3. Equipos de muestreo, materiales e insumos utilizados    | 33 |
| 3.3.4. Etiquetado, rotulado y llenado de la cadena de custodia | 34 |
| 3.3.5. Análisis de laboratorio                                 | 35 |
| <b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>                        | 37 |

**CAPÍTULO IV****EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.1. Valores de la composición fisicoquímica y microbiológica del efluente de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito según la caracterización</b> | <b>38</b> |
| <b>4.2. Calidad de agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles</b>  | <b>48</b> |
| <b>4.3. Caracterización del efluente de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales del distrito de Chucuito Puno, en los factores fisicoquímicos y microbiológicos</b>                                | <b>50</b> |
| <b>CONCLUSIONES</b>   | <b>51</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b>  | <b>53</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>   | <b>54</b> |
| <b>ANEXOS</b>   | <b>59</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Tabla 01:</b> Límites Máximos Permisibles de agua para efluentes de PTAR.  | 29   |
| <b>Tabla 02:</b> Cuadro de distribución de muestras de agua PTAR .  | 33   |
| <b>Tabla 03:</b> Operacionalización de variables.   | 37   |
| <b>Tabla 04:</b> Resultados del análisis fisicoquímico de aguas residuales en un periodo de tiempo de cuatro meses en la toma de muestras del efluente de la PTAR del distrito de Chucuito. | 38   |
| <b>Tabla 05:</b> Resumen de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según los LMP - PTAR Chucuito.  | 48   |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Figura 01:</b> Ubicación geográfica de la zona de estudio, PTAR del Distrito de Chucuito.                                 | 31   |
| <b>Figura 02:</b> Toma de muestras del efluente de la PTAR del distrito de Chucuito.   | 33   |
| <b>Figura 03:</b> Etiquetado y rotulado de la toma de muestras in situ de las aguas residuales tratadas de la PTAR Chucuito. | 34   |
| <b>Figura 04:</b> pH del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.   | 39   |
| <b>Figura 05:</b> Temperatura del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.  | 40   |
| <b>Figura 06:</b> Sólidos Totales en Suspensión del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.                            | 41   |
| <b>Figura 07:</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.                            | 43   |
| <b>Figura 08:</b> Demanda Química de Oxígeno del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.                               | 44   |
| <b>Figura 09:</b> Aceites y grasas del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.   | 45   |
| <b>Figura 10:</b> Coliformes termotolerantes del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito                                | 46   |

## ÍNDICES DE ANEXOS

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Anexo 01:</b> Resultados del análisis de Laboratorio para la muestra: de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Localidad de Chucuito - Puno 2022                               | 60   |
| <b>Anexo 02:</b> Cadena de Custodia in situ en la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Localidad de Chucuito  | 64   |
| <b>Anexo 03:</b> Evidencias fotográficas  | 68   |
| <b>Anexo 04:</b> Matriz de Consistencia   | 71   |
| <b>Anexo 05:</b> Heladas en la Región Puno.   | 72   |
| <b>Anexo 06:</b> Anexo del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales | 74   |

## ÍNDICES DE ACRÓNIMOS

|       |   |
|-------|---|
| A&G   | Aceites y Grasas  |
| CE    | Conductividad eléctrica                                 |
| C. T. | Coliformes Termotolerantes                              |
| D. S. | Decreto Supremo   |
| DBO5  | Demanda Bioquímica de Oxígeno                           |
| DQO   | Demanda Química de Oxígeno                              |
| OD    | Oxígeno Disuelto  |
| pH    | Potencial de Hidrógeno                                  |
| LMP   | Límites Máximos Permisibles                             |
| OMS   | Organización Mundial de la Salud                        |
| SST   | Sólidos Suspendidos Totales                             |
| PTAR  | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales               |
| R.N.E | Reglamento Nacional de Edificaciones                    |
| MINAM | Ministerio del Ambiente                                 |
| RUPAP | Registro Único para el Proceso de Adecuación Progresiva |
| T°    | Temperatura   |

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Chucuito, ubicado en el Distrito de Chucuito, Provincia y Departamento de Puno, durante un periodo de tiempo de julio a octubre del año 2022, estableciéndose el objetivo general que es caracterizar el efluente de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales del distrito de Chucuito Puno 2022 en los factores fisicoquímicos y microbiológicos, para lo cual se establecieron dos objetivos específicos: a) Cuantificar los valores de la composición fisicoquímica y microbiológica del efluente de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito según la caracterización; y b) Comparar la calidad de agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles. La metodología aplicada fue mediante la toma de muestras in-situ en el efluente de la PTAR de Chucuito, para luego ser transportadas al laboratorio de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, y su posterior análisis de los parámetros SST, DBO5, DQO, A&G y C.T.; la medición del pH y la temperatura se realizó in-situ con un multiparámetro de marca "Ezodo" modelo 7200, las muestras fueron tomadas en cuatro repeticiones de julio a octubre. Los resultados promedios para los valores de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron para el pH fue de 6.84; la temperatura, 12.48 °C; los sólidos suspendidos totales, 214.64 mg/L; la DBO5, 75.8 mg/L; la DQO, 580.55 mg/L; los aceites y grasas, 1.58 mg/L; y los coliformes termotolerantes de 23.5 NMP/100mL; del total de siete parámetros analizados, cinco cumplen la normativa los que son el pH, temperatura, DBO5, A&G y coliformes termotolerantes, siendo los SST y la DQO los que se encuentran por encima de la norma; por lo que se puede afirmar que la caracterización del efluente de la PTAR del distrito de Chucuito no llegarían a causar mayor afectación al ecosistema en el Lago Titicaca según los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** aguas residuales, caracterización, efluente, parámetros.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the effluent of the Wastewater Treatment Plant of the District of Chucuito, located in the District of Chucuito, Province and Department of Puno, during a period of time for sampling from July to October of the year 2022. , establishing two specific objectives: a) Quantify the values of the physicochemical and microbiological composition of the wastewater effluent from the Chucuito district wastewater treatment plant according to the characterization; and b) Compare the water quality of the effluent from the Chucuito district wastewater treatment plant according to the Maximum Permissible Limits; which will allow us to determine the general objective that is to characterize the effluent of the Wastewater Treatment Plant of the district of Chucuito Puno 2022, in the physicochemical and microbiological factors. The methodology applied was by taking samples in-situ, the analysis of the samples in the laboratory of the Faculty of Chemical Engineering of the National University of the Altiplano of Puno of the parameters SST, DBO5, COD, A&G and C.T.; The measurement of pH and temperature was carried out in-situ with a multiparameter of the brand "Ezodo" model 7200. The average results for the values of physicochemical and microbiological parameters were for the pH it was 6.84; the temperature, 12.48 °C; total suspended solids, 214.64 mg/L; the BOD5, 75.8 mg/L; COD, 580.55 mg/L; oils and fats, 1.58 mg/L; and thermotolerant coliforms of 23.5 MPN/100mL; Of the total seven parameters analyzed, five comply with the regulations, which are pH, temperature, BOD5, A&G and thermotolerant coliforms, with TSS and COD being those that are above the norm; Therefore, it can be affirmed that the characterization of the effluent from the WWTP of the Chucuito district would not cause greater affectation to the ecosystem in Lake Titicaca according to the results obtained.

**Keywords:** characterization, effluent, parameters. wastewater

## INTRODUCCIÓN

Los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos urbanos ([Andrade, 2020](#)), desechos que en muchos casos son arrastrados por sistemas mal diseñados hacia Plantas de tratamiento de aguas residuales también mal diseñadas y que no brindan las condiciones básicas para brindar un buen tratamiento o no cuentan con personal capacitado para realizar las acciones de operación y mantenimiento, siendo esta una problemática no solo de nuestro país, sino también del mundo en general, lo que conlleva a que la capacidad de resiliencia con la que cuenta la naturaleza en sus diferentes componentes, disminuya ocasionando la consecuente destrucción de la misma.

La localidad de Chucuito, en la Provincia de Puno, ha crecido poblacional e inmobiliariamente por ser eminentemente turística (Valdez, 2016) y al igual que la localidad de Puno y los pueblos circunlacustres, el Lago Titicaca es su principal fuente hídrica de agua para consumo humano (Turpo & Cano, 2018) por lo que su cuidado y sostenibilidad es esencial para las generaciones futuras, a lo que la localidad de Chucuito cuenta con dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicadas al lado Sur y Norte de su territorio. Tanto la PTAR Norte como la que está ubicada en el Sur comparten las mismas características tanto en diseño, operación y mantenimiento, lo que nos permite que al analizar las condiciones de sus aguas residuales de la PTAR Norte se pueda inducir el aporte de contaminantes también de la PTAR Sur al Lago Titicaca, hipótesis planteada debido a ambas PTAR no cumple su función de manera eficiente (Valdez, 2016), lo que conlleva en el contexto planteado a realizar un estudio para determinar si la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), el Potencial Hidrógeno (pH), la Temperatura (T°), los Sólidos Suspendidos Totales (SST), los Aceites y Grasas (A&G) y los coliformes termotolerantes (C.T.) cumplen la normativa ambiental vigente en su efluente en su caracterización. En tal sentido la presente investigación expone a lo largo de sus capítulos el proceso que inicia en las directrices que describen los antecedentes, plantea el problema de investigación, las

preguntas de investigación, objetivos y la justificación, así también aborda el marco teórico y conceptual, la metodología y técnicas utilizadas para la toma de muestras, el análisis de laboratorio y la medición in-situ en el efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito y su posterior exposición de los resultados de la caracterización de efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito, su comparación con el D.S N° 003-2010-MINAM, para culminar en las conclusiones y recomendaciones dirigida a los órganos competentes en tratamiento de aguas residuales.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es conocido que el agua es el recurso natural de mayor importancia para el ser humano, sin embargo, cuando se contamina por la propia actividad del hombre, se tiende a disminuir su disponibilidad a nivel local y global en el planeta, las consecuencias de ello son una disminución importante del agua para las actividades de saneamiento de una ciudad y con ello una disminución de la calidad de vida en general de sus poblaciones (Aquino, 2017).

En el caso de la población de América Latina, se conoce que las mismas se hallan asentadas mayormente en ciudades en más de un 80% (CEPAL, 2012) lo que se traduce en una gran demanda de agua para cubrir sus necesidades básicas como alimentación y limpieza, sin embargo, la provisión de agua es aún insuficiente para cubrir dichas necesidades. Es así que más del 70% de las aguas residuales no son tratadas de ninguna forma, con esto se rompe de manera drástica el ciclo del agua (CEPAL, 2012). Así también se tiene identificado que un alto porcentaje de las aguas residuales se evacúan a diferentes cuerpos de agua sin un tratamiento previo y en otros casos con solo un tratamiento primario (Crites y Tchobanoglous, 2000).

En el caso del Perú, la situación del problema de la contaminación del agua y su deficiente tratamiento, se expresa señalando que se ha ejecutado únicamente el 30% de

la inversión pública en tratamiento de agua, según se manifiesta en Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015, además se reconoce que la contaminación del agua ocurre a tanto a nivel primario, secundario y terciario de las fuentes de agua, identificando a las sustancias de naturaleza orgánica e inorgánica como las principales contaminantes de origen domiciliario en las principales ciudades, todo este proceso pone en riesgo la salud pública de sus poblaciones. Respecto a la evaluación del funcionamiento de las plantas de tratamiento se indica que, de 143 plantas de tratamiento residual evaluadas, se ha determinado que únicamente el 14% cumplen con la normatividad vigente para el cabal funcionamiento de las mismas, mientras que el restante se encuentra con sobrecarga (OEFA, 2014).

En la región Puno se tiene diagnosticada la situación actual del tratamiento de aguas servidas, el principal problema ambiental identificado son los elevados volúmenes de agua que se descarga sin tratar o tratadas parcialmente hacia el lago Titicaca, contaminando algunos de sus ecosistemas, generando focos de contaminación y peligrando la preservación de áreas circunlacustres del lago, de las cuales la mayor parte no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales o estas son poco eficientes como las lagunas de oxidación que al descargar aguas contaminadas en el cuerpo receptor de agua pone en riesgo el equilibrio del medio ambiente, específicamente en la flora y fauna silvestre del lago con especies endémicas y otros recursos que las poblaciones ya no pueden utilizar o son usados de forma muy reducida. (Aquino, 2017).

En el caso específico de la población de Chucuito, se evidencia que su población residente se ha incrementado significativamente, puesto que se ubica en una zona eminentemente turística, donde se tiene instalados varios hoteles turísticos con flujo importante de visitantes tanto nacionales como extranjeros; cuenta con una población de 6716 habitantes (INEI, 2017), y 2784 viviendas, del total de viviendas el 77% (2133 viv.) cuenta con agua potable por red pública o pilón (SUNASS, 2022), sin embargo solo el

18% (502 viv.) cuentan con el servicio de desagüe, y según (Arias, 2021), indica que en el año 2020 la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAR) con que contaban en la localidad de Chucuito ya no era eficiente debido al exceso del caudal de ingreso, por tanto los efluentes de la misma presentaban parámetros con valores físico-químicos y microbiológicos elevados que podrían alterar el entorno donde son vertidas, y de abarcar el total de las viviendas en brecha, la necesidad de construir una nueva planta de tratamiento de aguas residuales es de vital importancia.

### **1.1.1. Problema General**

¿Qué características en los parámetros físicoquímicas y microbiológicas presentará el efluente del agua residual tratada de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales del distrito de Chucuito Puno 2022?

### **1.1.2. Problemas Específicos**

- ¿Qué valores en los factores físico-químicas y microbiológicas presentará el efluente del agua residual tratada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Chucuito?
- ¿Superarán los Límites Máximos Permisibles los parámetros físico-químicas y microbiológicas analizados en el efluente de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales de la localidad de Chucuito?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. Antecedentes Internacionales**

Echeverría et al. (2021) en su estudio: "Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales basada en lagunas de estabilización acopladas a un reactor anaerobio compartimentado" realizado en Cochabamba, Bolivia, aplicó una metodología que se desarrolló con la ampliación del dragado y mejora del sistema de lagunaje y se

implementó un Reactor Anaeróbico Compartimentado (RAC), además de un sistema de pre-tratamiento mejorado, obteniendo resultados que indican que el acondicionamiento de las lagunas logró mejorar la capacidad de tratamiento de aguas en la PTAR, la eficiencia general fue de 55, 67, 54, 80, 15 y 26% para los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO total, DQO soluble respectivamente, concluyendo que es importante realizar el mantenimiento y remoción periódica de lodos para optimizar el funcionamiento de la PTAR.

Oviedo et al (2019) en el estudio: "Evaluación técnica del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Primera Brigada de Infantería de marina Brim-1" realizado en Sucre, Bolivia, aplicó una metodología descriptiva, mediante la administración de entrevistas a los funcionarios que administran la operación y mantenimiento de la PTAR evaluada, así como visitas de inspección directas. en la PTAR Primera Brigada de Infantería, obteniendo resultados que indican que la PTAR no muestra un adecuado funcionamiento, debido a las deficiencias en su mantenimiento. Se determinó que la PTAR al ser rehabilitada, podría operar por el resto de su vida útil, puesto que el caudal observado en los años tiende a mantenerse relativamente constante por la naturaleza misma de la población militar que es rotativa, y concluye que la PTAR evaluada tiene las características físicas apropiadas, pero se requiere rehabilitar con el mantenimiento de la misma.

Sanchez y Matsumoto (2016) en su investigación: "Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias" realizado en Brasil, aplicaron un estudio descriptivo con la toma de muestras de agua de la PTAR en forma secuencial a lo largo de un año, con un levantamiento de batimetría en las lagunas facultativas primarias, además de un monitoreo de 24 horas y el seguimiento de su desempeño en 3 etapas. Los resultados indican una eficiencia de remoción de DBO de 80,2%; tres muestras presentaron un NMP de Coliformes Fecales menores al límite permisible de 1000/100mL; en la tercera etapa,

los sólidos sedimentables superaron el límite permisible de 1,0 mL/L. Se concluye que se debe implementar un sistema de pos tratamiento, para reducir los eventuales impactos ambientales producidos por los efluentes y los riesgos a la salud pública.

Ulco (2018) en su estudio: "Evaluación de la planta de tratamiento n° 3 de aguas residuales "Huaycopungo sur" de la parroquia San Rafael de la laguna, Cantón Otavalo, provincia de Imbabura – Ecuador", realizó por medio de muestras de agua y su posterior análisis en laboratorio, así como comparaciones con la normatividad vigente para el Ecuador la evaluación de la eficiencia de PTAR "Huaycopungo sur". Los resultados identificaron un caudal de la PTAR de 228 metros cúbicos por día, mientras que la proyección al año 2026 es de 235, metros cúbicos, es decir que la misma está a punto de llegar a su punto de máxima capacidad. Los resultados de los análisis de laboratorio indican que la  $DBO_5$  y la DQO cumple con los límites de la legislación, sin embargo, los compuestos organoclorados y organofosforados superaron los límites permisibles, concluyendo que la eficiencia de remoción es de 84% para SST, y en general se determinó una baja eficiencia de la PTAR.

### **1.2.2. Antecedentes Nacionales**

Cruz (2019) en su investigación: "Efectividad de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga, en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle, Huánuco", siguiendo el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, analizó siete parámetros físicos, químicos, y microbiológicos del agua del efluente de la PTAR Pacaypampa, obteniendo resultados para la  $DBO_5$  en el primer tramo de 127.1 mg/l, en el segundo punto de 343.7 mg/l y finalmente 325.7 mg/l, y la DQO fue de 505.4 mg/L. Los resultados del análisis

microbiológico de coliformes fecales en el afluente fue de 13, 000,000 NMP/100 mL, en la laguna disminuyó a 4, 900,000 NMP/100 mL, y en el efluente a 3, 300,000 NMP/100 mL.

Eduardo (2015) en su estudio: “Evaluación de la eficiencia de la remoción de nutrientes del efluente de la PTAR de la empresa Esmeralda CORP S.A.C. mediante el uso de humedales artificiales, empleando la especie *Typha domingensis* Pers. (Totora)”, realizado en Lima, realizó muestreos periódicos del agua de la PTAR y su análisis de laboratorio, obteniendo resultados que indican que el uso de la totora ha demostrado ser eficiente para remover el nitrógeno (nitrógeno total, amoniacal y nitratos), en un tiempo de implementación de nueve meses, esta eficiencia es en promedio de 90% para los elementos señalados. Se interpreta que las aguas del efluente tratado por el sistema HAFSS todavía no se puede utilizar en la acuicultura, puesto que todavía no se obtiene la calidad para el ECA- Agua (Categoría 4). Concluye que su sistema basado en la eficiencia, bajos costos, fácil operación y mantenimiento que presenta la PTAR Esmeralda, se puede utilizar en zonas rurales sin requerir instalaciones de sistema de alcantarillado.

Medina (2018) en su estudio: “Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de estabilización del sector Río Seco, distrito de la Joya, provincia de Arequipa”, mediante un estudio descriptivo, tomó muestras de agua en forma periódica y su análisis en laboratorio, cuyos resultados indican que la PTAR “Río Seco” no presenta las condiciones de estructura física, ni de operación para ser eficiente en el tratamiento de aguas servidas y cumplir con la normatividad existente en la actualidad. Se determinó que el efluente de la PTAR “Río Seco” supera los Límites máximos permisibles para la categoría de plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico o municipal (DS 003-2010-MINAM). Se concluye que se requiere ejecutar un rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales con el que se cuenta al momento del estudio.

Oblitas y Rengifo (2019) en su estudio “Evaluación de la calidad de efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales de la localidad de Awajún, Rioja – San Martín” se tomó una muestra de agua de 500 mL para cinco puntos de muestreo, ejecutados una vez por semana durante los meses de febrero y marzo, se analizaron en laboratorio los parámetros físicos químicos y microbiológicos y se obtuvo como resultado que los Coliformes termotolerantes fueron de 302,83 NMP/100 mL, el pH de 7,83 unidades, temperatura media de 25,78 °C, la DBO<sub>5</sub> de 31 mg/L y los sólidos totales en suspensión de 98.3 mg/L.

### 1.2.3. Antecedentes Locales

Andrade (2020) en su investigación: “Evaluación de la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Macusani, región Puno – 2020”, desarrolló con mediciones in-situ y ex-situ de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, evaluaciones según los ECA para aguas y LMP para efluentes de PTAR, cuyos resultados indican que el pH es de 7.56, la temperatura de 20.1 °C, los SST fueron de 44 mg/L, la DBO<sub>5</sub> fue 100 mg/L, la DQO de 209 mg/L, los aceites y grasas con 0.32 mg/L; los que no superan los LMP para efluentes de PTAR. Los coliformes termotolerantes tuvieron una concentración de 11000 NMP/100 mL que supera lo indicado en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Se concluye una eficiencia de remoción de la DBO<sub>5</sub> de 93.42%, en la DQO es 94.88%, en SST es 67.16% y en los Coliformes Termotolerantes fue de 77.55%.

Medrano et al. (2020) en su estudio: “Operatividad de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas circunlacustres al lago Titicaca-sector Perú y el marco legal en defensa de los ecosistemas”, tomó la muestra fue de 16 plantas de tratamiento a lo largo del ámbito peruano circunlacustre del lago Titicaca, obteniendo resultados que evidencian que en los últimos 5 años el 56.25% de plantas no recibieron mantenimiento y en un 43.75% se ejecutó solamente un mantenimiento parcial, por lo que la mayor parte de

ellas no funcionan al 100% de su capacidad, se identificó como principales limitantes la falta de recurso financieros para el mantenimiento, falta de personal calificado para su operación, carencia de protocolos entre otras. Se concluye que en el área circunlacustre del lago Titicaca las PTAR en número de 16 no presentan un tratamiento eficiente de las aguas servidas, lo que indica que los efluentes estarían causando proceso de contaminación en este ámbito de evaluación.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3. Objetivo General**

Caracterizar el efluente de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales del distrito de Chucuito Puno 2022, en los factores fisicoquímicos y microbiológicos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Cuantificar los valores de la composición fisicoquímica y microbiológica del efluente de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito según la caracterización.
- Comparar la calidad de agua del efluente en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito con los Límites Máximos Permisibles.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO REFERENCIAL

##### 2.1.1. Aguas Residuales

Se denomina aguas residuales a aquellas aguas que se recogen en las ciudades urbanizadas, estas tienen su origen en la actividad humana doméstica como son la preparación de alimentos y limpieza, por tanto, estas aguas se hallan mezcladas con otros elementos de actividades comerciales, industriales y agrarias integradas en el núcleo urbano, así como también por el de lluvia (EMSAPUNO, 2011).

Asumiendo los aspectos cuantitativos y cualitativos, se pueden clasificar estas aguas en categorías como:

- Aguas blancas o pluviales. Son aguas que provienen de la precipitación de lluvia, las cuales son drenadas por medio de alcantarillas, se caracterizan porque son estacionales y de intermitencia en su localización, además presentan escasa contaminación, sin embargo, sus caudales son importantes y pueden superar la capacidad de conducción del sistema de alcantarillado. Su carga contaminada se incorpora al agua al atravesar la atmósfera, o por el lavado de superficies y terrenos (escorrentía superficial).
- Aguas negras o urbanas. Son las aguas que son utilizadas en los hogares, producto de sus actividades cotidianas, de actividad comercial, industrial, agrícola, etc.

Sus caudales son menores y más regulares y su contaminación es mayor a la categoría anterior.

- Aguas grises. Son aguas que tienen su origen en las bañeras, duchas y lavabos, presentan menor contaminación y que se pueden tratar con métodos simples, además tienen capacidad para reciclarse y reutilizarse fácilmente.

### 2.1.2. Parámetros Físicos

- **Temperatura**

Se define como el grado de calor del agua, su importancia es debido a tiene relación con el crecimiento bacteriano, así como en ciertas reacciones químicas en el medio acuoso, además de presentar una relación inversa con el contenido de oxígeno, así también interviene en la precipitación de algunos compuestos y su variación depende de la temperatura del ambiente. Su medición se realiza de manera directa con un termómetro (Medrano et al., 2020).

- **pH**

Señala la concentración de iones de hidrógeno presentes en el agua, sus valores varían en una escala de valor mínimo de 0 hasta un máximo de 14, cuando los valores se encuentran debajo de 7 se interpreta que las aguas son ácidas y por encima se consideran alcalinas, por lo general el agua normalmente presenta valores cercanos a 7 es decir un valor neutro. La medición de este parámetro se realiza con pH metro (Sánchez y Matsumoto, 2016).

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

Los sólidos suspendidos son utilizados en la evaluación de afluentes y determinan la necesidad de filtrar el efluente antes de su reúso, los sólidos volátiles son la materia orgánica y los sólidos fijos son el residuo inorgánico y para Metcalf y Eddy, (1998) los

sólidos suspendidos son uno de los dos estándares universales usados en la evaluación de afluentes junto con la DBO y señalan la necesidad de filtrar el efluente antes de su reúso. El (MINAM, 2010) indica que un nivel permitido para efluentes de SST es de 150 mg/L (Molina, 2018).

- **Aceites y grasas**

Cuando se realizan los análisis de laboratorio en muestras de agua de efluentes de PTAR, en realidad se busca determinar las grasas y aceites, pero no en una cuantificación específica, sino que se determinan grandes grupos de sustancias con características físicas similares, para ello se considera la propiedad de solubilidad en solventes. Las grasas y aceites son la denominación de cualquier sustancia que presente solubilidad frente al n-hexano, así se tiene otros materiales extraídos por el solvente de la muestra acidificada, tales como compuestos azufrados, algunos colorantes orgánicos y clorofila, no volatilizados durante el ensayo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

### 2.1.3. Parámetros Químicos

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro obtenido por análisis de laboratorio, en el cual se determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, para ello se requiere condiciones específicas, tanto del agente oxidante, de temperatura y tiempo de duración.

Puesto que en el agua se encuentra sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables, estas se deben oxidar por medio de un sistema de reflujo cerrado en presencia de una solución fuertemente ácida ( $H_2SO_4$ ), además se debe adicionar un exceso de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ), también se requiere la presencia de sulfato de plata ( $Ag_2SO_4$ ) que cumple el rol de agente catalizador, además se debe incluir el sulfato mercurico ( $HgSO_4$ ) con el cual se

consigue eliminar la interferencia de presencia de los cloruros. Se lleva adelante un proceso de digestión, posteriormente se titula el  $K_2Cr_2O_7$  restante en la muestra, el titulante es sulfato ferroso amoniacal para determinar el consumo de dicromato de potasio que ha sido consumido, luego por cálculos de conversión analítica se obtiene el oxígeno equivalente. Para muestras de un origen específico, la DQO se puede relacionar de forma empírica con la DBO o con resultados de análisis de carbono orgánico o la materia orgánica (Sehircilik, 2019).

Se conoce que la literatura señala que las aguas residuales crudas presentan una demanda química de oxígeno en el rango de 150 y 1000 mg/L, mientras que las aguas residuales depuradas o tratadas no deberían superar los 100 mg/L. y el (MINAM, 2010) establece un valor límite de 200 mg/L de DQO para efluente de PTAR.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

El proceso de oxidación por microorganismos de la materia orgánica que se encuentra contenida en las aguas residuales, es una de las principales reacciones químicas que se desarrollan con la presencia de oxígeno, este proceso es llevado a cabo por una serie de microorganismos heterotróficos (Sehircilik, 2019).

Para analizar este consumo de oxígeno se lleva a cabo mediante la denominada  $DBO_5$  que se desarrolla en un lapso de cinco días de incubación de las muestras de agua, para ello se realiza la medición de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos para lograr estabilizar la materia orgánica biodegradable, la prueba se desarrolla en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno), con una temperatura constante de 20 °C (Servicios Analíticos Generales S.A.C, 2016).

Los estándares indican que en aguas residuales de origen doméstico la DBO a cinco días presenta una media de 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable disponible, por ello este ensayo biológico debe realizarse por una persona profesional capacitada para obtener resultados confiables. La medición de la cantidad de oxígeno consumido por

microorganismos vivos para degradar la materia orgánica presente en un residuo, por ello se debe asegurar que el oxígeno este siempre presente a lo largo de los cinco días de duración. También se deben asegurar que las condiciones del medio sean las adecuadas para el desarrollo de los microorganismos, esto incluye el alimento necesario básicamente compuesto por el nitrógeno y fósforo, se debe verificar que no existan sustancias tóxicas en la muestra porque puede alterar los resultados finales, así mismo se debe proveer una cantidad suficiente de microorganismos semilla que garanticen la degradación de la materia orgánica presente en el agua (Larios et al., 2015)

Si bien existen variaciones de los métodos para determinar la DBO, por lo general se aplica para aguas residuales domésticas e industriales el intervalo de 2 a 5000 mg/L. Se utiliza la técnica de electrométrico, en donde se determina el oxígeno disuelto consumido por los microorganismos en sus procesos metabólicos para conseguir la degradación de la materia orgánica, la temperatura recomendado de incubación es del rango de  $20 \pm 30$  °C, este proceso se desarrolla en oscuridad y utilizando frascos color caramelo para evitar interferencias por el proceso de fotosíntesis, todo el proceso se desarrolla por cinco días (Díaz et al., 2011)

#### 2.1.4. Parámetros Microbiológicos

- **Coliformes termotolerantes**

Grupo de organismos coliformes que tienen la capacidad de fermentar la lactosa a una temperatura de 44 a 45 °C, en este grupo se encuentran microorganismos como Escherichia, Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter entre otras, los cuales se encuentran en las heces del ser humano y animales, los resultados de laboratorio se expresan en UFC/100 ml (Cruz, 2019)

Las fuentes de las cuales pueden provenir los coliformes termotolerantes son los vertidos domésticos de aguas residuales de alcantarillado público, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, es decir aquellas que tienen contacto con las

heces fecales tanto del hombre como de animales. Este grupo de bacterias se encuentran en el grupo de coliformes y su hábitat natural es el intestino, en las heces humanas y en las de animales de sangre caliente (Marchand, 2002).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Aguas residuales:** aguas con una composición variada, cuyo origen son descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos.

**Parámetros físico-químicos:** indicadores fisicoquímicos del agua, que permiten interpretar la calidad o el estado de las mismas.

**Potencial de Hidrógeno:** se emplea para expresar la intensidad de la acidez, la basicidad o la alcalinidad. El pH no indica la cantidad de compuestos ácidos o alcalinos en el agua, sino la fuerza que éstos tienen. (Rodríguez, 2009).

**Temperatura:** Es uno de los parámetros físicos más relevantes en el agua, puesto que generalmente influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la sanitización y los procesos de mezcla. (Quiñones & Montilla, 2016).

**Sólidos Totales Suspendidos:** Los sólidos disueltos conforman una medida de la parte de los sólidos en una muestra de agua que pasa por medio de un peso nominal de 2.00  $\mu\text{m}$ . Son relevantes, para controlar los procesos biológicos y físicos de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento, que regulan su vertimiento. Las sustancias no disueltas, son los sólidos suspendidos y se evalúan mediante la turbiedad. (Quiñones & Montilla, 2016).

**Demanda Química de Oxígeno:** La DQO es la proporción de oxígeno disuelto que necesita la materia orgánica para ser oxidada por un agente químico oxidante. Esta es

superior a la DBO, debido a que tiene más grande número de compuestos que tienen la posibilidad de oxidarse químicamente que biológicamente. (Quiñones & Montilla, 2016).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno:** La DBO es la cantidad de oxígeno disuelto que requiere la materia orgánica para ser oxidada por las bacterias, en condiciones aeróbicas. El DBO5 es el parámetro más usado para la determinación de la calidad de agua, este es característico por analizarse durante 5 días, ya que es el tiempo y oxígeno requerido para la degradación de la materia orgánica. Respecto a la concentración de este parámetro, para ser descargado a un cuerpo de agua debe alcanzar los 100 mg/l (Quiñones & Montilla, 2016).

**Aceites y grasas:** Los aceites y grasas se definen en los métodos estándar, como “cualquier material recuperado en la flora de una sustancia soluble en el solvente”. El triclorofluorometano es el solvente recomendado; sin embargo, debido a los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos. El aceite es perjudicial para la vida acuática porque forma una película sobre la superficie del agua, reduce la aireación y disminuye la penetración de luz solar necesaria para la fotosíntesis de las plantas acuáticas (Quiñones & Montilla, 2016).

**Planta de tratamiento:** instalaciones físicas donde se realiza la limpieza del agua servida y las aguas residuales para que pueda ser devuelto de forma segura al medio ambiente.

**Parámetros microbiológicos:** variable que determina la calidad del agua, se obtienen por la identificación y aislamiento de bacterias tales como:

**Coliformes Totales y Fecales:** Conjunto de organismos coliformes que poseen la función de fermentar la lactosa a una temperatura de 44 a 45 °C, en este conjunto se hallan microorganismos como Escherichia, Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter entre otras, los cuales se hallan en las heces de las personas y animales, los resultados de laboratorio se manifiestan en UFC/100 ml. (Cruz, 2019).

### 2.3. MARCO NORMATIVO

- ❖ La normatividad legal respecto al uso del agua, se fundamenta en las siguientes leyes principales.
- ❖ Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- ❖ Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- ❖ Decreto Supremo N° 003- 2010 - MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales

En estos documentos se establecen los usos de los recursos hídricos, así como la normatividad para su buen uso y conservación de los mismos, como un recurso para todos los peruanos.

Los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Establecen la medición del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 01:** Límites Máximos Permisibles de agua para efluentes de PTAR.

| PARÁMETROS                    | UNIDAD DE MEDIDA | LMP EFLUENTE PTAR |
|-------------------------------|------------------|-------------------|
| Aceites y grasas              | mg/L             | 20                |
| Coliformes Termotolerantes    | NMP/100mL        | 10000             |
| 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               | menor a 35        |

**Fuente:** Ministerio del Ambiente - MINAM (2010).

## 2.4. HIPÓTESIS

### 2.3.1. Hipótesis General

- La caracterización físicoquímicas y microbiológicas del efluente de las aguas de la PTAR del distrito de Chucuito presentan concentraciones por encima de la norma ambiental vigente.

### 2.3.2. Hipótesis Específicas

- La composición físicoquímica y microbiológica del agua residual del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales presenta concentraciones altas para cada parámetro analizado.

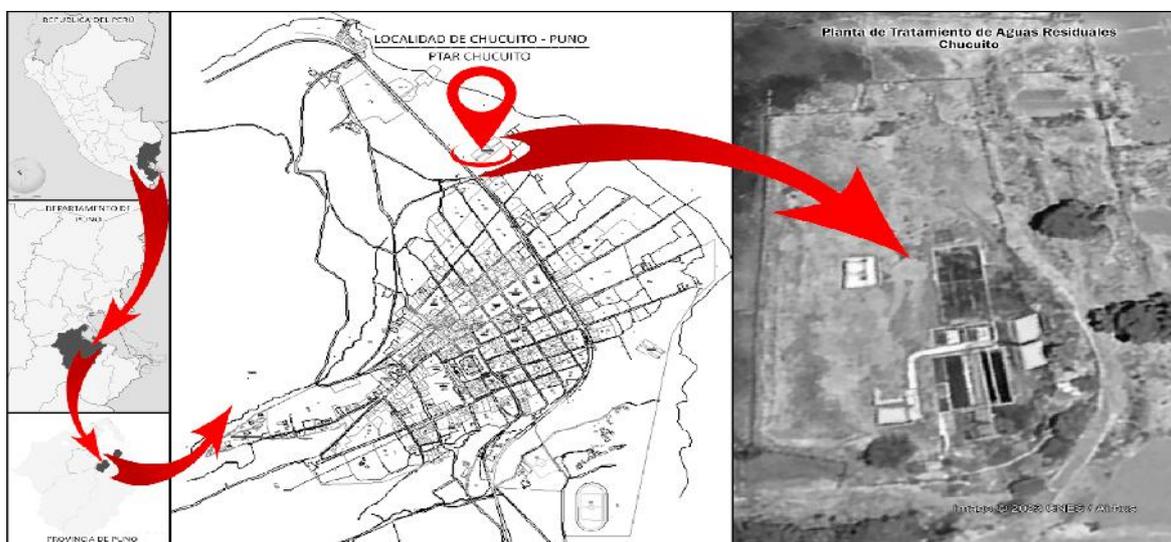
- Los valores promedio del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sobrepasan los Límites Máximos Permisibles

## CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La localidad de Chucuito es la capital del distrito del mismo nombre, se halla ubicado en la Provincia de Puno, en el Departamento de Puno, se sitúa a unos 18 km de la ciudad de Puno (capital de la región), a una altitud de 3875 msnm, su población es de 7913 habitantes, la cual tiene actividades económicas principales la agricultura, ganadería y el comercio.



**Figura 01:** Ubicación geográfica de la zona de estudio, PTAR del Distrito de Chucuito.

<https://www.google.com/maps/@-15.887525,-69.8893655,47m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

### 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

- Población: La población abarca el total de aguas residuales que efluyen previo tratamiento de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Chucuito.
- Muestra: La muestra consiste en un (01) punto de muestra en el efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales ubicado en las coordenadas UTM 84195, en cuatro (04) repeticiones en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre del 2022, que nos permite tener una mayor representatividad en los resultados.

### 3.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.3.1. Muestreo

Se tomaron las muestras de agua siguiendo los protocolos establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, para ello se utilizaron recipientes de plástico estériles de primer uso de un litro de capacidad; en el momento de tomar la muestra se realizó un enjuague previo con las aguas del efluente. Luego de obtenida la muestra el recipiente se rotulan los frascos con las etiquetas de los datos del punto de muestreo, las coordenadas UTM, la fecha y la hora, además del nombre del personal técnico que hizo el muestreo. Los recipientes fueron inmediatamente almacenados en un contenedor tipo cooler a una baja temperatura para evitar reacciones, estas muestras fueron remitidas de manera inmediata al laboratorio de facultad de química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno para su análisis; además que con ayuda de un multiparámetro de marca "Ezodo" modelo 7200 se realizó la medición del pH y la temperatura in situ. (Autoridad Nacional del Agua, 2016)

**Tabla 02:** Cuadro de distribución de muestras de agua PTAR Chucuito en cuatro meses.

| Lugar    | Muestra 1<br>Julio | Muestra 2<br>Agosto | Muestra 3<br>Setiembre | Muestra 4<br>Octubre | Coordenadas<br>UTM |
|----------|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| Efluente | 1                  | 1                   | 1                      | 1                    | E: 404834,445      |
| Total    | 1                  | 1                   | 1                      | 1                    | N: 8243346.22      |

<https://www.google.com/maps/@-15.887525,-69.8893655,47m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

### 3.3.2. Toma de muestra

Las muestras fueron tomadas en un periodo de tiempo de cuatro meses ( de julio a octubre del 2022), que abarcarán el tiempo de bajas temperaturas, estiaje y primeras lluvias, que permitirán evaluar de una forma más coherente la caracterización de las agua residuales y su comportamiento en el tiempo de estudio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chucuito.



**Figura 02:** Toma de muestras del efluente de la PTAR del distrito de Chucuito.

### 3.3.3. Equipos de muestreo, materiales e insumos utilizados

- Medidor multiparamétrico y GPS marca “Ezodo” modelo: 7200
- Recipiente de vidrio con capacidad de 1 litro para la toma de muestras de agua residual
- Recipiente de plástico con capacidad de 1 litro para la toma de muestras de agua residual
- Recipiente con boca ancha para aceites y grasas, debidamente esterilizadas

- Equipo de refrigeración apropiado para transporte de las muestras
- Cinta para etiquetar las muestras
- Zapatos de seguridad
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla
- Mandil
- Cámara fotográfica.
- Cadena de custodia
- Tablero.

#### 3.3.4. Etiquetado, rotulado y llenado de la cadena de custodia

El rotulado se llevó cabo inmediatamente después de tomadas las muestras, el que fue llenado con letra clara y legible, y con los datos que dan a conocer el número de muestra, la fecha y hora de la toma de muestra in situ y el nombre del operador, para ser rotulado y etiquetado en el envase que contiene la muestra de agua residual tratada.



**Figura 03:** Etiquetado y rotulado de la toma de muestras in situ de las aguas residuales tratadas de la PTAR Chucuito.

El llenado de la cadena de custodia se llevó a cabo después del rotulado y etiquetado de las muestras, ahí se llenaron los datos de los valores tomados in situ por el multiparamétrico (pH y temperatura), así como datos del tipo de recipiente utilizado, tipo

de muestra de agua, el volumen de la muestra, código de la muestra, condiciones de conservación, fecha y hora de la toma de muestra, ubicación con coordenadas utm, etc. (ver Anexo N° 02)

### **3.3.5. Análisis de laboratorio**

- **Determinación de pH**

Se utilizará el equipo pH-metro, el cual consta de un electrodo, el cual se encuentra calibrado con una solución estándar, se realiza el lavado del mismo con agua bidestilada utilizando una piseta, luego se vierte la muestra de agua en un vaso de precipitado de capacidad de 50 ml, se introduce el electrodo y se lectura el valor en el panel digital, esperando que la misma se estabilice (OPS y OMS, 2013).

- **Temperatura**

Para la medición de este parámetro, se utilizará la medición directa en la muestra de agua, para ello se introducirá el sensor hasta cubrirlo con el agua de muestra, realizando la lectura en el panel digital, la anotación se debe realizar en el momento que se estabilice la lectura. Se realizaron las mediciones para cada una de las muestras de agua (Romero, 2005).

- **Análisis de aceites y grasas**

El análisis de aceites y grasas en aguas de efluentes de PTAR, se realizará por el método de Extracción Soxhlet, especificado como Métodos Estándar 5520, en este método se define "aceite y grasa" como cualquier sustancia recuperada con propiedades de solubilidad frente a un solvente. Inicialmente la muestra de agua residual se acidifica con ácido clorhídrico, luego se realiza la extracción o digestión en un sistema Soxhlet en la Unidad de Extracción E-816 SOX. Posteriormente que el extracto se haya secado hasta un peso constante, la cantidad de aceite y grasa se determina gravimétricamente (peso).(OPS y OMS, 2013).

- **Análisis de la demanda química de oxígeno (DQO)**

Para determinar analíticamente la DQO se mide en realidad la materia orgánica existente en la muestra de agua, utilizando un agente oxidante químico, el cual debe ser lo bastante fuerte para producir reacciones con cualquier forma de materia orgánica presente, este agente es el dicromato de potasio, el cual está formado por una sal de cromo hexavalente, su coloración es naranja brillante y un oxidante muy potente, estimándose una oxidación de 95 a 100% del material orgánico, terminado este proceso la misma se convierte a una forma trivalente de cromo, que es de un color verde opaco, Posteriormente de la digestión se realiza en las muestras de agua con una cantidad determinada del oxidante, además de ácido sulfúrico y a una temperatura de 150 °C. La incorporación de sales metálicas permite anular cualquier posible interferencia y con efecto catalizador durante el proceso de digestión, el tiempo de reacción es de 2 horas.

Al realizar la digestión se debe procurar mantener siempre un excedente de la sustancia oxidante; para garantizar una oxidación completa de la materia orgánica de la muestra, para determinar dicha cantidad se procede a titular la misma con sulfato de amonio ferroso (FAS).(Romero, 2005).

- **Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Se realiza la homogeneización completa de la muestra y traslada en un vaso de precipitados, se debe ajustar el pH de la muestra entre un rango de 6.5 y 7.5, esto se consigue con la utilización de ácido sulfúrico a 1 M o hidróxido de sodio 1 M, según sea el caso, la adición del mismo debe ser en pequeñas cantidades y ello se realiza con la pipeta Pasteur. Luego se debe disponer de cuatro botellas tipo Winkler, las cuales ya deben estar rotuladas con la información de la muestra, así como el número de dilución, se debe registrar de manera exacta el volumen de la botella. En estas botellas se debe adicionar la muestra de agua ya diluida de ser requerido, entonces se adiciona los 2 mL de cepa de microorganismos, se completa con agua hasta la mitad del cuello de la

botella, para que al introducir el electrodo en las mediciones no se produzca pérdida de muestra. Se realiza la lectura del oxígeno al inicio en las cuatro botellas, se debe procurar que no se produzca intercambio de oxígeno con el ambiente. Si al medir el oxígeno disuelto al inicio se tiene una lectura menor de 6, se debe preparar otra botella utilizando un volumen de muestra menor a la inicial. Se registran los datos y se lleva a incubación a temperatura de 20° +/- 3 °C por el lapso de cinco días. Al quinto día se lee el Oxígeno disuelto residual. Calcular la DBO<sub>5</sub> con los resultados obtenidos. (De la Vega, 2012).

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 03:** Operacionalización de variables.

| VARIABLE DE ESTUDIO                            | DIMENSIONES    | INDICADORES                   | UNID. MEDIDA |
|--|----------------|-------------------------------|--------------|
| Agua residual del efluente de la PTAR chucuito | Físicos        | pH                            | Unidad       |
|  |                | Sólidos Totales Suspendidos   | mg/L         |
|  |                | Temperatura                   | °C           |
|  | Químicos       | Aceites y grasas              | mg/L         |
|  |                | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L         |
|  |                | Demanda Química de Oxígeno    | mg/L         |
|  | Microbiológico | Coliformes Termotolerantes    | NMP/100 mL   |

## CAPÍTULO IV

## EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

**4.1. Valores de la composición fisicoquímica y microbiológica del efluente de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito según la caracterización**

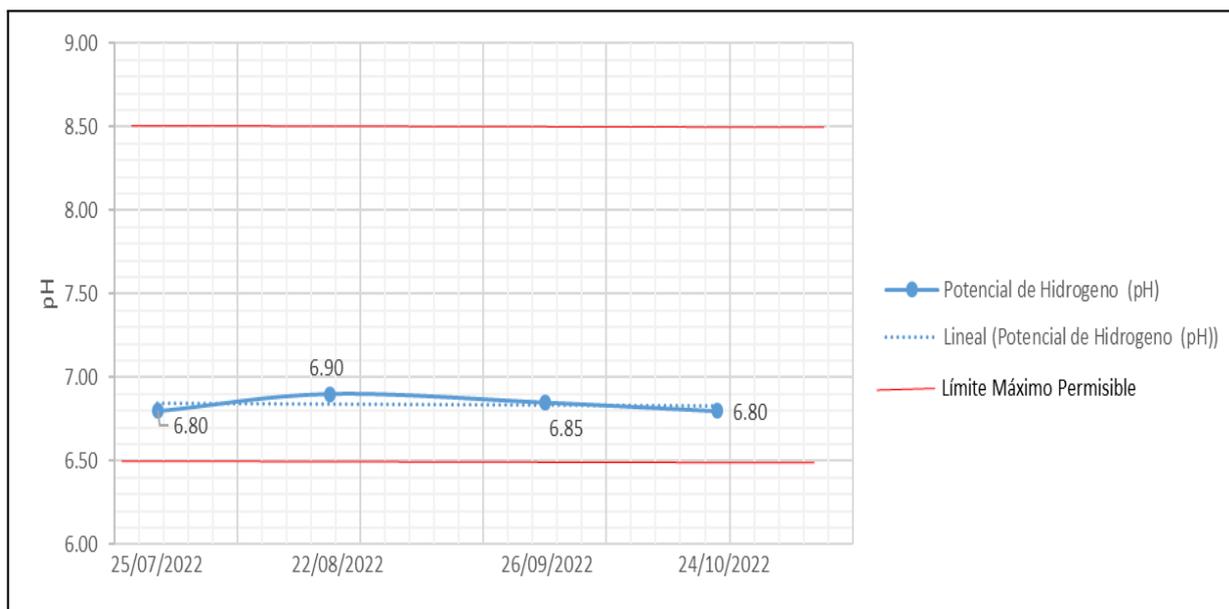
**Tabla 04:** Resultados del análisis fisicoquímico de aguas residuales en un periodo de tiempo de cuatro meses en la toma de muestras del efluente de la PTAR del distrito de Chucuito.

| PARÁMETROS<br>FISICOQUÍMICAS              | Fecha de toma de muestras |            |            |            |
|---|---------------------------|------------|------------|------------|
|   | 25/07/2022                | 22/08/2022 | 26/09/2022 | 24/10/2022 |
| Potencial de Hidrógeno (pH)               | 6.80                      | 6.90       | 6.85       | 6.80       |
| Temperatura (°C)                          | 11.90                     | 12.00      | 12.00      | 14.00      |
| Sólidos Totales en Suspensión (mg/L)      | 0.06                      | 172.86     | 500.00     | 185.63     |
| Demanda Química de Oxígeno (mg/L)         | 194.43                    | 560.48     | 985.00     | 580.55     |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)      | 60.20                     | 51.00      | 117.00     | 75.00      |
| Aceites y grasas (mg/L)                   | 1.40                      | 1.62       | 1.70       | 1.60       |
| Bacterias coliformes totales (NMP/100 ml) | 23.00                     | 23.00      | 23.00      | 25.00      |

La tabla 04 presenta el resumen de los resultados del análisis de laboratorio de los parámetros analizados del efluente de agua residuales de la Planta de Tratamiento de

Aguas Residuales de la calidad de Chucuito, la interpretación de los mismos responderán a la primera hipótesis específica planteada en la investigación.

● **Potencial de hidrógeno (pH)**



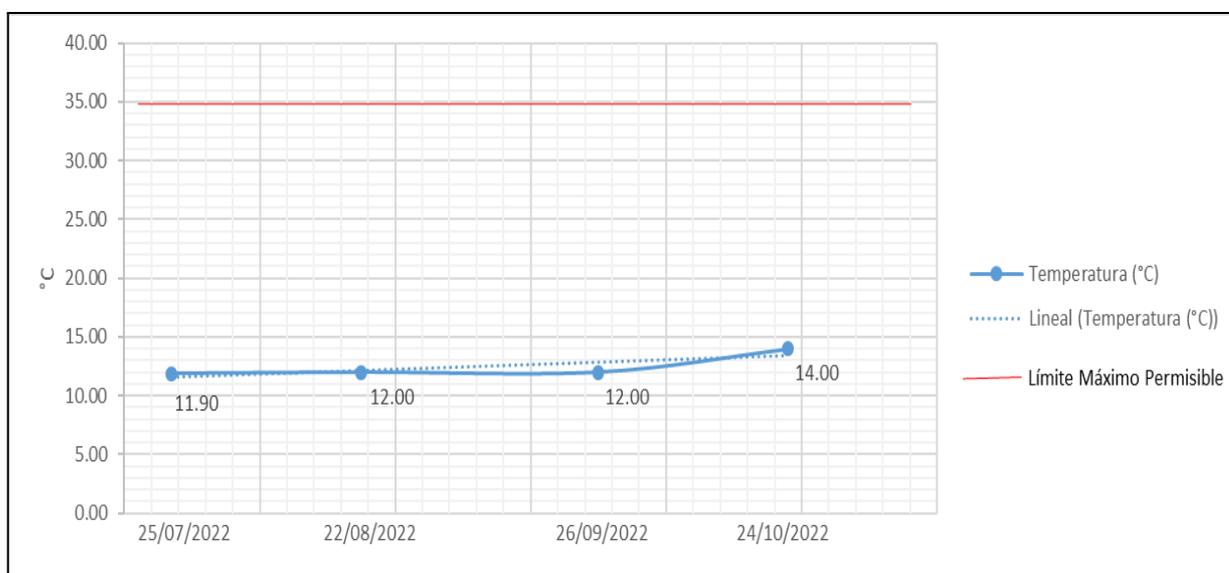
**Figura 04:** pH del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.

La figura 4 presenta los resultados de los valores del pH para cada una de las cuatro repeticiones realizadas en la presente investigación, obteniéndose resultados con una máxima de 6.9 en el mes de julio y una mínima de 6.8 en los meses de julio y octubre, predominando su neutralidad a lo largo del tiempo, pero que sin embargo presenta una tendencia al descenso a medida que se presentan las lluvias, esto debido a las condiciones naturales del agua de lluvia con tendencia a la acidez y que se mezclan durante todo el proceso de tratamiento de las aguas residuales.

Los valores obtenidos son semejantes a los de Quinto (2018) en el efluente de la PTAR Elías Soplín Vargas, con valores que van desde 6.75 a 6.88 y Quiñones & Montilla (2016) con valores que van de 5.7 a 6.14 en las muestras tomadas del efluente tomado en el puerto productores, valores con ligera tendencia a la acidez, en contraparte Andrade (2020) en su trabajo de investigación realizado en la PTAR de Macusani obtuvo valores

que van de 7.4 a 8.5 y Taipe (2017) quien obtuvo un valor promedio entre 7.6 y 7.9 en las 6 repeticiones realizadas en el efluente del PTAR de la ciudad de Manta, sin embargo cada uno de los resultados obtenidos por los investigadores en mención se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles y se mantienen constantes en el tiempo; pero no todos los resultados en las investigaciones mantienen esta característica, este es el caso de Oblitas & Rengifo (2019) en el efluente de la PTAR de la localidad de Awajún, con valores que van de 6.4 hasta 10, valores fluctuantes que cambian en un periodo de un mes que superarían la normativa ambiental vigente.

- **Temperatura**

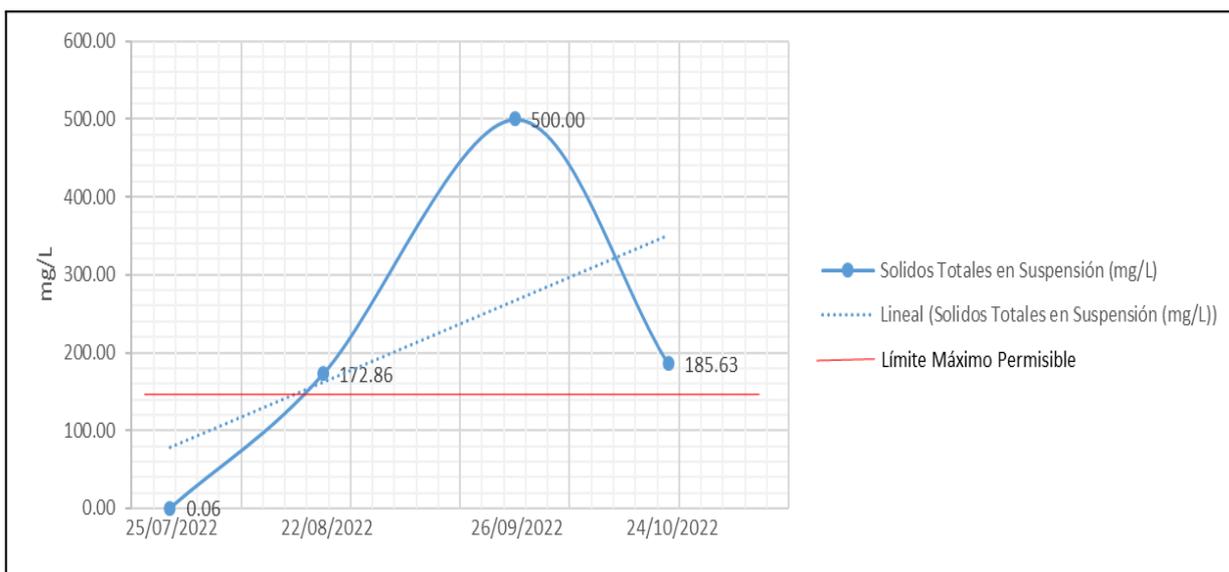


**Figura 05:** Temperatura del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.

La figura 5 nos muestra los valores de la temperatura del efluente del agua residual tratada de la PTAR del distrito de Chucuito, con una máxima de 14°C para el mes de octubre y una mínima de 11.9°C para el mes de julio, con una tendencia hacia a ganar temperatura a medida que se presentan las lluvias, factor ambiental que refiere la humedad presentada en el ambiente y que transfiere el calor acumulado por la radiación solar.

El presente por las condiciones climáticas en donde se encuentra ubicado la PTAR del Distrito de Chucuito presenta temperaturas menores a las que se halló Quinto (2018); Quiñones & Montilla (2016); Oblitas & Rengifo (2019) para las PTAR de Elías Soplín Vargas, puerto productores y Awajún respectivamente, cuyos valores van de 23°C hasta 32°C, las características de las PTAR en mención se encuentran ubicadas en la sierra central, con un clima más cálido que el de la provincia de Puno; sin embargo es de conocimiento que la ciudad de Macusani que se encuentra al pie del nevado Allincapec y con un clima frío y seco, que, según Andrade (2020) en su trabajo de investigación realizado en la PTAR de Macusani obtuvo valores que van de 14.4°C a 35°C, llegando al límite máximo permisibles para su efluente y que cumple con el decreto supremo N° 003.2010-MINAM.

- **Sólidos Suspendidos Totales**



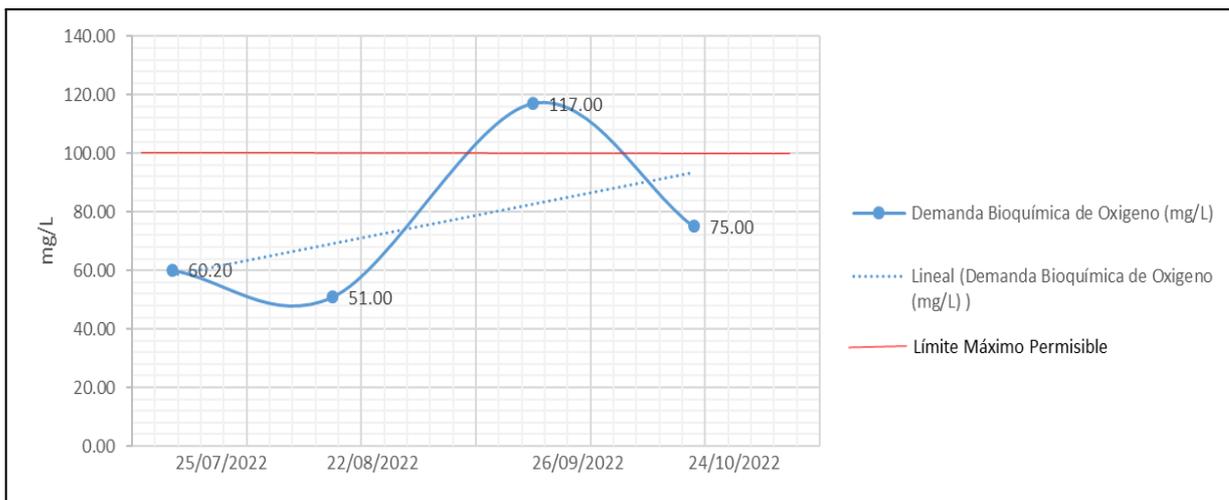
**Figura 06:** Sólidos Totales en Suspensión del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.

La figura 6 nos presenta lo valores de los sólidos totales en suspensión en el efluente de la PTAR del distrito de Chucuito, con una máxima de 500 mg/L en el mes de setiembre donde se presenta las primeras lluvias, las que arrastran al sistema de desagüe también

las aguas de escorrentía superficial hacia los drenes pluviales, los que también están conectados al sistema de desagüe, que incrementan los sólidos suspendidos en todo el tratamiento de las aguas residuales, hecho que se evidencia en la posterior toma de muestra, donde el valor obtenido fue de 185.63 mg/L, valor que disminuye considerablemente por haber soportado la PTAR la primera carga a modo de limpieza del centro urbano, que a continuidad de las lluvias, los sólidos suspendidos se vuelven a estabilizar; el valor mínimo se encuentra en el mes de julio con 0.06 mg/L, tiempo en donde los vientos de mayo y junio se disminuyen considerablemente, existiendo un limitado aporte de polvo y demás elementos en el tratamiento de aguas residuales provenientes de chacras aledañas a la PTAR en contrariedad del mes de agosto donde vuelven los vientos a la región Puno.

Oblitas y Rengifo, (2019) en su investigación realizada en el sistema de tratamiento de aguas residuales municipales de la localidad de Awajun Rioja - San Martín obtuvo un resultado en el efluente 98.3 mg/L, semejante a los resultado de Andrade, (2020) para las plantas de tratamiento de aguas residuales de las ciudades Awajun Rioja y Macusani; Quinto (2018) en el efluente de la PTAR Elías Soplín Vargas obtuvo resultados cercanos al umbral de LMP con valores de 108 mg/L a 120 mg/L, ya con valores por debajo de la norma se tiene a Quiñones & Montilla (2016) con valores que van de 13 mg/L a 32 mg/L; solo Taipe (2017) obtuvo un resultado promedio de 849.33 mg/L valores que al igual que la presente investigación superan los Límites Máximos Permisibles.

#### **Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>**



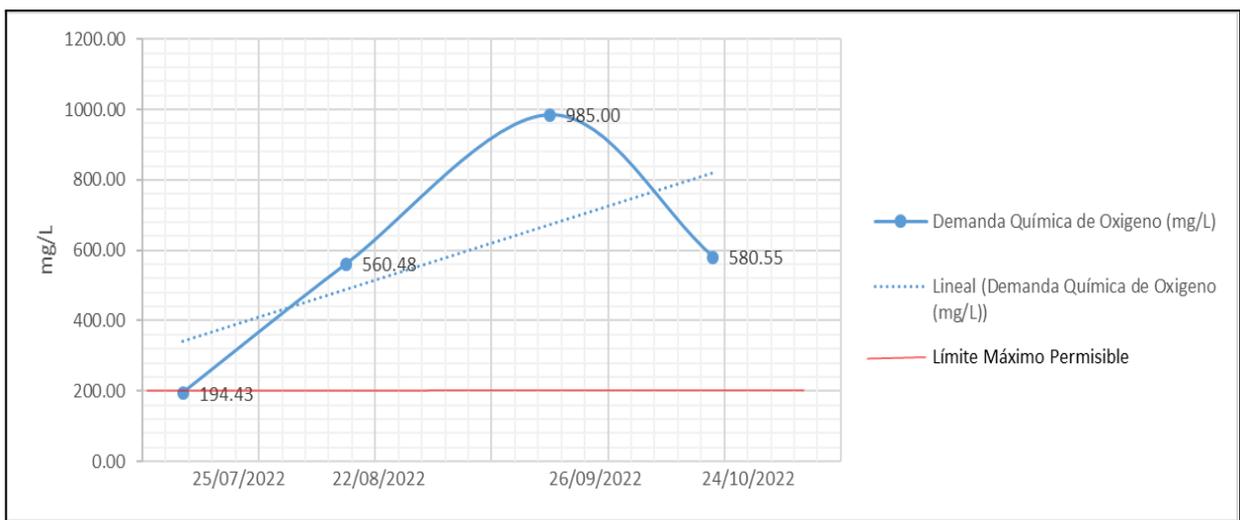
**Figura 07:** Demanda Bioquímica de Oxígeno del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.

La figura 7, nos muestra los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, con una máxima de 117 mg/L en el mes de septiembre, fecha donde acontece las primeras lluvias, y que en el arrastre de que genera las primeras lluvia de los sedimentos, sustancias químicas, etc, generadas en el centro urbano del Distrito de Chucuito estas mediante los drenes pluviales y posteriormente inyectadas al sistema de desagüe generan un corto circuito en el tratamiento de las aguas residuales alterando el desarrollo de los microorganismos en su función de descomposición de la carga orgánica, al valor en contraste con los del gráfico anterior muestran la importancia de separar los sistemas de desagüe y de drenes pluviales que llegan a afectar directamente en la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales. La mínima se encuentra en el mes de octubre con un valor de 51 mg/L, con un tendencia al incremento de la misma a medida que se presentan las lluvias y arrastran todo tipo de sustancias a la PTAR.

La presente investigación guarda relación con Echeverría et al. (2021) en su investigación realizada en Bolivia en la PTAR obtuvo unos resultados de 55 a 80 mg/L, al igual que Oblitas & Rengifo, (2019) y Andrade, (2020) en sus trabajos de investigación obtuvieron resultados positivos de 31 y 100 mg/L que cumple con los LMP establecidos dentro de la

norma peruana, logrando de esta forma una remoción del 80.2% así como Sanchez & Matsumoto, (2016) en su investigación realizada en Brasil en la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA. En contraparte se tiene los resultados obtenidos por Cruz (2019) en su investigación realizada en Huánuco en PTAR Santa Maria del Valle obtuvo resultados 127.1, 343.7 y 325.7 mg/L que no cumple con el decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

**Demanda Química de Oxígeno DQO**

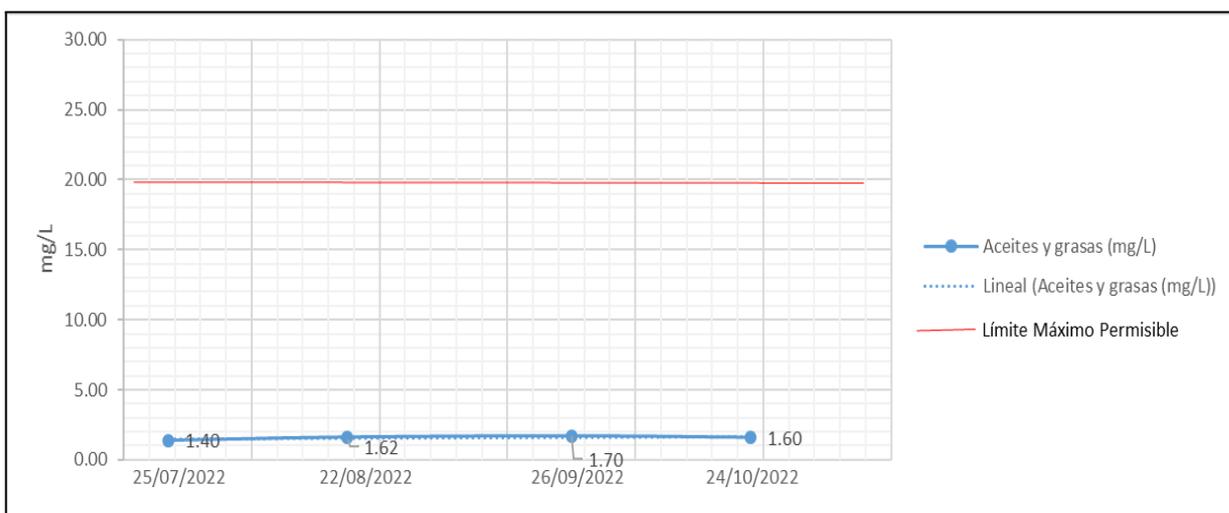


**Figura 08:** Demanda Química de Oxígeno del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.

La figura 8, muestra los resultados obtenidos de la Demanda Química de Oxígeno que guarda relación a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, pero con valores más elevados, hallándose la máxima en el mes de septiembre con un valor de 985 mg/L, valor presentado por la presencia de lluvias y una inadecuada disposición final de los drenes pluviales; tal valor al igual que el de los meses de agosto y octubre, hacen evidente que la PTAR contiene una cantidad reducida de oxígeno para descomponer químicamente los contaminantes. La mínima se halló en el mes de julio con un valor de 194.43 mg/L, siendo el único mes donde el valor se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles.

La presente investigación guarda relación con Andrade (2020), que obtuvo un resultado de 209 mg/L, Taipe (2017) con un resultado promedio de 252 mg/L y Quiñones & Montilla (2016) con valores que van de 210 a 273 mg/L, en el efluente de cada PTAR, valores que superan el Límite Máximo permisible, siendo notoria la que los tratamientos implementados para tratar este parámetro no es eficiente; sin embargo para Quinto (2018) los resultados obtenidos se encuentran dentro de la norma con valores que van con una mínima de 100 mg/L, y una máxima de 132 mg/L por debajo de la normativa, lo que haría de la PTAR Elías Soplin Vargas un modelo que se pueda llegar a estudiar y replicar, siempre tomando en cuenta los factores ambientales.

- **Aceites y grasas**



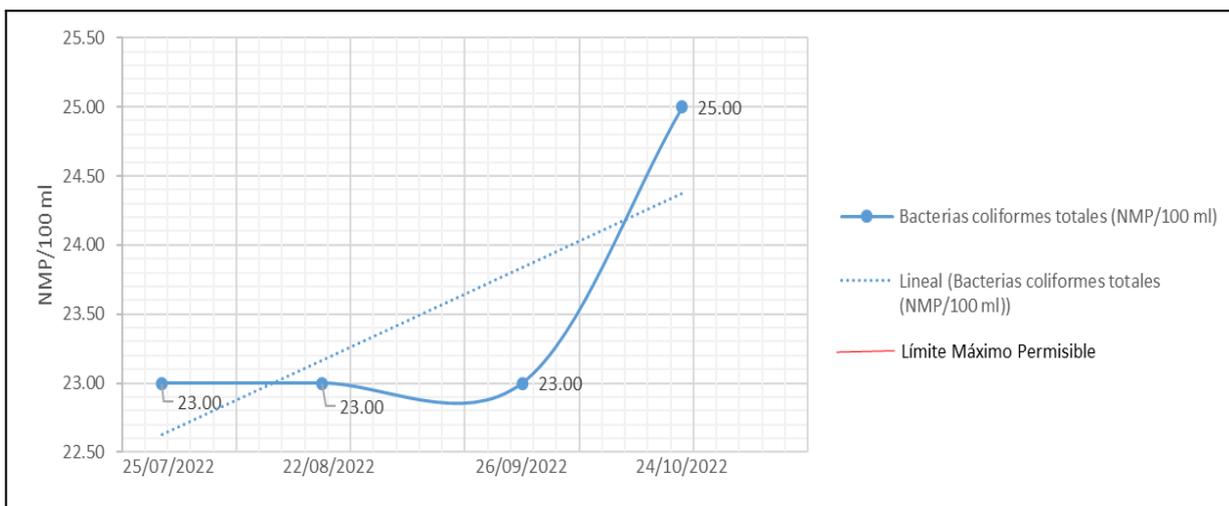
**Figura 09:** Aceites y grasas del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito.

En la figura 9, se muestran los resultados obtenidos de las cuatro tomas de muestra para los aceites y grasas, con una máxima de 1.70 mg/L para el mes de septiembre y una mínima para el mes de julio con un valor de 1.40 mg/L; la varianza entre ambos extremos no es significativa, difiriendo solo en 0.3 mg/L, lo que en relación a la DBO, la mínima presencia de aceites y grasas en el tratamiento permita el desarrollo de los microorganismos para descomponer la materia orgánica, por ende una considerable disminución de los coliformes termotolerantes. Cabe resaltar que la máxima nuevamente

se encuentra en el mes de septiembre, haciendo hincapié nuevamente en la importancia de la separación del sistema de desagüe, del sistema de drenes pluviales.

La presente investigación guarda relación con Andrade (2020) con resultados que van de 0.32 a 1.8 mg/L para la PTAR de Macusani, Quinto (2018) con resultados que van de 13 a 18 mg/L de la PTAR Elías Soplín Vargas y Quiñones & Montilla (2016) con valores de 6.8 a 6.96 mg/L de la PTAR del sector de Productores, cada una de las mismas que fueron tomadas en el efluente lo que denotaba la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales en el parámetro presente, estando cada una de las mismas muy por debajo de la normativa nacional.

- **Coliformes Termotolerantes.**



**Figura 10:** Coliformes termotolerantes del efluente de la PTAR del Distrito de Chucuito

La figura 10, nos muestra la concentración de los coliformes termotolerantes en el efluente de las aguas residuales tratadas del Distrito de chucuito, la que se encuentra muy por debajo de los límites máximos permisibles, con una máxima de 25 NMP/100ml, y una mínima de 23 NMP/100ml, factor que puedo haberse afectado por la baja concentración de aceites y grasas en todo el proceso de tratamiento de las aguas residuales y una demanda bioquímica de oxígeno óptima, que ayudan en la descomposición de la materia orgánica. Es de importancia mencionar que el en último

proceso de tratamiento de la PTAR del distrito de Chucuito, se pudo apreciar una sistema artesanal de cloración a chorro, la que en un sistema de serpentín, mezcla las aguas con la solución, lo que ayudaría a la eliminación de los coliformes, sin embargo la alta concentración de la solución de cloro también podría llegar a afectar el ecosistema acuático en su inyección al Lago Titicaca, por lo que su investigación sería también de importancia.

Los resultados que obtuvo Andrade (2020) para los coliformes termotolerantes fueron con una mínima de 2300 NMP/100mL y una máxima de 11000 NMP/100mL; para Oblitas & Rengifo (2019) obtuvo una mínima de 49 NMP/100ml y un máxima de 790 NMP/100mL, y para Quiñones & Montilla (2016) una mínima de 240 NMP/100mL y una máxima de 845 NMP/100mL, cada una de las mismas se encuentran en promedio dentro de los Límites Máximos Permisibles, guardando relación con la presente investigación.

**4.2. Calidad de agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles**

**Tabla 05:** Resumen de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según los LMP - PTAR Chucuito.

| Parámetros                  | Unidad de medida | Mes   |        |       |        | Promedio de muestreo | LMP (D. S. 003-2010-MINAM) | Cumplimiento     |
|-----------------------------|------------------|-------|--------|-------|--------|----------------------|----------------------------|------------------|
|                             |                  | JUL   | AGO    | SET   | OCT    |                      |                            |                  |
| pH                          | Unidad de pH     | 6.80  | 6.90   | 6.85  | 6.80   | 6.84                 | Entre 6.5 - 8.5            | <b>Si cumple</b> |
| Temperatura                 | °C               | 11.9  | 12.0   | 12.0  | 14,0   | 12.48                | Menor a 35                 | <b>Si cumple</b> |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L             | 0.06  | 172.8  | 500   | 185.6  | 214.64               | No debe superar a 150      | <b>No cumple</b> |
| DBO5                        | mg/L             | 60.2  | 51.0   | 117   | 75.0   | 75.80                | No debe superar a 100      | <b>Si cumple</b> |
| DQO                         | mg/L             | 194.4 | 560.48 | 985.0 | 580.55 | 580.12               | No debe superar a 200      | <b>No cumple</b> |
| Aceites y grasas            | mg/L             | 1.40  | 1.62   | 1.70  | 1.60   | 1.58                 | No debe superar a 20       | <b>Si cumple</b> |
| Coliformes termotolerante   | NMP/10 OmL       | 23.0  | 23.0   | 23.0  | 25.0   | 23.50                | No debe superar a 10000    | <b>Si cumple</b> |

**Fuente:** Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según LMP

En la tabla 5 se presenta los resultados de la caracterización del agua residual tratada del efluente de la Planta de Tratamiento de aguas residuales del Distrito de Chucuito, la que fue tomada en cuatro repeticiones, en un periodo de tiempo de julio a octubre de 2022, la tabla muestra el resultado para cada parámetro analizado durante el periodo definido, junto con el promedio general y el Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, lo que nos permitió determinar el cumplimiento de estas. El resultado promedio para el pH fue de 6.84, valor dentro de los límites permisibles; para

la temperatura obtuvo un promedio general de 12.48°C por debajo de los límites; los sólidos suspendidos totales presentaron concentraciones por encima del límite máximo permisible, con un promedio de 214.64 mg/L muy por encima de la normativa de 150 mg/L, cuyo parámetro se ve afectado por la conexión del sistema de alcantarillado y drenes pluviales, que en épocas de lluvias arrastran todo tipo de sedimentos y sustancias líquidas provenientes de todo el centro urbano del distrito de Chucuito hacia la PTAR, así mismo en los tiempo de estiaje se ve afectado por la ubicación de la PTAR, misma que se encuentra rodeado de campos de cultivo, que por acción del viento genera que el material particulado sean arrastrados y depositados a lo largo del proceso de tratamiento; la DBO presenta un promedio general de 75.8 mg/L, por debajo de la norma, lo que refleja un buen tratamiento en la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos, sin embargo la DQO aunque mantiene la relación directa con la DBO, sus valores superan el límite máximo permisible con un valor promedio de 580.12 mg/L; los aceites y grasas presentan un promedio de 1.58 mg/L, por debajo de la norma de 20mg/L al igual que los coliformes termotolerantes con un promedio de 23.5 NMP/100mL, valor que pudo verse afectado por la aplicación cloro como tratamiento terciario que aplicó en el sistema de la PTAR del distrito de Chucuito.

De lo mencionado en el párrafo anterior se puede apreciar que del total de siete parámetros analizados, cinco cumplen la normativa vigente para efluentes de aguas residuales, siendo necesario tomar medidas en la operación, el mantenimiento e implementación de sistemas que permitan reducir los Sólidos Suspendidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno.

#### **4.3. Caracterización del efluente de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales del distrito de Chucuito Puno, en los factores fisicoquímicos y microbiológicos**

En base a la interpretación de los resultados tratados en los numerales 4.1 y 4.2 se puede demostrar que la caracterización del efluente durante el periodo de estiaje es mucho más eficiente en comparación a las épocas de lluvias, donde los parámetros sufren el adicional de carga contaminante que afecta su composición, sin embargo en los promedios generales cinco parámetros de siete cumplen la normativa ambiental establecida en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por lo que la caracterización de del tratamiento de las aguas residuales tratadas por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Chucuito en los factores fisicoquímicos y microbiológicos no causaron un impacto significativo en su inyección en los cuerpos superficiales de agua, como es el caso del Lago Titicaca, pero es necesario que se pueda disponer de proyectos que ayuden a separar el sistema de drenes pluviales y el de desagüe, así como implementar un cerco vivo que permita repeler la inserción de material particulado proveniente de las parcelas de cultivos ubicadas circundantes a la PTAR.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La caracterización del efluente de la PTAR del distrito de Chucuito presenta resultados promedios de pH neutro (6.84), una temperatura promedio de 12.48 °C, valor por debajo del óptimo para la proliferación de microorganismos (14°C a 40°C), sin embargo el efluente presenta concentraciones bajas en aceites y grasas (1.58 mg/L), una DBO óptima (75.8mg/L) que ayuda a los microorganismos a descomponer la materia orgánica así como controlar las concentraciones de coliformes termotolerantes (23.5 NMP/100mL) las que se ven afectadas por un proceso de terciario de desinfección del sistema (cloración); los sólidos suspendidos totales presentaron concentraciones altas (214.64 mg/L), al igual que la DQO (580.55 mg/L) producto de la falta de separación del sistema de desagüe y de drenes pluviales, que introducen sustancias químicas y sedimentos al sistema, siendo más evidente esta problemática en épocas de lluvias, lo que conlleva a llevar las adecuaciones necesarias en el sistema que ayuden a mitigar las concentraciones que superan los Límites Máximos Permisibles.

**SEGUNDA:** La composición fisicoquímica y microbiológica del efluente de las aguas residuales tratadas de la PTAR del Distrito de Chucuito en sus valores promedio son para el pH 6.84; la temperatura, 12.48 °C; los sólidos suspendidos totales, 214.64 mg/L; la DBO5, 75.8 mg/L; la DQO, 580.55 mg/L; los aceites y grasas, 1.58 mg/L; y los coliformes termotolerantes de 23.5 NMP/100mL.

**TERCERA:** El resultado promedio de las muestras tomadas en el efluente de la PTAR del distrito de Chucuito para los parámetros pH, temperatura, DBO5, aceites y grasas y

coliformes termotolerantes obtuvieron resultados que cumplen los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, estando solo los sólidos suspendidos totales y la DQO por sobre el umbral del límite de la norma.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Al personal de operación y de mantenimiento de la PTAR del distrito de Chucuito, gestionar la implementación de un cerco vivo alrededor de las instalaciones existentes para evitar la inserción de material particulado en el sistema de tratamiento, así como mantenimientos periódicos fijos y no solo cuando se presenten problemas significativos en la PTAR.

**SEGUNDA:** La Municipalidad Distrital de Chucuito debe gestionar un proyecto que permita separar el sistema de desagüe, del sistema de drenes pluviales, así como gestionar adecuaciones en el diseño de la PTAR existente, que permitan controlar el exceso de los sólidos suspendidos totales y la DQO, además de producir planes de contingencia para la PTAR en épocas de lluvias. Así mismo aprovechar la DBO5 óptima, para proponer dentro de las adecuaciones, procesos aerobios de descomposición de la materia orgánica e implementación de humedales artificiales.

**TERCERA:** Al Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, realizar capacitaciones en cuanto a la operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, no solo para el distrito de Chucuito, sino también para todas las municipalidades, que necesitan soporte técnico en cuanto al tema en mención, que no cuentan con personal capacitado para llevar a cabo estas acciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, R. Y. (2020). *Evaluación de la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Macusani, Región Puno—2020* [Tesis de grado]. Universidad Privada San Carlos.
- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú: Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales* (Vol. 1).
- Arias, J. (2021). *Análisis de eficiencia del tratamiento físico-químicos de las aguas residuales de la planta de tratamiento norte del Distrito de Chucuito, Provincia de Puno – 2020* [Universidad Privada San Carlos].  
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./334>
- Quinto, L. E. (2018). *Evaluación de la eficiencia de las Plantas de tratamiento de aguas residuales respecto a los límites máximos permisibles de aguas residuales de los distritos de Elías Soplín Vargas y Soritor – 2017* [Tesis de Grado, Universidad Cesar Vallejo].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19159/aspajo\\_ql.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19159/aspajo_ql.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Autoridad Nacional del Agua considera eficiente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de provincia puneña de Yunguyo*. Drupal.  
<http://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-considera-eficiente-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de>
- CEPAL. (2012). *Población, territorio y desarrollo sostenible*. Naciones Unidas.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones* ((P. Edición (ed.))). Emma Ariza H.
- Cruz, Karen. (2019). *Efectividad de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río huallaga, en la localidad de Pacaypampa, distrito de santa*

- maria del valle, Huanuco, julio—Setiembre 2018* [Tesis de Grado, Universidad de Huánuco].  
<http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1649/CRUZ%20ORTIZ%2c%20Karen%20Lucero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De la Vega, M. (2012). Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. 2012, 53(9), 122.
- Díaz, B., Esteller, M., & Garrido, S. E. (2011). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en parques acuáticos. *Hidrobiológica*, 21(1), 49-62.
- Echeverría, I., Escalante, C., Saavedra, O., Escalera, R., Heredia, G., & Montoya, R. (2021). Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales basada en lagunas de estabilización acopladas a un reactor anaerobio compartimentado. *Investigación & Desarrollo*, 21(1), 37-45.
- Eduardo, A. (2015). *Evaluación de la eficiencia de la remoción de nutrientes del efluente de la PTAR de la empresa Esmeralda CORP S.A.C. mediante el uso de humedales artificiales, empleando la especie Typha domingensis Pers. (Totora)* [Tesis de Grado, Universidad Científica del Sur].  
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/245>
- EMSAPUNO. (2011). *Resumen descriptivo del sistema de tratamiento de agua residual en la ciudad de Puno—Perú.* EMSAPUNO -PERU.  
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/540.pdf>
- Quiñones, T. de M., Montilla, L. (2016). *Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015* [Tesis de Grado, UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ].  
<http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%c3%8dAS-MONTILLA-Evaluaci%c3%b3n-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017 – XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.* <https://censo2017.inei.gob.pe/>
- Larios, F., González, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias

en el Perú. *Saber y Hacer*, 2(2), Article 2.

- Marchand, E. (2002). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].  
[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/marchand\\_p\\_e/tesis\\_completo.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/marchand_p_e/tesis_completo.pdf)
- Medina, M. G. (2018). *Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de estabilización del sector 'Río Seco', distrito de la Joya, provincia de Arequipa* [Tesis de Grado, Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7260>
- Medrano, M., Mamani, A., Muñoz, E., Díaz, R., & Medrano, E. (2020). Operatividad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas circunlacustres al lago Titicaca-Sector Perú y el marco legal en defensa de los ecosistemas. *Ciencia y Desarrollo*, 23(3), Article 3. <https://doi.org/10.21503/cyd.v23i3.2142>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. *El Peruano*, 6-10, 31.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2010). *Aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. [SENACE]. EN.  
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- Molina, L. Y. (2018). *Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uraca-Corire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos* [Tesis de Grado, Universidad Nacional De San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5750>
- Oblitas, K., & Rengifo, J. K. (2019). *Evaluación de la calidad de efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales de la localidad de Awajún, Rioja – San Martín* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín Tarapoto].

<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3651>

- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. En el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *OEFA*, 36.
- OPS, & OMS. (2013). *Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua: Acciones para garantizar agua segura a la población. 1*, 130.
- Oviedo, J., Pereira, W., & Vitola, C. (2019). Evaluación técnica del sistema de tratamiento de aguas residuales de la primera brigada de infantería de marina brim -1. *Universidad de Sucre*, 121.
- Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio , pH , conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto , ( ASADAS ), de cada distrito de Grecia , cantón de Alajuel. *Revista Pensamiento*, 9(12), 125-134.
- Romero, J. (2005). *Calidad del Agua* (Tercera, 2009, Vol. 1). Escuela Colombiana de Ingeniería.  
<https://www.librosyeditores.com/ingenieria-ambiental/399-calidad-del-agua-9789588060835.html>
- Sanchez, I., & Matsumoto, T. (2016). Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias. *Ingeniería y Desarrollo*, 30(2), 199-222.
- Sehircilik, B. (2019). *Tratamiento y reuso de aguas residuales. Manual para municipios ecoeficientes. 511*, 179.
- Servicios Analíticos Generales S.A.C. (2016). *Informe de monitoreo de agua residual cruda—PTAR. 37*.
- SUNASS. (2022). *Determinación del área de prestación de servicios del departamento de Puno. 207*.
- Ulco, S. (2018). *Evaluación de la planta de tratamiento n° 3 de aguas residuales «Huaycopungo sur» de la parroquia San Rafael de la laguna, Cantón Otavalo, provincia de Imbabura—Ecuador* [Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Leiria.].

file:///C:/Users/admin/Downloads/Tesis+Final+Evaluaci%C3%B3n+PTAR-Wilson+  
Ulco.pdf

Taipe, P. G. (2017). *Evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Manta* [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador].  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14029/1/T-UCE-0008-Q005-2017.pdf>

**ANEXOS**

Anexo 01: Resultados del análisis de Laboratorio para la muestra: de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Localidad de Chucuito - Puno 2022



**Universidad Nacional del Altiplano - Puno**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 FACULTAD ACREDITADA  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**



**Nº 001590**  
**LQ - 2022**

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico AGUA RESIDUAL- Muestra 01

---

PROCEDENCIA : PTAR CHUCUITO (EFLUENTE)  
 INTERESADO : JULIO CESAR ARIAS TITO.  
 MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL  
 MUESTREO : 25/07/2022, por el interesado  
 ANÁLISIS : 25/07/2022  
 COD. MUESTRA : B009-000354

---

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS**

ASPECTO : Líquido  
 COLOR : Característico al agua residual

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

| PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS          | UNIDAD    | EFLUENTE RESULTADOS | METODO ANALITICO  |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|-------------------|
| Potencial de Hidrogeno              | pH        | 6.80                | Electrométrico    |
| Temperatura                         | °C        | 11.90               | Termómetro        |
| Sólidos suspendidos                 | mg/L      | 0.06                | Por decado        |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)    | mg/L      | 194.43              | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L      | 60.20               | Digestión cerrada |
| Aceites y grasas                    | mg/L      | 1.40                | Método Soxhlet    |
| Bacterias coliformes totales        | NMP/100ml | 23.00               | NMP/100ml         |
| Coliformes fecales                  | NMP/100ml | 1.00                | NMP/100ml         |

Puno, C.U. 09 de agosto del 2022.  
 VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
 ANALISIS DE AGUA Y SUELO CONTROL DE CALIDAD  
 IQ - LINA - 011 - 10282



Decano F. J. A. LUNA

---

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190



**Universidad Nacional del Altiplano - Puno**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 FACULTAD ACREDITADA  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**



LQ-2022 **NS 001746**

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico AGUA RESIDUAL: Muestra 01

PROCEDENCIA : PTAR CHUCUITO (EFLUENTE)  
 INTERESADO : JULIO CESAR ARIAS TITO.  
 MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL  
 MUESTREO : 22/08/2022, por el interesado  
 ANÁLISIS : 22/08/2022

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS**

ASPECTO : Líquido  
 COLOR : Característico al agua residual

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

| PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS          | UNIDAD    | EFLUENTE RESULTADOS | METODO ANALITICO  |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|-------------------|
| Potencial de Hidrogeno              | pH        | 6.90                | Electrométrico    |
| Temperatura                         | °C        | 12.00               | termómetro        |
| Sólidos suspendidos                 | mg/L      | 172.86              | Por secado        |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)    | mg/L      | 560.48              | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L      | 51.00               | Digestión cerrada |
| Aceites y grasas                    | mg/L      | 1.62                | Método saxhlet    |
| Bacterias coliformes totales        | NMP/100ml | 23.00               | NMP/100ml         |
| Coliformes fecales                  | NMP/100ml | 1.00                | NMP/100ml         |

Puno, C.U. 17 de octubre del 2022.  
 yºgº

ING. LIDIA MARINA TORRES PONCE  
 COORDINADORA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 PUNO - IIRIA - QP - 100001

Ing. Lidia Marina Torres Ponce  
 COORDINADORA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 PUNO - IIRIA - QP - 100001

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190



**Universidad Nacional del Altiplano - Puno**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 FACULTAD ACREDITADA  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**



**Nº 001722**

LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico AGUA RESIDUAL: Muestra 01

PROCEDENCIA : PTAR CHUCUITO (EFLUENTE)  
 INTERESADO : JULIO CESAR AREAS TITO.  
 MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL  
 MUESTREO : 26/09/2022, por el interesado  
 ANÁLISIS : 26/09/2022  
 Cód. MUESTRA : B009-000377

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS**

ASPECTO : Líquido  
 COLOR : Característico al agua residual

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

| PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS          | UNIDAD    | EFLUENTE RESULTADOS | METODO ANALITICO  |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|-------------------|
| Potencial de Hidrogeno              | pH        | 6.85                | Electrométrico    |
| Temperatura                         | °C        | 12.00               | termómetro        |
| Sólidos suspendidos                 | mg/L      | 500.00              | Por secado        |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)    | mg/L      | 985.80              | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L      | 117.00              | Digestión cerrada |
| Aceites y grasas                    | mg/L      | 1.70                | Método Soxhlet    |
| Bacterias coliformes totales        | NMP/100ml | 23.00               | NMP/100ml         |
| Coliformes fecales                  | NMP/100ml | 1.00                | NMP/100ml         |

Puno, C.U. 18 de octubre del 2022  
 Vºgº

ING. LUIS MARÍA TORRES PONCE  
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 EQ - 0001 - 001 - 10000



Walter A. Torres Arellano, Ph.D.  
 DECANO - I.D. - UNA

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190



**Universidad Nacional del Altiplano – Puno**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 FACULTAD ACREDITADA  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**



Nº 001755

LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico AGUA RESIDUAL: Muestra 01

PROCEDENCIA : PTAR CHUCUITO (EFLUENTE)  
 INTERESADO : JULIO CESAR ARIAS TITO  
 MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL  
 MUESTREO : 24/10/2022, por el interesado  
 ANÁLISIS : 24/10/2022  
 COD. MUESTRA : 8009-000384

### CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido  
 COLOR : Características al agua residual

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

| PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS          | UNIDAD    | EFLUENTE RESULTADOS | METODO ANALITICO  |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|-------------------|
| Potencial de Hidrogeno              | pH        | 6.80                | Electrométrica    |
| Temperatura                         | °C        | 14.00               | Termómetro        |
| Sólidos suspendidos                 | mg/L      | 185.63              | Por secado        |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)    | mg/L      | 580.55              | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L      | 75.00               | Digestión cerrada |
| Aceites y grasas                    | mg/L      | 1.60                | Método Soxhlet    |
| Bacterias coliformes totales        | NMP/100ml | 25.00               | NMP/100ml         |
| Coliformes fecales                  | NMP/100ml | 1.00                | NMP/100ml         |

Puno, C.U. 24 de octubre del 2022  
 VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
 ANÁLISIS LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 ING. - L.M.T. / CIP - 152962

DECANO  
 ING. LUIS A. APAZA

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: ( 051 ) 366190

Anexo 02: Cadena de Custodia in situ en la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Localidad de Chucuito

Anexo A. Cadena de Custodia

Cadena de Custodia

LABORATORIO: Universidad Nacional del Altiplano de Puno - Facultad de Ingeniería Química

AGUA

Solicitante : Julio Cesar Añas Tito  
 Dirección : PTAR Norte - Chucuito  
 Contacto : Julio Cesar Añas Tito  
 e-mail : [julio.arias@upsc.edu.pe](mailto:julio.arias@upsc.edu.pe)  
 Responsable del muestreo : Cesar Añas Tito

Proyecto : Físico químico - Microbiológico  
 Prov. : Puno  
 Teléfono : 992759957  
 Firma : 

N° Informe de Ensayo: 001

| COD. LAB (1) | COD CAMPO | FECHA DE MUESTREO | HORA DE MUESTREO | MATRIZ (2) | ORIGEN DE LA FUENTE (3) | LOCALIDAD | DISTRITO | PROVINCIA | DPTO. | UTM      |         | N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO |    | VOLUMEN TOTAL (ml) |
|--------------|-----------|-------------------|------------------|------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|-------|----------|---------|-------------------------------------|----|--------------------|
|              |           |                   |                  |            |                         |           |          |           |       | ESTE     | NORTE   | P                                   | V  |                    |
| ME-001       |           | 24-07-22          | 15:30            | AR         | Efluente                | Chucuito  | Chucuito | Puno      | Puno  | 3955.742 | 8244321 | 1                                   | 1L | 1000               |
| ME-001       |           | 24-07-22          | 15:40            | AR         | Efluente                | Chucuito  | Chucuito | Puno      | Puno  | 3955.742 | 8244321 | 1                                   | 1L | 1000               |

(1) Campo exclusivo para el laboratorio

(2) AP (Agua Potable) A;R (Agua Residual); AS (Agua Superficial); AT (Agua Subterránea); AM (Agua de Mar); AL (Agua Pluvial); EF (Efluente); VE (Vertimiento)

(3) AS origen de la muestra: Deben coincidir con las etiquetas de los frascos

|               | NOMBRE               | INSTITUCION       | FIRMA   | FECHA    | HORA  | SI NO                               |                          |
|---------------|----------------------|-------------------|---|----------|-------|-------------------------------------|--------------------------|
|               |                      |                   |   |          |       | Muestras recibidas intactas         | NO                       |
| Entregado por | Cesar Añas Tito      | UNAP - F. QUIMICA |  | 25-07-22 | 10:15 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Recibido por  | Ing. Luz Teves Ponce | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Entregado por | Cesar Añas Tito      | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Recibido por  |                      | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       |                                     |                          |
| Entregado por | Cesar Añas Tito      | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       |                                     |                          |
| Recibido por  |                      | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       |                                     |                          |



Anexo A. Cadena de Custodia

Cadena de Custodia  
LABORATORIO: Universidad Nacional del Altiplano de Puno - Facultad de Ingeniería Química

AGUA

Solicitante : Julio Cesar Alias Tito  
 Dirección : PTAR Norte - Chucuito  
 Contacto : Julio Cesar Alias Tito  
 e-mail : [Julio\\_Alias@upsc.edu.pe](mailto:Julio_Alias@upsc.edu.pe)  
 Responsable del muestreo : Cesar Arias Tito

Proyecto : Física Química - Microbiología N° Informe de Ensayo: 002  
 Prov. : Puno  
 Telefono : 992759957  
 Firma : 

| COD. LAB (1) | COD CAMPO | FECHA DE MUESTREO | HORA DE MUESTREO | MATRIZ (2) | ORIGEN DE LA FUENTE (3) | LOCALIDAD | DISTRITO | PROVINCIA | DPTO. | UTM       |         | N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO |    | VOLUMEN TOTAL (ml) |
|--------------|-----------|-------------------|------------------|------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|-------|-----------|---------|-------------------------------------|----|--------------------|
|              |           |                   |                  |            |                         |           |          |           |       | ESTE      | NORTE   | P                                   | V  |                    |
|              | ME-001    | 21-08-22          | 16:10            | AR         | Efluente                | Chucuito  | Chucuito | Puno      | Puno  | 3993.2868 | 8243261 | 1                                   | 1L | 1000               |
|              | ME-001    | 21-08-22          | 16:17            | AR         | Efluente                | Chucuito  | Chucuito | Puno      | Puno  | 3993.2868 | 8243265 | 1                                   | 1L | 1000               |

(1) Campo exclusivo para el laboratorio  
 (2) AP (Agua Potable) A; R ( Agua Residual); AS ( Agua Superficial); AT ( Agua Subterránea); AM ( Agua de Mar); AL ( Agua Pluvial); EF (Efluente); VE (Vertimiento)  
 (3) AS origen de la muestra: Deben coincidir con las etiquetas de los frascos

| Entregado por | NOMBRE              | INSTITUCION       | FIRMA   | FECHA    | HORA  | SI NO                               |                          |
|---------------|---------------------|-------------------|---|----------|-------|-------------------------------------|--------------------------|
|               |                     |                   |   |          |       | Muestras recibidas intactas         | NO                       |
| Recibido por  | Cesar Arias Tito    | UNAP - F. QUIMICA |  | 22-08-22 | 09:25 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Entregado por | Ing. Leyteves Ponce | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Recibido por  | Cesar Arias Tito    | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Entregado por | Cesar Arias Tito    | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Recibido por  | Cesar Arias Tito    | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Recibido por  | Cesar Arias Tito    | UNAP - F. QUIMICA |   |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Activa

Anexo A. Cadena de Custodia

Cadena de Custodia  
 Laboratorio: Universidad Nacional del Altiplano de Puno - Facultad de Ingeniería Química  
 AGUA

Solicitante : Julio Cesar Arias Tito  
 Institución : PTAR Norte - Chucuito  
 Contacto : Julio Cesar Arias Tito  
 Teléfono : 992759987  
 Proyecto : Tratamiento de Aguas Residuales N° Informe de Ensayo: 003  
 Proveniencia : Puno  
 Responsable del Muestreo : Cesar Arias Tito  
 Firma : 

| COD. LAB (1) | FECHA DE MUESTREO | HORA DE MUESTREO | MATRIZ (2) | ORIGEN DE LA FUENTE (3) | LOCALIDAD | DISTRITO | PROVINCIA | DPTO. | UTM       |         | N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO |    | VOLUMEN TOTAL (ml) |
|--------------|-------------------|------------------|------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|-------|-----------|---------|-------------------------------------|----|--------------------|
|              |                   |                  |            |                         |           |          |           |       | ESTE      | NORTE   | P                                   | V  |                    |
| ME-001       | 25-09-22          | 15:45            | AR         | Efluente                | Chucuito  | Chucuito | Puno      | Puno  | 3963.3105 | 8243269 | 1                                   | 1L | 1000               |
| ME-001       | 25-09-22          | 16:05            | AR         | Efluente                | Chucuito  | Chucuito | Puno      | Puno  | 3963.3105 | 8243269 | 1                                   | 1L | 1000               |

Campo exclusivo para el laboratorio  
 AP (Agua Potable) A;R (Agua Residual); AS (Agua Superficial); AT (Agua Subterránea); AM (Agua de Mar); AL (Agua Pluvial); EF (Efluente); VE (Vertimiento)  
 AS origen de la muestra: Deben coincidir con las etiquetas de los frascos

| Entregado por | Nombre                 | Institución       | Firma  | Fecha    | Hora  | SI NO                               |                             |
|---------------|------------------------|-------------------|--|----------|-------|-------------------------------------|-----------------------------|
|               |                        |                   |  |          |       | Muestras recibidas intactas         | Tipo de recipiente adecuado |
| Entregado por | Cesar Arias Tito       | UNAP - F. QUIMICA |  | 26-09-22 | 09:10 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| Recibido por  | Ing. Hugo Torres Ponce | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| Entregado por | Cesar Arias Tito       | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| Recibido por  |                        | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| Entregado por | Cesar Arias Tito       | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| Recibido por  |                        | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |

Activo



Anexo A. Cadena de Custodia

Cadena de Custodia  
LABORATORIO: Universidad Nacional del Altiplano de Puno - Facultad de Ingeniería Química

AGUA

Proyecto: Física química - Microbiología N° informe de Ensayo: 004

licitante: Julio Cesar Alias Tito

cción: PTAR Norte - Chucuito

lactio: Julio Cesar Alias Tito

ail: Julio Cesar Alias Tito

onsponsable del estreo: Cesar Arias Tito

Prov. Puno

Telefono 992759957

Firma 

| COD. LAB (1) | COD CAMPO | FECHA DE MUESTREO | HORA DE MUESTREO | MATRIZ (2) | ORIGEN DE LA FUENTE (3) | LOCALIDAD | DISTRITO | PROVINCIA | DPTO. | UTM       |            | N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO | VOLUMEN TOTAL (ml) |      |
|--------------|-----------|-------------------|------------------|------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|-------|-----------|------------|-------------------------------------|--------------------|------|
|              |           |                   |                  |            |                         |           |          |           |       | ESTE      | NORTE      |                                     |                    |      |
|              | ME-001    | 23-10-22          | 16:10            | AR         | Efluente                | Chucuito  | Chucuito | Puno      | Puno  | 3863.3027 | 8243344.95 | 1                                   | 1L                 | 1000 |
|              | ME-001    | 23-10-22          | 16:20            | AR         | Efluente                | Chucuito  | Chucuito | Puno      | Puno  | 3863.3027 | 8243341.9  | 1                                   | 1L                 | 1000 |

Campo exclusivo para el laboratorio  
 AP (Agua Potable); AR (Agua Residual); AS (Agua Superficial); AT (Agua Subterránea); AM (Agua de Mar); AL (Agua Pluvial); EF (Efluente); VE (Vertimiento)  
 AS origen de la muestra: Deben coincidir con las etiquetas de los frascos

|              | NOMBRE               | INSTITUCION       | FIRMA  | FECHA    | HORA  | SI NO                               |                          |
|--------------|----------------------|-------------------|--|----------|-------|-------------------------------------|--------------------------|
|              |                      |                   |  |          |       | Muestras recibidas intactas         | NO                       |
| ntregado por | Cesar Arias Tito     | UNAP - F. QUIMICA |  | 24-10-22 | 09:55 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| recibido por | Ing. Luz Teves Ponce | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ntregado por | Cesar Arias Tito     | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| recibido por |                      | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       |                                     |                          |
| ntregado por | Cesar Arias Tito     | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       |                                     |                          |
| recibido por |                      | UNAP - F. QUIMICA |  |          |       |                                     |                          |

Activ  
Ve-3-7



**Anexo 03:** Evidencias fotográficas

**Anexo 3.1.** : Materiales para la toma de muestra con el Multiparametro “Ezodo”.



Anexo 3.2. : Medición en el efluente de los parámetros Físicos de la Temperatura y el pH



Anexo 3.3. : Ilevado de las muestras al laboratorio de la Facultad de Química de la UNAP



**Anexo 3.4. : Rotulado de las muestras en el efluente de la PTAR de Chucuito . Puno**



Anexo 04: Matriz de Consistencia

**CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DEL DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO 2022**

| Problema General  | Objetivo General  | Hipótesis General  | Variable                                      | Indicador  | Instrumentos de recolección de Información |
|---|---|--|---|--|--|
| ¿Qué características físico-químicas y microbiológicas presentará el efluente del agua residual tratada de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales del distrito de Chucuito Puno 2022? | Caracterizar el efluente de agua tratada de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales del distrito de Chucuito Puno 2022, en los factores físico-químicos y microbiológicos. | La caracterización físico-químicas y microbiológicas del efluente de las aguas de la PTAR del distrito de Chucuito presentan concentraciones por encima de la norma ambiental vigente. | Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales | análisis de Laboratorio<br><b>Físico</b><br>pH<br>SST<br>Temperatura | ANÁLISIS DE LABORATORIO                    |
| <b>Problema Específico</b>  | <b>Objetivo Específico</b>  | <b>Hipótesis Específicas</b>   |   | <b>Químico</b><br>DBO<br>DQO   | <b>Análisis Estadístico:</b>               |

|   |   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
| <p>¿Qué valores en los factores fisico-químicas y microbiológicas presentará el efluente del agua residual tratada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Chucuito?</p>               | <p>Cuantificar los valores de la composición fisicoquímica y microbiológica del efluente de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito según la caracterización.</p> | <p>-La composición fisicoquímica y microbiológica del agua residual del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales presenta valores altos.</p> | <p><b>Microbiológica</b><br/>Coliformes termo tolerantes.</p> | <p><b>Descriptivo</b><br/>Diseño de Investigación experimental: de tipo descriptivo</p> |
| <p>¿Superaran los Límites Máximos Permisibles de los parámetros fisico-químicas y microbiológicas, analizados en el efluente de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales de la localidad de Chucuito?</p> | <p>Comparar la calidad de agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chucuito de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles.</p>  | <p>Los valores promedio del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sobrepasan los Límites Máximos Permisibles.</p>                         |   |   |

Anexo 05: Heladas en la Región Puno.



## Heladas y Friajes / Preguntas Frecuentes

- Inicio
- Avisos
- Preguntas Frecuentes
- Historietas y afiches
- Recursos
- Distritos priorizados

### ¿Qué son las heladas?

Como concepto general: Las heladas ocurren cuando la temperatura del aire desciende a 0°C o valores menores, este concepto corresponde a la helada meteorológica; sin embargo existe la helada agrometeorológica que es el descenso de la temperatura del aire a niveles críticos de los cultivos y que mata los tejidos vegetales, en el caso de la helada agrometeorológica depende del nivel crítico de temperatura de cada cultivo y puede ser mayor a 0°C.

Las heladas se dan con cielo despejado o escasa nubosidad. El descenso de la temperatura se registra en horas de la noche o madrugada y el parámetro meteorológico para seguimiento es la Temperatura Mínima.

Se debe tener en cuenta que hay regiones de la sierra sur donde la temperatura mínima normal es debajo de 0°C, el peligro se presenta cuando la temperatura desciende por debajo de sus valores normales.



### ¿Cuándo ocurren las heladas?

Al finalizar la temporada de lluvias: las heladas meteorológicas generalmente inician en abril y terminan en setiembre, alcanzando su periodo más frío y es más frecuente en los meses de junio y julio. El descenso es más intenso se registra en las noches y en la madrugada antes de salir el sol con condiciones de cielo despejado o escasa nubosidad.

### ¿Cuáles son las regiones más afectadas por las heladas?

La región afectada es la sierra sobre los 3000 msnm; sin embargo se hace más frecuente y con valores más bajos en la sierra sur y a mayor altitud (Temperatura promedio de la zona sur < centro < norte).

Las regiones se afectan cuando hay descensos bruscos de temperatura, los cuales se pueden dar de un día para otro o en pocas horas y los registros son debajo de sus valores normales. En la sierra norte y parte de la sierra central no desciende necesariamente a 0°C, sin embargo hay afectación en la salud y cultivos.

Los departamentos en los que es más frecuente e intenso son: Puno, Arequipa, Tacna, Moquegua, Cusco, Ayacucho, Huancavelica, Pasco, Junín y Apurímac.

### ¿Qué son las nevadas?

La nevada es precipitación sólida en forma copos de nieve que se presentan sobre los 3600 msnm. Para que las nevadas se produzcan, la temperatura del aire debe mantenerse por debajo de los 2 a 3°C. Si la temperatura es mayor, la nieve se funde antes de llegar al suelo.

La nevada se registra con cielo cubierto (a diferencia de la helada que es con cielo despejado).

Las nevadas cubren pastos y cultivos e interrumpen las carreteras. Cuando la nevada dura varios días, la sensación de frío es intensa durante todo el día ya que la temperatura máxima no se eleva como un día normal.

**Anexo 06:** Anexo del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES  
PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

| PARÁMETRO                     | UNIDAD        | LMP DE EFLUENTES<br>PARA VERTIDOS A<br>CUERPOS DE AGUAS |
|-------------------------------|---------------|---|
| Aceites y grasas              | mg/L          | 20  |
| Coliformes Termotolerantes    | NMP/100<br>mL | 10,000  |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L          | 100   |
| Demanda Química de Oxígeno    | mg/L          | 200   |
| pH                            | unidad        | 6.5-8.5   |
| Sólidos Totales en Suspensión | mL/L          | 150   |
| Temperatura                   | °C            | <35   |