

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**



**ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS
SUSPENDIDOS VOLÁTILES EN LAGUNA FACULTATIVA DE LA
ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
JULIACA-2022**

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

JAFET STEVEN NUÑEZ YAÑEZ

HUACHO – PERÚ

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS
SUSPENDIDOS VOLÁTILES EN LAGUNA FACULTATIVA DE LA
ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
JULIACA-2022**

Jurado evaluador:

Cristina Karina Andrade Alvarado
Presidente

Hellen Yahaira Huertas Pomasoncco
Secretario

Angel Pedro Campos Julca
Vocal

Luis Miguel Chávez Barbery
Asesor

HUACHO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios y a mis queridos padres Juan Carlos Nuñez Quilla y Leonarda Yañez Muñoz, que Dios los llene de bendiciones y salud.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios por acompañarme a lo largo de mi vida y por toda la fortaleza para lograr mis objetivos.

A mis padres Juan Carlos y Leonarda que con su amor, paciencia y esfuerzos me permitieron seguir adelante.

Al profesor Sidney Seckler Ferreira Filho por la gentileza de su libro, además enseñanzas que contribuyeron en la realización de este trabajo.

Al ing. Luis Miguel Chávez Barbery, por la orientación, apoyo y auxilio en todas las fases de este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	X
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos de la investigación	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Justificación de la investigación	2
1.5. Delimitación del estudio	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.1.1. Investigaciones internacionales.....	4
2.1.2. Investigaciones nacionales	5
2.2. Bases teóricas	6
2.3. Definición de términos básicos	12
2.4. Hipótesis de la investigación.....	13
2.4.1. Hipótesis general	13
2.4.2. Hipótesis específicas	13
2.4.3. Operacionalización de variables	13
2.4.4. Cuadro de operacionalización de variables.....	13
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	15
3.1. Diseño metodológico	15
3.2. Población y muestra	20
3.2.1. Población.....	20
3.2.2. Muestra.....	20
3.3. Técnicas de recolección de datos	20

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información	34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	35
4.1. Análisis de resultados	35
4.2. Contrastación de hipótesis.....	41
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	44
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
6.1. Conclusiones	45
6.2. Recomendaciones	45
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS	46
ANEXOS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del agua	6
Figura 2. Representación simplificada del ciclo hidrológico	7
Figura 3. Ciclo de uso del agua	8
Figura 4. Clasificación de los contaminantes presentes en aguas naturales.....	9
Figura 5. Interrelación de sólidos encontrados en aguas residuales.....	10
Figura 6. Laguna facultativa.....	11
Figura 7. a) Localización del departamento de Puno; b) localización de la provincia de San Román; c) localización del distrito de Juliaca; d) distrito Juliaca	15
Figura 8. Esquema de estación de tratamiento (autoría propia)	16
Figura 9. Imagen satelital de la estación de tratamiento tomada de google earth	16
Figura 10. a) MEVA vista perfil; b) MCU vista horizontal; c) evacuación de lodo; d) cámara de rejillas mecánicas; e) cámara de rejillas manual.....	17
Figura 11. a) esquema simplificado de laguna; b) vista frontal de laguna; c) vista horizontal de laguna de estudio; d) fotografía tomada en época pluvial	18
Figura 12. a) afluente de laguna facultativa; b) efluente de laguna facultativa; c) vista panorámica de laguna facultativa	21
Figura 13. a) toma de muestra; b) frascos para muestreo.....	22
Figura 14. Determinación de caudal.....	23
Figura 15. a) fotografía tomada en época de estiaje; b) fotografía tomada en época pluvial	24
Figura 16. a) Medición de T°; b) Equipo de laboratorio	25
Figura 17. a) proceso de calentamiento; b) calcinación del papel filtro Whatman	26
Figura 18. a) Membrana calcinada; b) enfriamiento del papel filtro.....	26
Figura 19. a) Tare de balanza analítica; b) Peso P0	27
Figura 20. a) homogenización; b) agua residual de análisis.....	27
Figura 21. a) Medición de volumen para el ensayo; b) volumen de muestra 20 mL	28
Figura 22. a) acondicionamiento en el embudo de filtración magnético; b) sistema de filtración	28
Figura 23. a) Inicio de proceso de filtración; b) colecta del papel filtro; c) filtración de efluente; d) filtración de afluente.....	29
Figura 24. Proceso de secado de membrana a 103°C.....	30
Figura 25. Proceso de enfriamiento de membrana	30
Figura 26. Obtención de P1	31

Figura 27. Calcinación de membrana.....	31
Figura 28. Proceso de enfriamiento para determinación de SSF.....	32
Figura 29. Determinación de SSF	32
Figura 30. Resumen del ensayo.....	33
Figura 31. Concentración de sólidos suspendidos totales del afluente y efluente	36
Figura 32. Concentración de sólidos suspendidos fijos del afluente y efluente.....	38
Figura 33. Concentración de sólidos suspendidos volátiles del afluente y efluente	40
Figura 34. Eficiencia de remoción de SSV	40
Figura 35. Verificación de normalidad.....	42
Figura 36. Gráfico de probabilidad	43
Figura 37. Canal de efluente de laguna facultativa	68
Figura 38. Punto de salida de agua residual tratada	68
Figura 39. Nivel de agua en efluente-época pluvial	69
Figura 40. Nivel de agua en afluente-época pluvial	69
Figura 41. Imagen de laguna facultativa en época pluvial y estiaje.....	70
Figura 42. Laguna facultativa temporada estiaje.....	71
Figura 43. Fotografía tomada de afluente en temporada pluvial y estiaje.....	71
Figura 44. Fotografía tomada de efluente en temporada pluvial y estiaje.....	71
Figura 45. Afluencia de algas en laguna facultativa.....	72
Figura 46. Registro de cadena de custodia	72
Figura 47. Toma de muestra.....	73
Figura 48. Muestra de efluente	73
Figura 49. Muestra de afluente.....	74
Figura 50. Almacenamiento y transporte de muestras	74
Figura 51. Papel filtro Whatman	75
Figura 52. Materiales para el ensayo de análisis físico	75
Figura 53. Membrana de microfibra de vidrio	76
Figura 54. Evidencias del ensayo realizado	77
Figura 55. Papel filtro después de la filtración.....	78
Figura 56. Silica gel.....	79
Figura 57. Soporte de papel filtro.....	80
Figura 58. Retiro de aceites y grasas	80
Figura 59. Vista panorámica de lagunas facultativas de la estación de tratamiento	81
Figura 60. Punto de confluencia del río Coata y Torococha	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	14
Tabla 2. Características físicas de la laguna	19
Tabla 3. Punto de monitoreo.....	21
Tabla 4. Frecuencia de recolección	22
Tabla 5. Determinación de caudal	23
Tabla 6. Concentración de sólidos suspendidos totales.....	35
Tabla 7. Análisis estadístico de sólidos suspendidos totales	36
Tabla 8. Concentración de sólidos suspendidos fijos	37
Tabla 9. Análisis estadístico de sólidos suspendidos fijos	38
Tabla 10. Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles.....	39
Tabla 11. Análisis estadístico de sólidos suspendidos volátiles	41
Tabla 12. Planteo de Hipótesis	42

RESUMEN

Objetivo: Determinar la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022. **Metodología:** La investigación se realizó en la estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Juliaca, ubicado en la provincia de San Román del departamento de Puno, cuya ubicación UTM es: 8286061.67 N y 378827.70 E. La investigación fue no experimental, descriptivo, se colectaron muestras del afluente y efluente de una laguna luego fueron transportadas al laboratorio para su análisis físico, realizando un total de 38 mediciones en el mes de junio. También, se realizó un análisis estadístico como promedios, valor máximo, valor mínimo, error estándar, desviación estándar e intervalo de confianza para la media. **Resultados:** El análisis de laboratorio permitió observar que, las concentraciones de sólidos suspendidos totales en el afluente variaron de 270 mg/L a 355 mg/L y en el efluente de 160 mg/L a 225 mg/L. Por otra parte, las concentraciones de sólidos suspendidos fijos en el afluente variaron de 65 mg/L a 125 mg/L y en el efluente de 15 mg/L a 70 mg/L. En cuanto las concentraciones de sólidos suspendidos volátiles en el afluente variaron de 200 mg/L a 245 mg/L y en el efluente de 130 mg/L a 160 mg/L. Finalmente, la eficiencia media de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca fue 33%. **Conclusión:** De acuerdo a los resultados se llega a la conclusión que la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca fue baja. **Palabras clave:** Eficiencia de remoción; laguna facultativa; agua residual; agua contaminada.

ABSTRACT

Objective: To determine the removal efficiency of volatile suspended solids in facultative pond of the Juliaca-2022 wastewater treatment station. **Methodology:** The investigation was carried out in the wastewater treatment station of the city of Juliaca, located in the province of San Román in the department of Puno, whose location UTM is: 8286061.67 N and 378827.70 E. The investigation was non-experimental, descriptive, samples of the influent and effluent of a pond were collected, they were then transported to the laboratory for physical analysis making a total of 38 measurements in the month of June. Also, a statistical analysis was performed as means, maximum value, minimum value, standard error, standard deviation and confidence interval for the mean. **Results :** Laboratory analysis revealed that the concentrations of total suspended solids in the influent varied from 270 mg/L to 355 mg/L and in the effluent from 160 mg/L to 225 mg/L. On the other hand, the concentrations of fixed suspended solids in the influent varied from 65 mg/L to 125 mg/L and in the effluent from 15 mg/L to 70 mg/L. Regarding concentrations of volatile suspended solids in the influent varied from 200 mg/L to 245 mg/L and in the effluent from 130 mg/L to 160 mg/L. Finally, the average efficiency of removal of volatile suspended solids in facultative pond of the Juliaca wastewater treatment station was 33%. **Conclusion:** According to the results, it is concluded that the removal efficiency of volatile suspended solids in facultative pond of the Juliaca wastewater treatment station was low. **Keywords:** Removal efficiency; facultative pond; wastewater; contaminated water.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS,2022) viene realizando diagnósticos de las estaciones de tratamiento de aguas residuales del Perú, a través de la recolección de información de infraestructura, operación, mantenimiento y eficiencias. En el estudio elaborado por SUNASS (2022) señala que, hay una ausencia de información de eficiencia de remoción en los formatos remitidos por las estaciones de tratamiento de aguas residuales, en ese sentido surge la pregunta de investigación ¿cuál es la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022?, y con motivo de responder la pregunta el presente trabajo de investigación tiene por propósito estimar la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

SUNASS (2022) y los antecedentes de esta investigación resaltan la importancia de información de eficiencia de remoción con el fin de efectuar el control de procesos y evaluar las acciones de mejora que correspondan además acreditar el cumplimiento normativo.

En el estudio de SUNASS (2022) menciona que, la unidad de tratamiento que más se aplica es del tipo de lagunas cuya principal función es la remoción de materia orgánica.

Von Sperling (1996) manifiesta que, el contenido de materia orgánica en aguas residuales puede ser estimado mediante demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos volátiles. La demanda bioquímica de oxígeno tiene limitaciones ya que no puede ser medida diariamente por tanto este trabajo de investigación ha considerado a sólidos suspendidos volátiles.

Por otro parte, SUNASS (2022) señala que, la mayoría de las estaciones de tratamiento de aguas residuales no cuentan con programa de monitoreo de afluente y efluente, además de incipiente información de eficiencias por esa razón resulta relevante este tipo de trabajo de investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO,2017) menciona que, en todos los países, excepto los más desarrollados, la mayor parte de las aguas residuales se vierte directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado, además añade que las aguas residuales tienen repercusiones negativas en la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos de agua dulce ambiental y los ecosistemas.

La UNESCO (2017) afirma que, las aguas servidas siempre fueron consideradas simplemente una complicación a ser desechada, cuando no completamente ignoradas. Sin embargo, esta concepción está cambiando porque la escasez de agua aumenta en muchas regiones y se comienza a reconocer la importancia de la recolección, tratamiento y reutilización de las aguas residuales. La infraestructura es un problema fundamental para todos los países. La disponibilidad de datos continúa siendo una dificultad constante, especialmente en los países en desarrollo. Un estudio reciente mostró que, de 181 países, únicamente 55 contaban con información en materia de generación, tratamiento y utilización de aguas residuales; los países restantes no contaban con información o solo tenían datos parciales. En la mayoría de los países que contaban con información, esta se encontraba desactualizada.

En América Latina y el Caribe, de acuerdo a UNESCO (2017), muchas de las plantas de tratamiento de aguas residuales, especialmente en las comunidades más pequeñas, padecen una gestión y mantenimiento deficiente.

En Perú, según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2017), las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes sufren de problemas técnicos y operativos, por lo que en general, su desempeño es deficiente. También SUNASS (2022), en su informe de diagnóstico de plantas de tratamientos de aguas residuales, menciona que la mayoría de las plantas de tratamiento no cuenta con programa de monitoreo de afluente y efluente.

En la ciudad de Juliaca la estación de tratamiento de aguas residuales lleva 32 años de funcionamiento y en los últimos años en proceso de formalización, además considerando el informe de SUNASS (2022) donde menciona ausencia de información de eficiencia de las estaciones de tratamiento de aguas residuales, por tal razón se hizo necesario estimar la eficiencia de remoción en una laguna de la estación tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Juliaca.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la concentración de sólidos suspendidos totales en el afluente y efluente de laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022?

¿Cuál es la concentración de sólidos suspendidos fijos en el afluente y efluente de laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la concentración de sólidos suspendidos totales en el afluente y efluente de laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

Determinar la concentración de sólidos suspendidos fijos en el afluente y efluente de laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

1.4. Justificación de la investigación

Justificación teórica

El presente trabajo permitirá conocer la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Juliaca. La investigación proporciona una mejor comprensión cuantitativa de sólidos suspendidos volátiles, totales y fijos en lagunas facultativas. Los resultados permitirán tomar decisiones técnicas en sistemas de tratamiento por lagunas, también serán útiles para propuestas de diseño de sistemas de tratamiento por lagunas facultativas en la región de Puno y ciudades de altura.

Justificación social

La presente investigación brinda información de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Juliaca, también de concentraciones de sólidos suspendidos totales y fijos con ello se tiene relevancia social porque las actividades de una planta de tratamiento de aguas residuales son reguladas por límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas y municipales, ya que un mal funcionamiento o

vertimiento en cuerpos de agua puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Justificación práctica

El presente estudio es una estimación de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Juliaca, además los resultados obtenidos serán una propuesta de reflexión, permitirá mejorar las operaciones del sistema de tratamiento, inducirá a mejorar las eficiencias de remoción de contaminantes; estas acciones buscan mejorar el tratamiento de aguas residuales domesticas de la ciudad de Juliaca y con ello obtener progresivamente mejores resultados de eficiencias de remoción.

1.5. Delimitación del estudio

Delimitación espacial

El trabajo de investigación se realizó en:

- Lugar: Estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca
- Distrito: Juliaca
- Provincia: San Román
- Departamento: Puno

Las coordenadas UTM de la ciudad de Juliaca son 8286061.67 N y 378827.70 E, además las coordenadas UTM de afluente de la laguna facultativa de estudio es 8286433.75 N y 381882.87 E y del efluente 8286538.67 N y 381934.54 E.

Delimitación temporal

La ejecución del proyecto de investigación se realizó en el mes de junio del año 2022, en dicho mes se realizó el monitoreo de afluente y efluente de una laguna facultativa de la estación de tratamiento de Juliaca.

Delimitación teórica

El enfoque de esta investigación es la estimación de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca a partir de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos fijos colectados del afluente y efluente.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales

Melo (2021), tuvo como objetivo investigar la influencia del balance de oxígeno en lagunas con régimen de bateadas alimentadas por efluente del reactor UASB, realizados en la ciudad de Campina Grande, Brasil. En los resultados encontraron una concentración media de SST de 151 mg/L y SSV de 131 mg/L, además mostraron que el sistema de lagunas fue eficiente en la remoción de nutrientes, en especial nitrógeno. Concluyeron que el nivel de pH perjudica el desempeño de las algas de forma que fue verificado un colapso en algunas lagunas tipo bateadas además la producción de oxígeno disuelto fue suficiente para atender la demanda de consumo para la oxidación de materia orgánica.

Gopolang y Letshwenyo (2018), presentó como objetivo investigar la hidráulica y desempeño de la eficiencia de las lagunas de estabilización de aguas residuales de Palapye, Botswana. El desempeño de eficiencia fue evaluado mediante monitoreo periódico y análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de unidades individuales del sistema completo. Los resultados de concentración de algunos parámetros fisicoquímicos en el efluente fueron de 305 mg/L, 277 NTU, 204 mg/L, 156 mg/L, 110 mg/L y 15 mg/L empezando de sólidos suspendidos totales, turbidez, nitratos, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y fosfato respectivamente. Concluyeron que el sistema fue en general pobre en la remoción de parámetros fisicoquímicos, pero tuvo una buena remoción de parámetros bacteriológicos.

Sinn, Agrawal, Orschler y Lackner (2022), presentaron como objetivo caracterizar y evaluar nueve lagunas de estabilización (WSP) de Namibia, en términos de calidad de agua del afluente y efluente luego comparar con los requerimientos de reuso de agua para agricultura. En los resultados encontró concentración de sólidos suspendidos totales de 229 mg/L y lograron cumplir los requerimientos de irrigación y esto fue logrado con un solo sistema de WSP cual fue mejorado con la adición de un pre y post-tratamiento. Concluyeron que la investigación ofrece una primera visión general de la situación actual y se puede utilizar como base para establecer posibles medidas de mejora para WSP existentes, así como para investigar posibles aplicaciones de efluentes en el riego agrícola.

Desye, Belete, Amare, Angaw y Asfaw (2022), en su estudio tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de lagunas de estabilización de aguas residuales y calidad del efluente, realizado en la ciudad de Jimma, Etiopía. Se realizó un estudio transversal de laboratorio con 60 muestras de aguas residuales. Se utilizó un método de procedimiento estándar para

recoger y analizar las muestras además usaron un análisis estadístico y una prueba t pareada para probar las diferencias estadísticamente significativas. En general la eficiencia de la planta de tratamiento fue de 73.5%. Concluyeron que la eficiencia fue satisfactoria y la calidad de agua del efluente fue inadecuada para la descarga en el ambiente por tanto mencionan que se debe adecuar un pre tratamiento y modificar el diseño de las lagunas como también la frecuencia de monitoreo.

Nwankwo, Nwaiwu y Nwabanne (2019), presentó como objetivo estudiar la dinámica de remoción de sólidos en laguna de estabilización de aguas residuales de Awka, Nigeria. Con los resultados del análisis fisicoquímico encontraron concentraciones de sólidos suspendidos totales de 991mg/L y 3427 mg/L de sólidos disueltos totales. Concluyeron que existe diferencia en las concentraciones de agua residual bruta y la tratada.

2.1.2. Investigaciones nacionales

García (2019), presentó como objetivo determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín, Cajamarca. El procedimiento consistió en el análisis de muestras de agua residual en dos puntos, entrada y salida, donde realizaron cuatro mediciones. El resultado que obtuvo en promedio de sólidos suspendidos totales en el afluente fue de 211.5 mg/L y en el efluente de 59.475 mg/. Concluyó que la eficiencia de SST fue de 71.88%.

Apaza (2021), tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de los tratamientos biológicos en la remoción de contaminantes de la planta de tratamiento del distrito de San José, Azángaro. El procedimiento que empleo fue coleccionar muestras en el ingreso y salida de cada unidad de tratamiento, luego realizó el análisis físico químico y bacteriológico de los parámetros establecidos por D.S. N° 003-2010-MINAM. El resultado que obtuvo de remoción fue de 34.02% en sólidos totales en suspensión. Concluyó que, la planta de tratamiento del distrito de San José tiene mayor eficiencia en la remoción de aceites y grasas y coliformes termotolerantes, y menor eficiencia en cuanto a DBO y DQO.

Núñez (2019), tuvo como objetivo determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cajabamba, Cajamarca. La metodología consistió en identificar puntos de muestreo, ubicó un punto en el ingreso a la planta de tratamiento y el segundo punto a la salida de los efluentes. Determinó que la planta de tratamiento de aguas residuales presenta una eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales de 50%. Concluyó que, la planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente en la remoción de materia orgánica.

2.2. Bases teóricas

El agua en la naturaleza

Distribución del agua en la tierra

El agua es el constituyente inorgánico más abundante en la materia viva, en el hombre el 60% de su peso es constituido por agua; el agua es fundamental para la manutención de la vida, razón por la cual es importante saber cómo se distribuye en nuestro planeta y como circula de un medio para el otro (Von Sperling,1996).

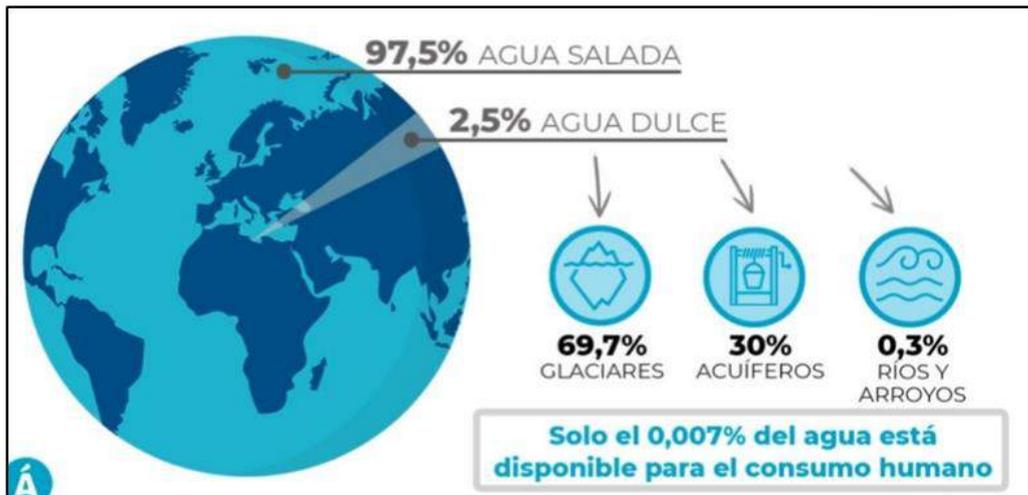


Figura 1. Distribución del agua (Organización de las Naciones Unidas)

Ciclo hidrológico

Según von Sperling (1996), es importante también el conocimiento de como el agua se mueve de un medio para otro en la tierra, a esa circulación del agua se le denomina ciclo hidrológico, en el ciclo se distinguen los siguientes mecanismos de transferencia del agua:

- Precipitación
- Esguerrimiento superficial
- Infiltración
- Evaporación
- Transpiración

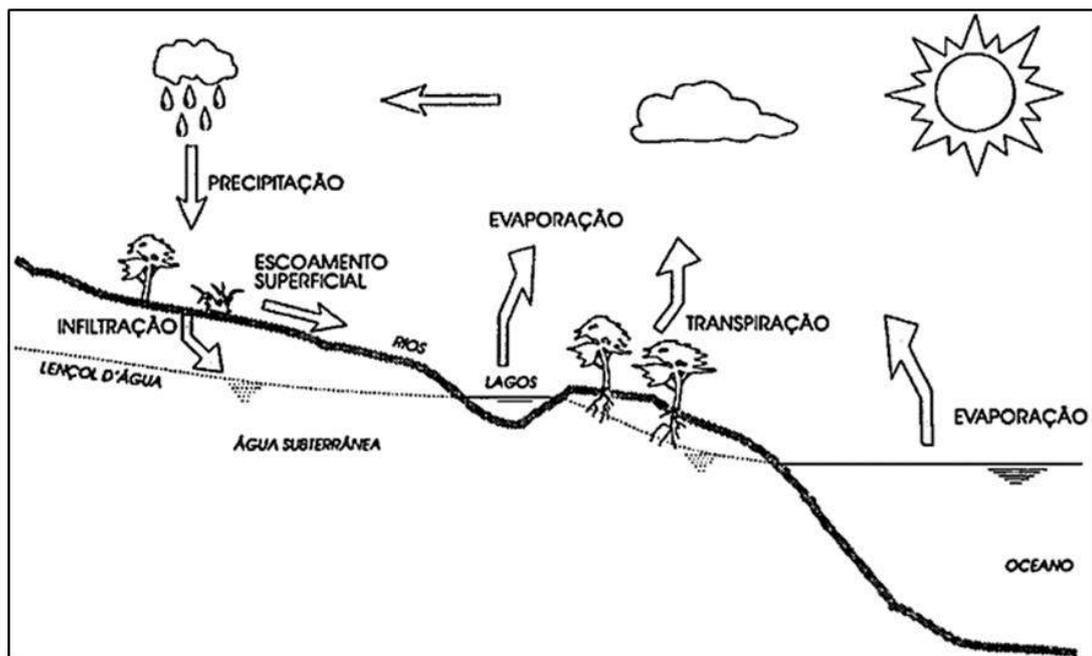


Figura 2. Representación simplificada del ciclo hidrológico (Von Sperling,1996)

El agua y el hombre

Formas de uso del agua

Los principales usos del agua son los siguientes:

- “Abastecimiento domestico
- Abastecimiento industrial
- Irrigación
- Agricultura
- Preservación de la flora y la fauna
- Armonía paisajística
- Recreación
- Generación de energía eléctrica
- Navegación
- Dilución de descargas” (Von Sperling,1996).

De estos usos los cuatro primeros implican en la retirada de aguas de las colecciones hídricas donde se encuentran; en términos generales apenas los dos primeros usos están frecuentemente asociados a un tratamiento previo del agua.

Ciclo de uso del agua

Existen ciclos internos en que el agua permanece en su forma líquida, pero tiene las características alteradas en virtud de su utilización, en este ciclo la calidad del agua es alterada en cada etapa de su curso (Von Sperling,2007b).

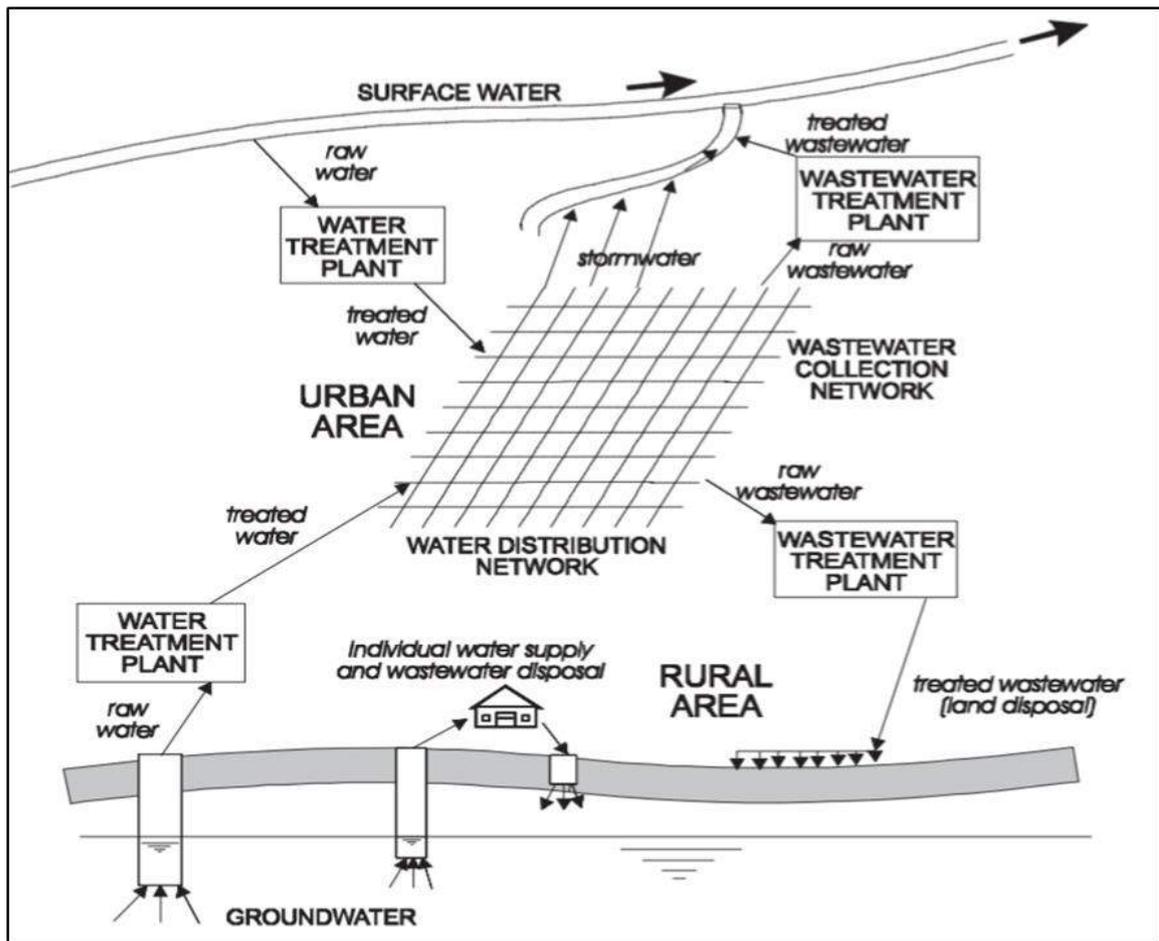


Figura 3. Ciclo de uso del agua (Von Sperling, 2007b)

Impurezas encontradas en el agua

Según von Sperling (1996), los diversos componentes presentes en el agua, y que alteran su grado de pureza pueden ser retratados de una manera amplia y simplificada en términos de sus características físicas, químicas y biológicas. Estas características pueden ser reproducidas en forma de parámetros de calidad del agua, las principales características del agua pueden ser expresadas como:

- Características físicas: Impurezas enfocadas del punto de vista físico están asociadas en su mayor parte a los sólidos presentes en el agua. Estos sólidos pueden ser en suspensión, coloidales o disueltos, dependiendo de sus tamaños.
- Características químicas: Las características químicas de un agua pueden ser interpretadas a través de una de las dos clasificaciones: materia orgánica o inorgánica.
- Características biológicas: Los seres presentes en el agua pueden ser vivos o muertos, dentro de los seres vivos se tiene a los reinos animal y vegetal además de los protistas.

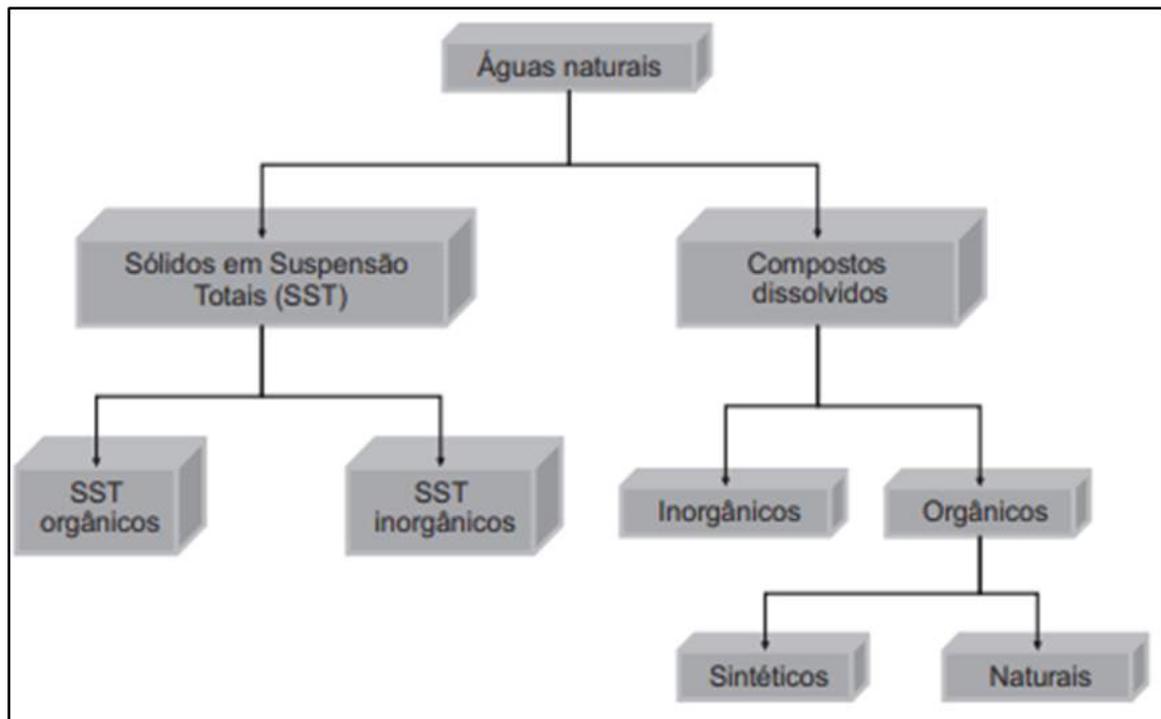


Figura 4. Clasificación de los contaminantes presentes en aguas naturales (Seckler,2017)

Sólidos presentes en el agua

Metcalf y Eddy (2016) menciona que, las aguas residuales contienen diversos materiales sólidos, variando de trapos y material coloidal. En la caracterización de aguas, generalmente los materiales gruesos son removidos antes que las muestras sean analizadas. existen diversas clasificaciones de sólidos. Típicamente, cerca del 60% de sólidos en suspensión de aguas residuales son sedimentables.

Sólidos en suspensión totales

Según Metcalf y Eddy (2016), en los ensayos de sólidos en suspensión es utilizado un filtro para separar los SST de los SDT, el análisis de SST es más o menos arbitrario, pues depende del tamaño de poro del papel de filtro utilizado para el análisis. Filtros con tamaños nominales de poros variando de 0.45 μm a 2 μm aproximadamente, siendo utilizados para el análisis de SST. Los valores medidos de SST son dependientes del tipo y tamaño de los poros utilizados, dependiendo del tamaño de la muestra utilizada para la determinación de SST, puede ocurrir la autofiltración, en la cual los sólidos suspendidos que fueron interceptados por el filtro también operan como filtro. La autofiltración captura partículas menores de las que serían posibles de capturar de otra forma, lo que podría traer un aumento aparente en el valor medido de SST, que puede estar encima del valor real.

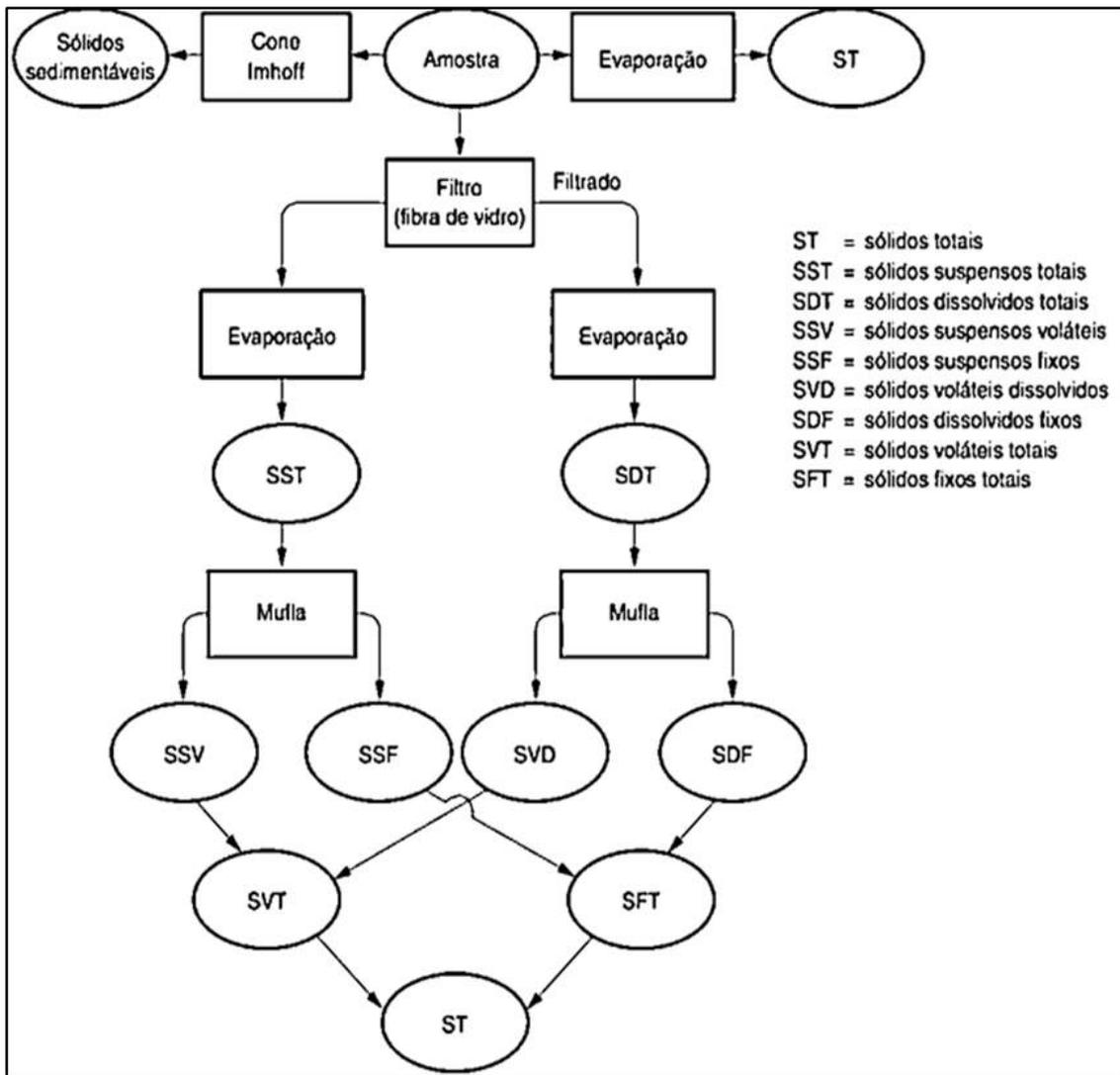


Figura 5. Interrelación de sólidos encontrados en aguas residuales (Metcalf y Eddy,2016)

Sólidos suspendidos volátiles

Son aquellos materiales que pueden ser volatilizados quemados a temperaturas de 550°C. En general, los sólidos volátiles son asumidos como materia orgánica, aunque algunas materias orgánicas no se queman y algunos sólidos inorgánicos se descompongan a temperaturas elevadas (Metcalf y Eddy,2016).

Sólidos suspendidos fijos

Los sólidos fijos son los residuos que permanecen después de la incineración de una muestra, la relación de SDV y SSF es usualmente utilizada para caracterizar el agua residual en relación a la cantidad de materia orgánica presente (Metcalf y Eddy,2016).

Lagunas de estabilización

Según von Sperling (2007a), los sistemas de lagunas de estabilización constituyen la forma más simple para el tratamiento de aguas residuales, hay diversos tipos de sistemas de

lagunas de estabilización con diferentes niveles de simplicidad operacional y requisitos de área, siendo las siguientes:

- Lagunas facultativas
- Lagunas anaerobias
- Lagunas aireadas facultativas
- Lagunas aireadas de mistura completa

Además de estas lagunas cuyo principal objetivo es la remoción de materia orgánica carbonácea otras como las lagunas de maduración direccionadas a la remoción de organismos patógenos. De manera general las lagunas de estabilización son bastante indicadas para regiones de clima cálido debido a los siguientes aspectos:

- Suficiente disponibilidad de área
- Clima favorable
- Operaciones simples
- Necesidad de pocos o ningún equipamiento

Laguna facultativa

Las lagunas facultativas son la variante más simple de los sistemas de lagunas de estabilización, el proceso consiste en la retención de aguas residuales por un periodo de tiempo largo o suficiente para que los procesos naturales de estabilización de materia orgánica se desarrollen. Las ventajas y desventajas de las lagunas facultativas están asociadas por tanto a predominancia de los fenómenos naturales (Von Sperling, 2007a).

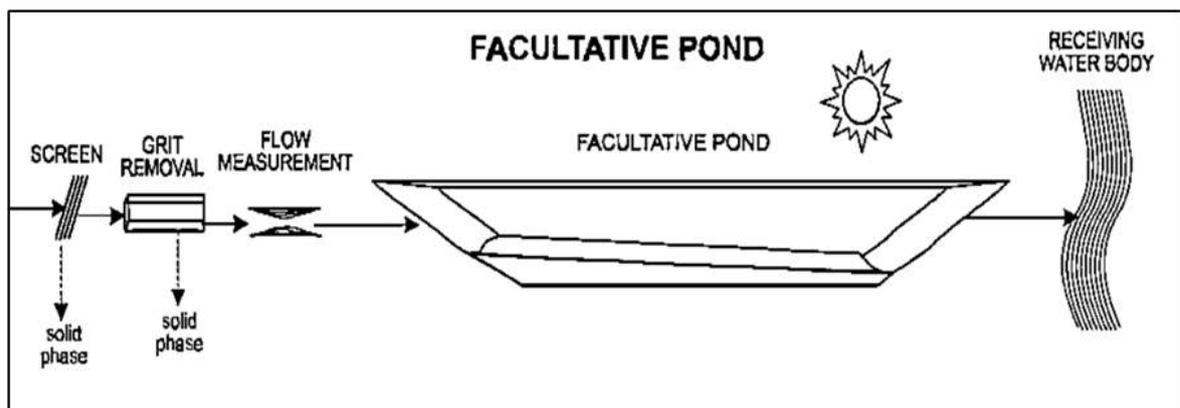


Figura 6. Laguna facultativa (Von Sperling, 2007a)

Eficiencia de remoción

Según von Sperling, Verbyla y Oliveira (2020), la eficiencia de remoción de cierto constituyente en una planta de tratamiento o unidad de tratamiento es frecuentemente reportada como porcentaje de eficiencia de remoción.

2.3. Definición de términos básicos

Agua Bruta: Inicialmente, agua retirada del río, lago o laguna (Von Sperling, 2007b).

Agua Tratada: Después de la captación, el agua sufre transformaciones durante su tratamiento para adecuarse a sus usos previstos (Von Sperling, 2007b).

Agua residual Bruta: Con la utilización del agua, la misma sufre nuevas transformaciones en su calidad (Von Sperling, 2007b).

Agua residual tratada: Remover los principales contaminantes, los despejos sufren un tratamiento antes de ser lanzados al cuerpo receptor (Von Sperling, 2007b).

Aguas negras: Se refiere aquellas aguas que contienen excretas o han sido contaminadas por ellas (Arocha, 1983).

Aguas grises: Son aquellas aguas que han sido usadas para fines domésticos como lavado de ropa, fregado, higiene personal (Arocha, 1983).

Constituyentes: Componentes individuales como elementos o entes biológicos tales como sólidos suspendidos o nitrógeno amoniacal (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Características: Clases generales de constituyentes de aguas residuales tales como físicas, químicas y biológicas (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Calidad de un agua existente: Función del uso y de la ocupación del suelo en la cuenca (Von Sperling, 2007b).

Calidad deseable para un agua: Función del uso previsto para el agua (Von Sperling, 2007b).

Parámetro: Factor medible como la temperatura (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Vertimiento puntual: Los contaminantes alcanzan el cuerpo de agua en forma concentrada. Usualmente la descarga de aguas residuales domésticas e industriales genera fuentes puntuales de contaminación (Von Sperling, 2007b).

Efluente: Líquido descargado en una etapa del proceso de tratamiento (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Impurezas: Constituyentes adicionados al abastecimiento de agua a través del uso, los términos contaminantes e impurezas a menudo son empleados para referirse a lo mismo (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Procesos biológicos unitarios: Métodos de tratamiento en la cual la remoción de contaminantes ocurre por medio de actividad biológica (Von Sperling, 1996).

2.4. Hipótesis de la investigación

2.4.1. Hipótesis general

HA: Existe eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

2.4.2. Hipótesis específicas

La concentración de sólidos suspendidos totales del afluente es mayor a la concentración del efluente de laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

La concentración de sólidos suspendidos fijos del afluente es mayor a la concentración del efluente de laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

2.4.3. Operacionalización de variables

X: Variable Independiente

Sólidos suspendidos volátiles

Y: Variable Dependiente

Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles

2.4.4. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 1.*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TIPO DE VARIABLE
Independiente: Sólidos suspendidos volátiles	Sólidos que al someter a una temperatura de 550°C son volatilizados y es posible determinarlos mediante la siguiente fórmula: $SSV = SST - SSF$	Se realizó un análisis físico en laboratorio para determinar las concentraciones del afluyente y efluente de la laguna facultativa de estudio	Sólidos suspendidos totales	Concentración de SST	mg/L	Numérica discreta
			Sólidos suspendidos fijos	Concentración de SSF	mg/L	
Dependiente: Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles	La eficiencia de remoción de contaminantes en un sistema de tratamiento de aguas residuales es posible estimarla mediante lo siguiente: $E = ((C_0 - C) / C_0) \times 100$; donde C_0 es la concentración en el afluyente y C es la concentración en el efluente.	Los datos obtenidos del análisis de laboratorio fueron procesados para el cálculo de eficiencia de remoción.	Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles	Eficiencia de SSV	Porcentaje %	Numérica discreta

Nota. Fuente: autoría propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Juliaca, perteneciente a la provincia de San Román del departamento de Puno, cuyas coordenadas UTM son: 8286061.67 N y 378827.70 E. La ciudad se encuentra a una elevación de 3825 m.s.n.m.

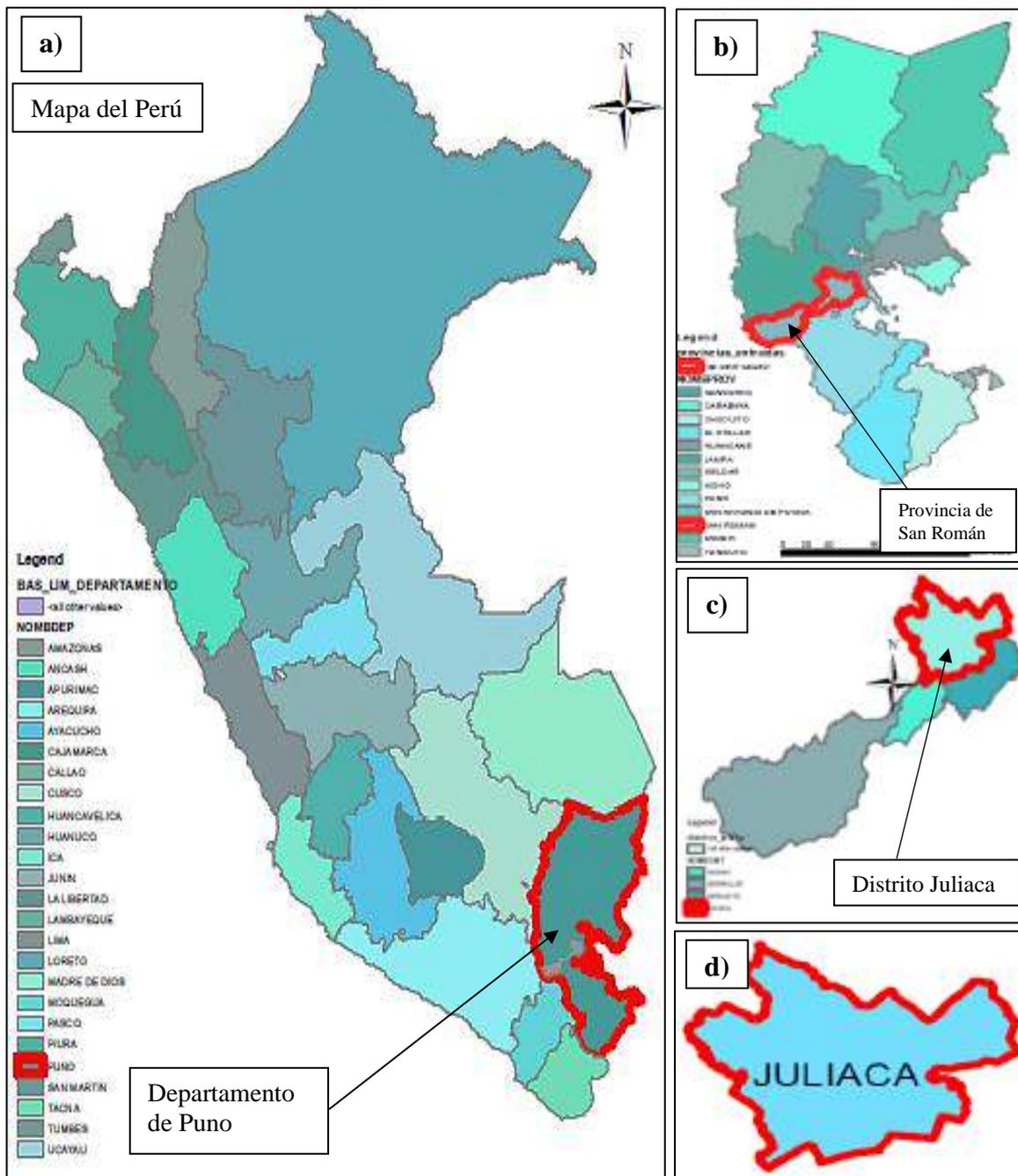


Figura 7. a) Localización del departamento de Puno; b) localización de la provincia de San Román; c) localización del distrito de Juliaca; d) distrito Juliaca

En cuanto a la temperatura durante el mes de junio se observó que a partir de 6:00 a 09:00a.m temperaturas de 7°C a 11°C. De acuerdo al último censo realizado en el 2020, Juliaca cuenta con 276100 habitantes.

Descripción de la estación de tratamiento de aguas residuales

La estación de tratamiento de aguas residuales se encuentra situado en el distrito de Juliaca y cuenta con un sistema de tratamiento en base a lagunas facultativas situados en un área próxima al Río Torococha, la construcción fue realizada en el año de 1990.

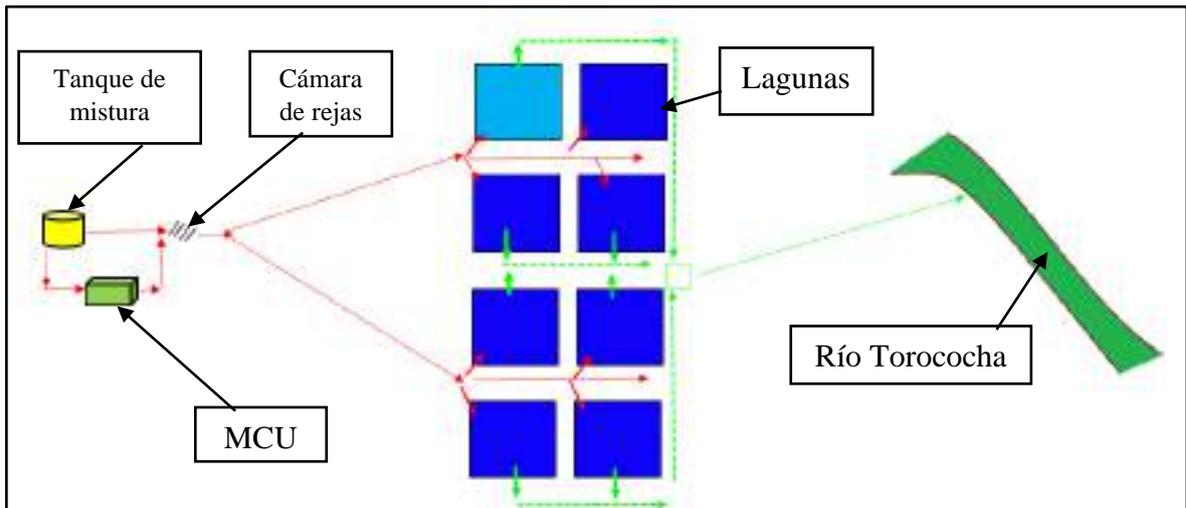


Figura 8. Esquema de estación de tratamiento (autoría propia)



Figura 9. Imagen satelital de la estación de tratamiento tomada de google earth

El pre tratamiento está conformado por cámara de rejas y el tratamiento primario por lagunas sin embargo en este año adquirieron dos unidades de Meva Compact Unit (MCU), unidad perteneciente a un pretratamiento de tipo mecánico.



Figura 10. a) MEVA vista perfil; b) MCU vista horizontal; c) evacuación de lodo; d) cámara de rejas mecánico; e) cámara de rejas manual

Descripción del área de estudio

En la figura 10, se presenta una ilustración gráfica de las principales características físicas de la laguna facultativa de estudio que trata aguas residuales domésticas de la ciudad de Juliaca.

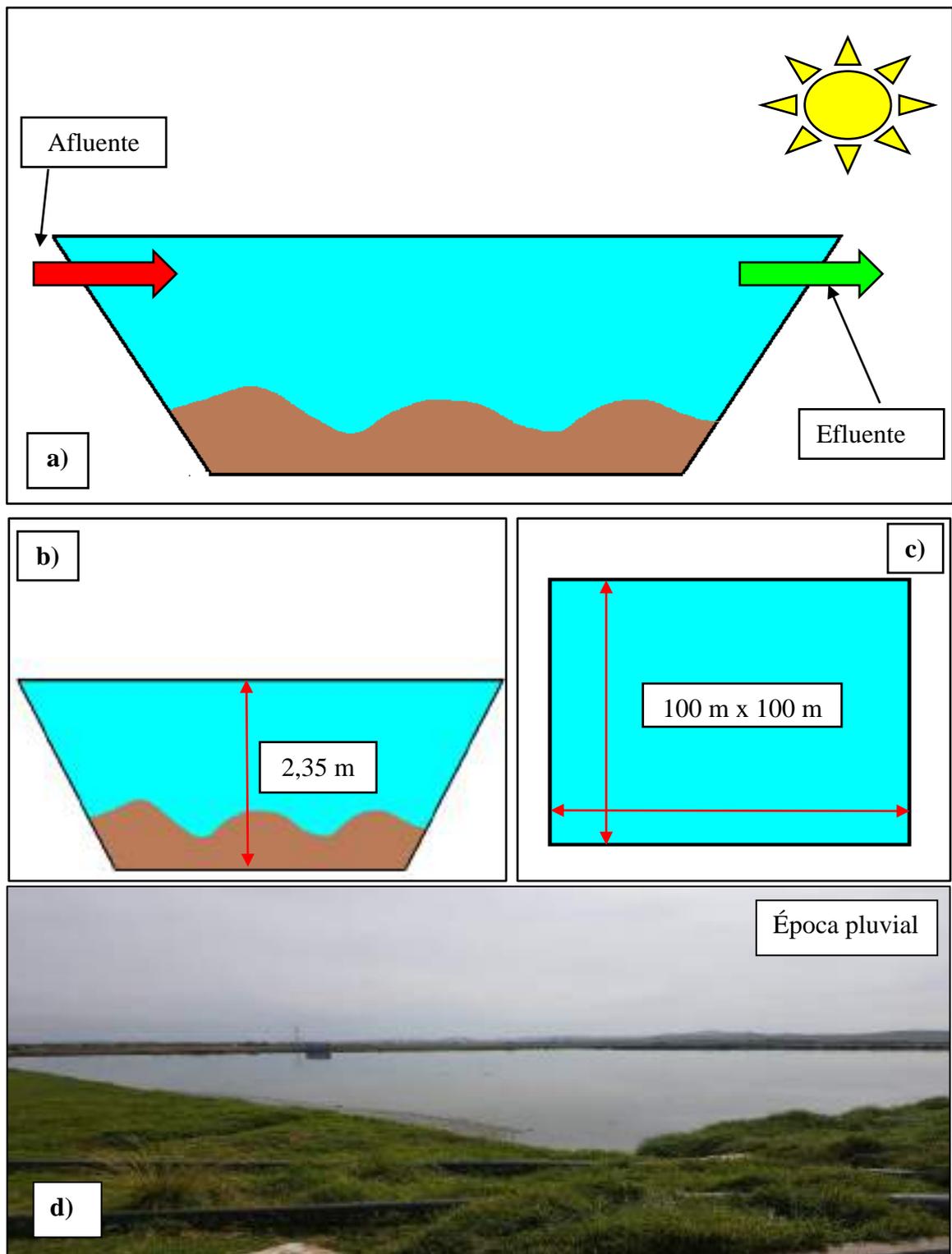


Figura 11. a) esquema simplificado de laguna; b) vista frontal de laguna; c) vista horizontal de laguna de estudio; d) fotografía tomada en época pluvial

Tabla 2.

Características físicas de la laguna

UNIDAD DE TRATAMIENTO: Laguna facultativa		
	Unidad	Cantidad
Largo	m	100
Ancho	m	100
Área	m ²	10000
	ha	1
Profundidad	m	2,35

Nota. Fuente: autoría propia

Materiales e insumos

Materiales

- Pinzas
- Espátula
- Cápsula de porcelana
- Muestra
- Probeta
- Membrana de fibra de vidrio de 1,2 μ m.
- Papel
- Libreta de apuntes
- Lápiz y lapicero
- Pizarra
- Frascos de 300 ml
- Matraz Kitasato
- Vaso precipitado

Equipos

- Desecador
- Embudo de filtración magnético
- Bomba de vacío
- Mufla
- Estufa
- Laptop
- Cámara fotográfica

Diseño experimental

No experimental

Tipo de investigación

El trabajo de investigación fue no experimental de tipo observacional, donde no existe la intervención del investigador en la variable de estudio.

Nivel de investigación

Esta investigación fue de nivel descriptivo, solo describe los parámetros que emite el laboratorio de análisis, sin manipular los resultados encontrados.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población estuvo determinada por una laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Juliaca.

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo determinada por 2 puntos, ubicados en la entrada y salida de la laguna facultativa.

- Punto 1: Afluente de la laguna facultativa
- Punto 2: Efluente de la laguna facultativa

3.3. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas seguidas en el proceso de selección de punto de monitoreo, recolección de muestra, caudal y temperatura fueron del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en cuanto a las frecuencias y horario de muestreo la técnica seguida fue la de Assessment of Treatment Plant Performance and Water Quality Data: A Guide for Students, Researchers and Practitioners (Von Sperling et al.,2020),finalmente la técnica seguida en el proceso analítico en laboratorio fue la de American public associaton Standard Methods for the examination of water and wastewater.

Proceso de campo

Punto de monitoreo

En la laguna se ubicó dos puntos uno en la entrada y otra en la salida llamados afluente y efluente donde se realizó el muestreo.



Figura 12. a) afluente de laguna facultativa; b) efluente de laguna facultativa; c) vista panorámica de laguna facultativa

Tabla 3.

Punto de monitoreo

Punto	Coordenadas			Altitud m.s.n.m
	Norte	Este	Zona	
Afluente	8286433.75	381882.87	19	3829
Efluente	8286538.67	381934.54	19	3828

Nota. Fuente: autoría propia

Frecuencia y horario de la recolección

Se realizó el monitoreo en el mes de junio obteniendo un total de 38 colectas de muestra las cuales fueron hechas de lunes a viernes, todas fueron realizadas en la mañana.

Tabla 4.

Frecuencia de recolección

Punto	Sem.	Horario de muestreo	Frecuencia de recolección de muestra						
			Junio						
			DOM.	LUN.	MAR.	MIÉ.	JUE.	VIE.	SÁB.
	1era	8:00 - 8:07 a.m					X		
afluente	2da	8:00 - 8:07 a.m		X	X	X	X	X	
y	3ra	8:00 - 8:07 a.m		X	X	X	X	X	
efluente	4ta	8:00 - 8:07 a.m		X	X	X	X	X	
	5ta	8:00 - 8:07 a.m		X	X		X		

Nota. Fuente: autoría propia

Recolección de muestra

La recolección se basó en la colecta de muestras puntuales de aguas residuales entre las 8:00 a 8:07a.m. Para la colecta fueron utilizados frascos de vidrio de 300ml. Los frascos fueron almacenados en cajas y transportados hasta los laboratorios de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

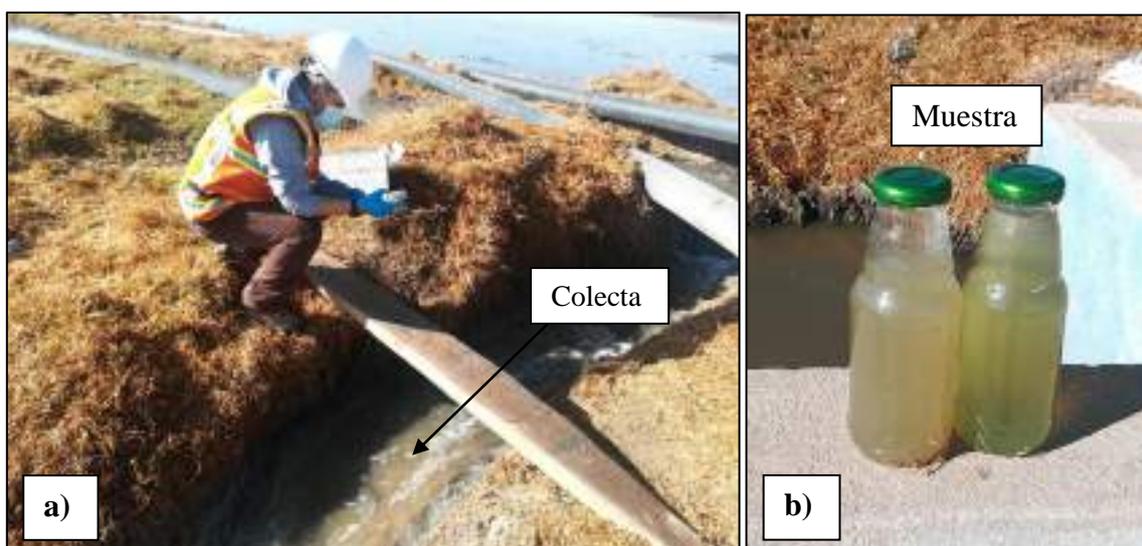


Figura 13. a) toma de muestra; b) frascos para muestreo

Caudal

Para la determinación del caudal se utilizó el método volumétrico, realizando un total de 6 mediciones.



Figura 14. Determinación de caudal

Tabla 5.

Determinación de caudal

N°	Fecha	Hora	Volumen L	Caudal	
				L/s	m ³ /h
1	10-06-22	08:00 a.m	4.355	3.59	12.924
2	13-06-22	08:00 a.m	4.355	3.45	12.42
3	14-06-22	09:00 a.m	4.355	3.32	11.952
4	15-06-22	09:30 a.m	4.355	3.133	11.279
5	16-06-22	09:27 a.m	4.355	3.071	11.056
6	17-06-22	08:45 a.m	4.355	3.305	11.898

Nota. Fuente: autoría propia

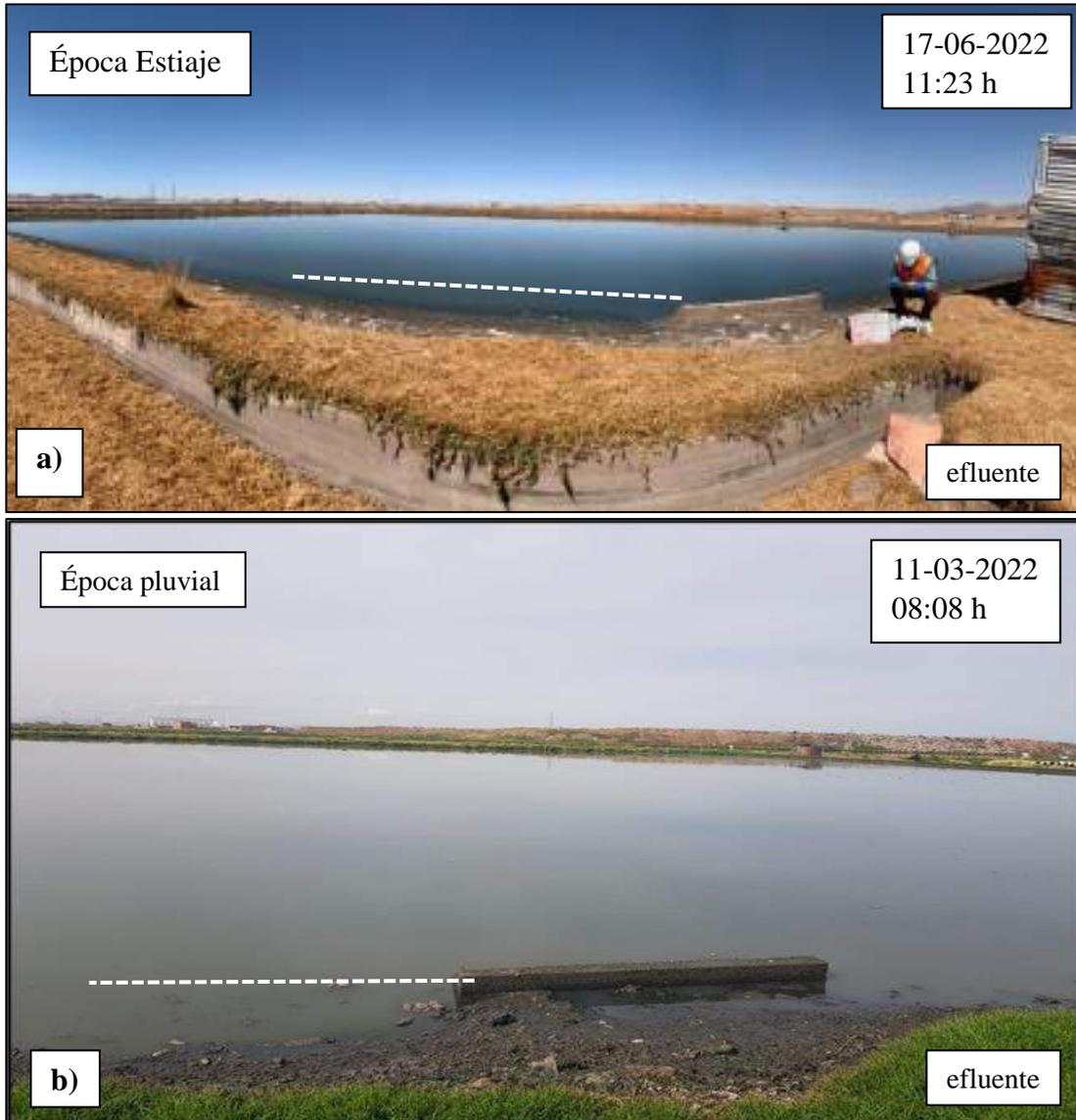


Figura 15. a) fotografía tomada en época de estiaje; b) fotografía tomada en época pluvial

Temperatura

La temperatura de las muestras varia de 12.70 °C a 13.50°C.

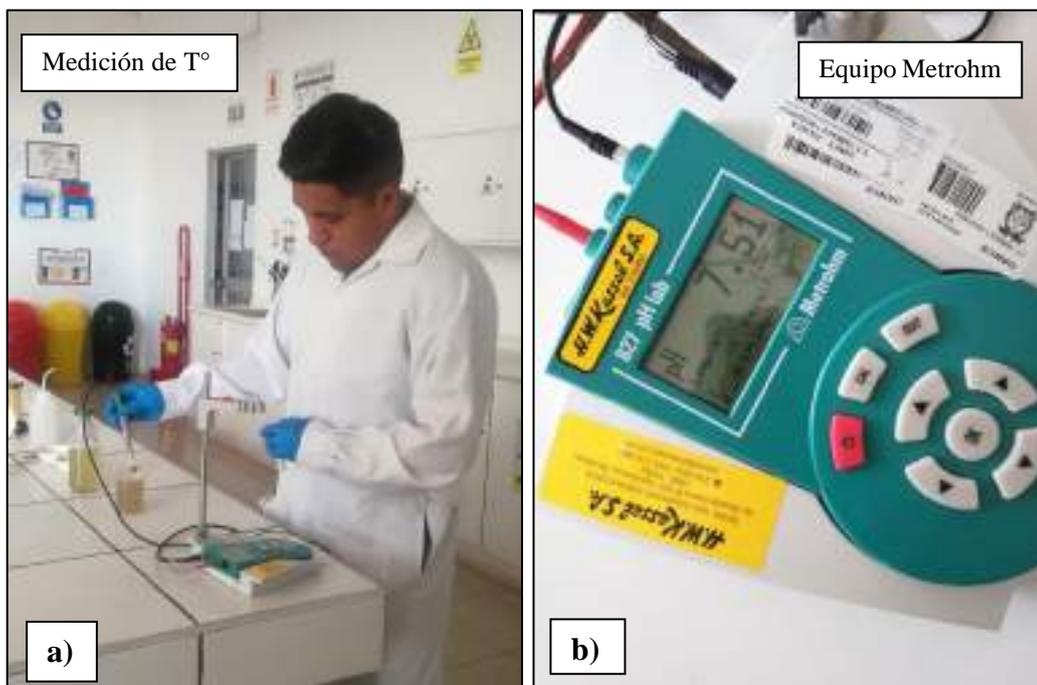


Figura 16. a) Medición de T°; b) Equipo de laboratorio

Proceso analítico en laboratorio

Los análisis fueron realizados en los laboratorios de análisis físico-químico de la escuela profesional de farmacia y bioquímica–UANCV, siguiendo las recomendaciones del American public associaton Standard Methods for the examination of water and wastewater y las normas de seguridad del laboratorio. En adelante detallaremos los métodos, equipos y procedimiento realizado para la determinación de los objetivos planteados.

Determinación SST

Método: gravimétrico

Campo de aplicación: Agua de consumo y residual

Base normativa y referencias:

American public associaton Standard Methods for the examination of water and wastewater

Responsable del procedimiento operacional: Tesista

Requisitos de seguridad: Uso de guantes y mandil

Procedimiento:

Calcinar la membrana de GF/C dentro de una cápsula de porcelana de aproximadamente de 75mL en la mufla por 15 min.

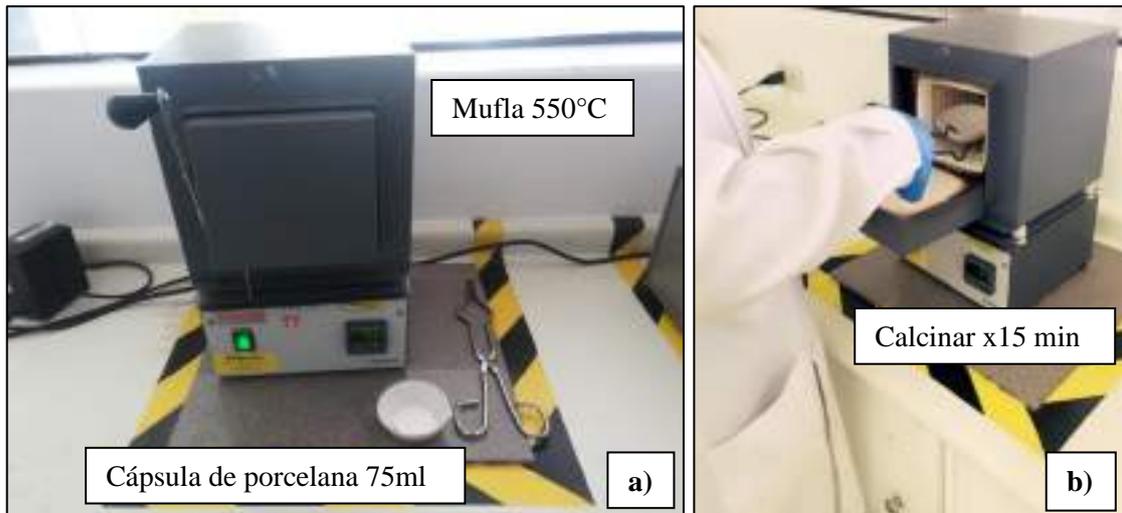


Figura 17. a) proceso de calentamiento; b) calcinación del papel filtro Whatman

Luego de los 15min, retirar de la mufla y dejar enfriar en el desecador

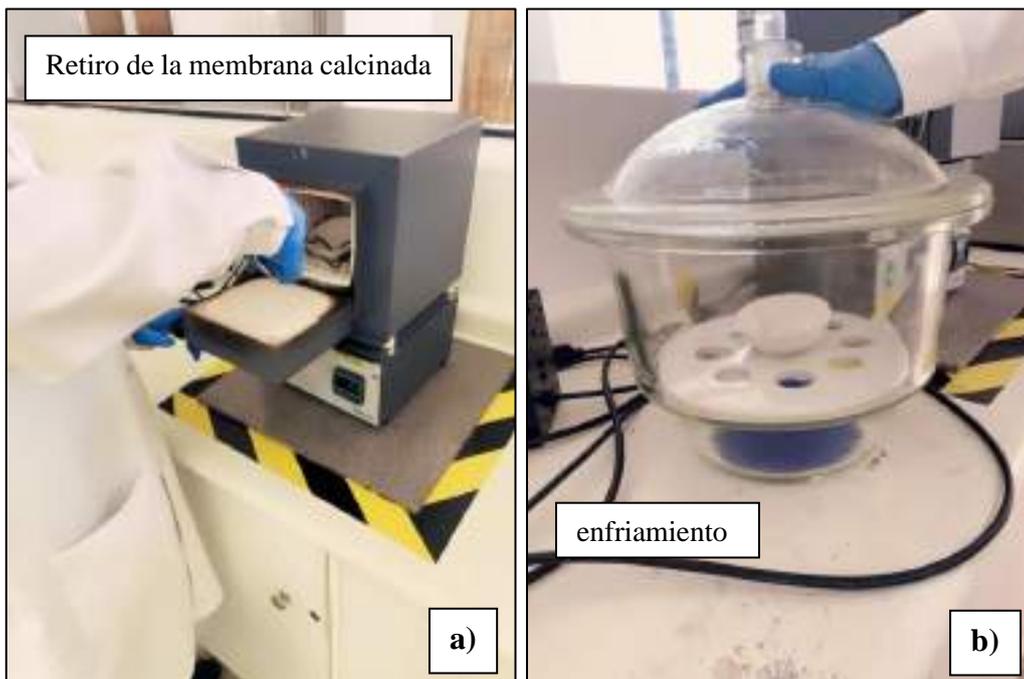


Figura 18. a) Membrana calcinada; b) enfriamiento del papel filtro

Tarar la balanza analítica y colocar la membrana, luego anotar el peso P0

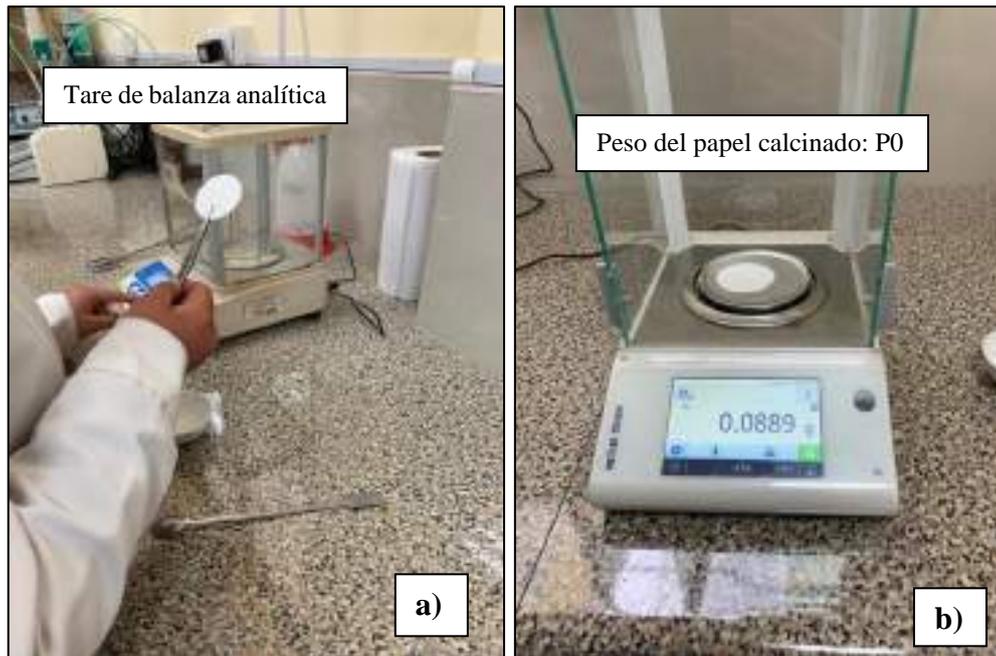


Figura 19. a) Tare de balanza analítica; b) Peso P0

Retirar una porción de la muestra y pasar para un vaso precipitado de 100mL. Mover el vaso precipitado para su homogenización.

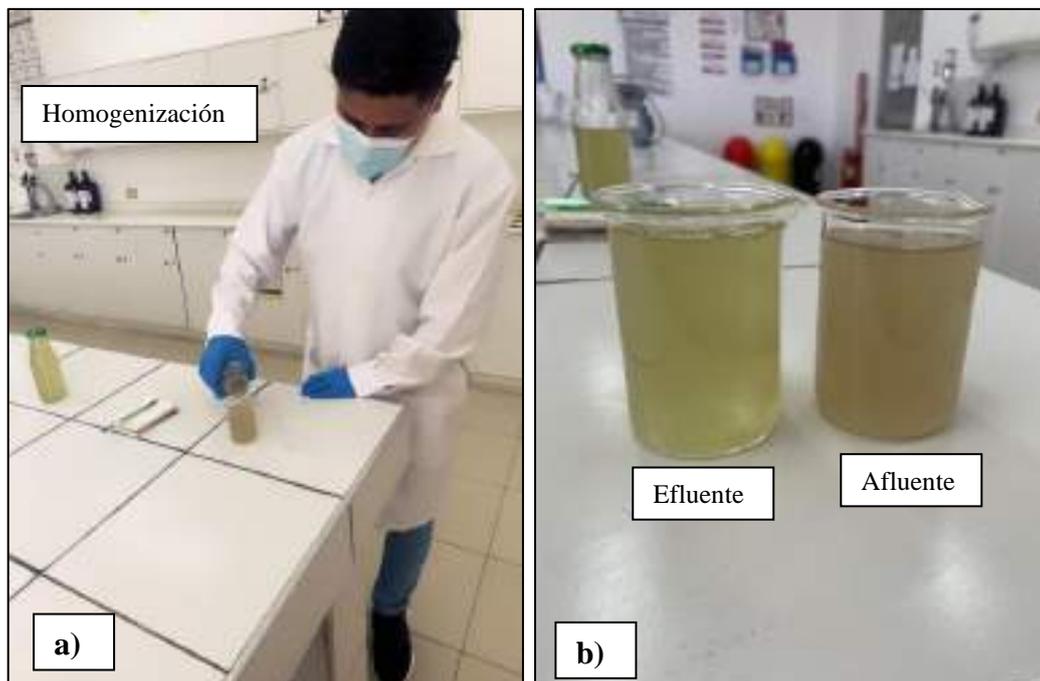


Figura 20. a) homogenización; b) agua residual de análisis

La porción del vaso precipitado pasar a una probeta de 100 mL un volumen de 20mL

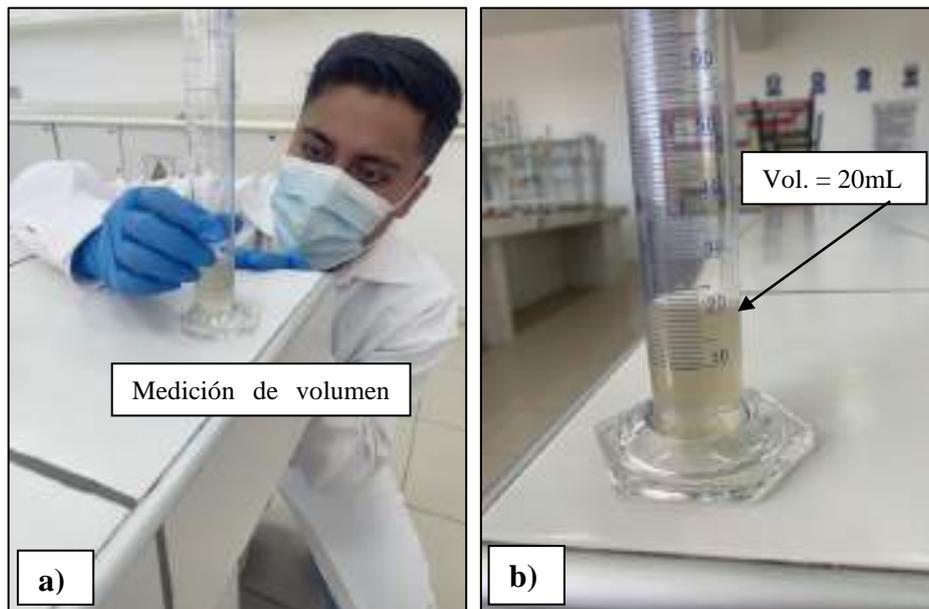


Figura 21. a) Medición de volumen para el ensayo; b) volumen de muestra 20 mL

Acondicionar la membrana tarada en el embudo magnético de filtración con la ayuda de una pinza.

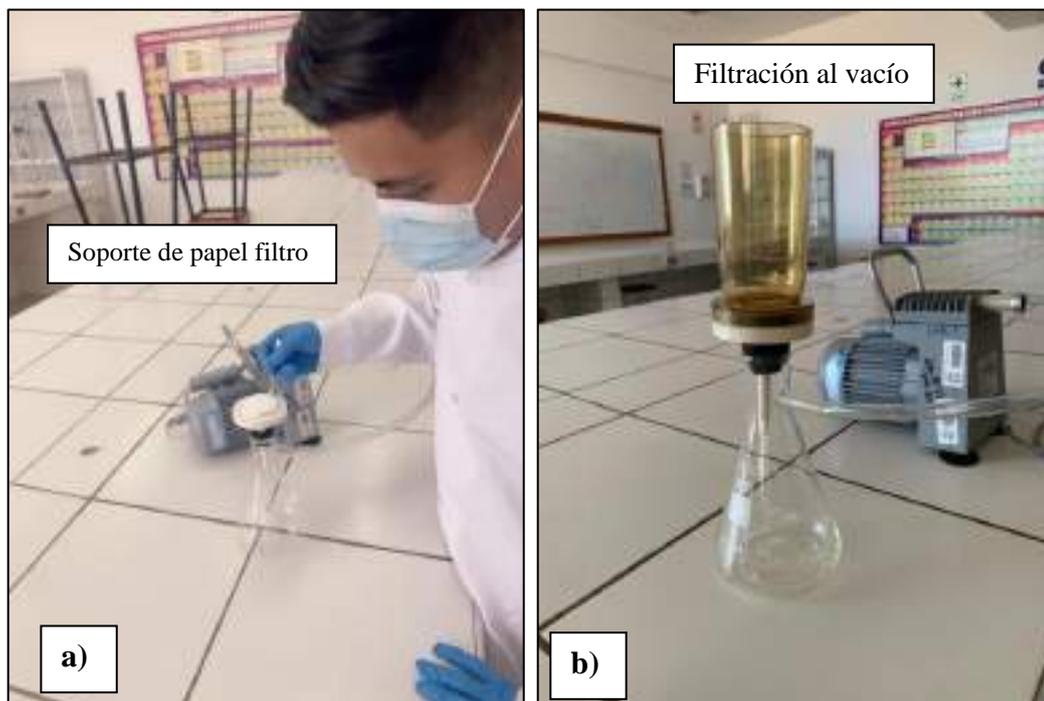


Figura 22. a) acondicionamiento en el embudo de filtración magnético; b) sistema de filtración

Pasar la muestra de la probeta por el sistema de filtración, encender la bomba vacía y esperar el término de la filtración. Retirar la membrana con una pinza y espátula con cuidado y pasar a la cápsula de porcelana.

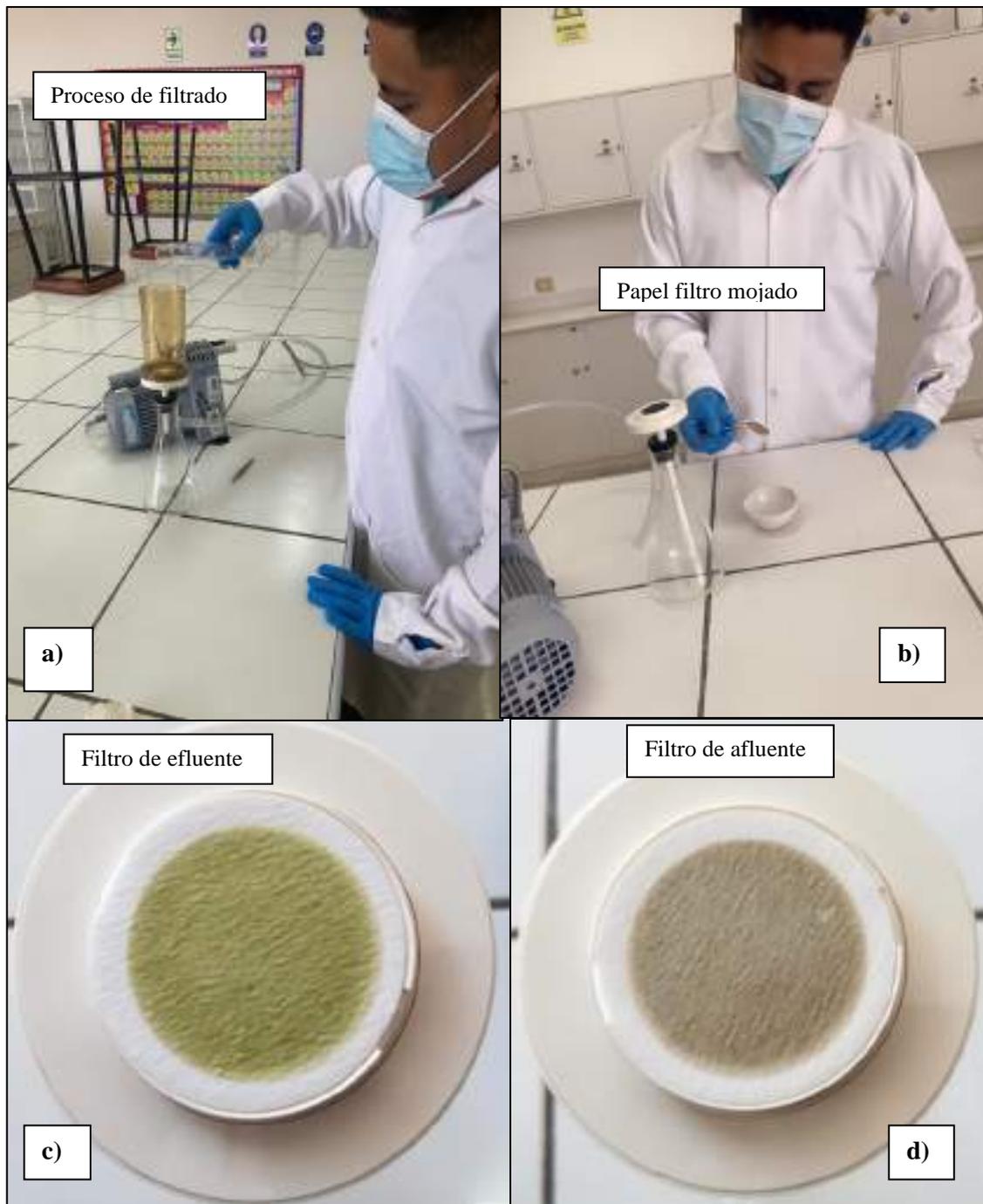


Figura 23. a) Inicio de proceso de filtración; b) colecta del papel filtro; c) filtración de efluente; d) filtración de afluente

Llevar la membrana a la estufa y dejar a 103° C por una 1 hora para que el agua evapore.



Figura 24. Proceso de secado de membrana a 103°C

Después de 1 hora retirar la capsula y dejar enfriar en el desecador.



Figura 25. Proceso de enfriamiento de membrana

Pesar e anotar el peso P1



Figura 26. Obtención de P1

Determinación SSF

Llevar a la mufla la cápsula de porcelana con la membra y dejar por 15 min.

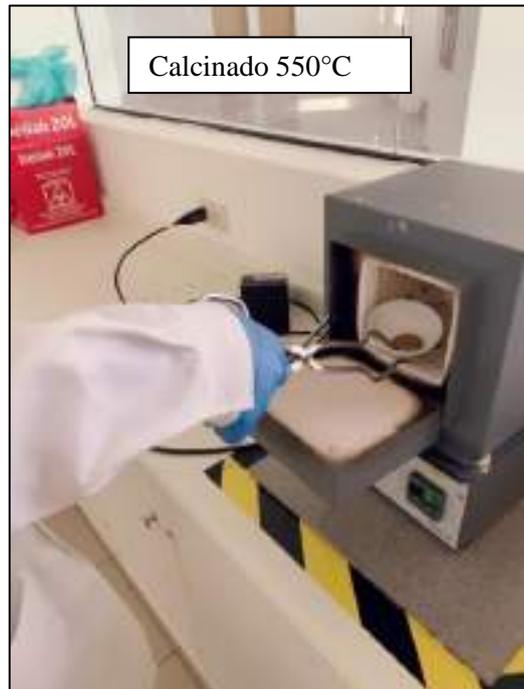


Figura 27. Calcinación de membrana

Retirar con la ayuda de una pinza Mohr y dejar enfriar en el desecador

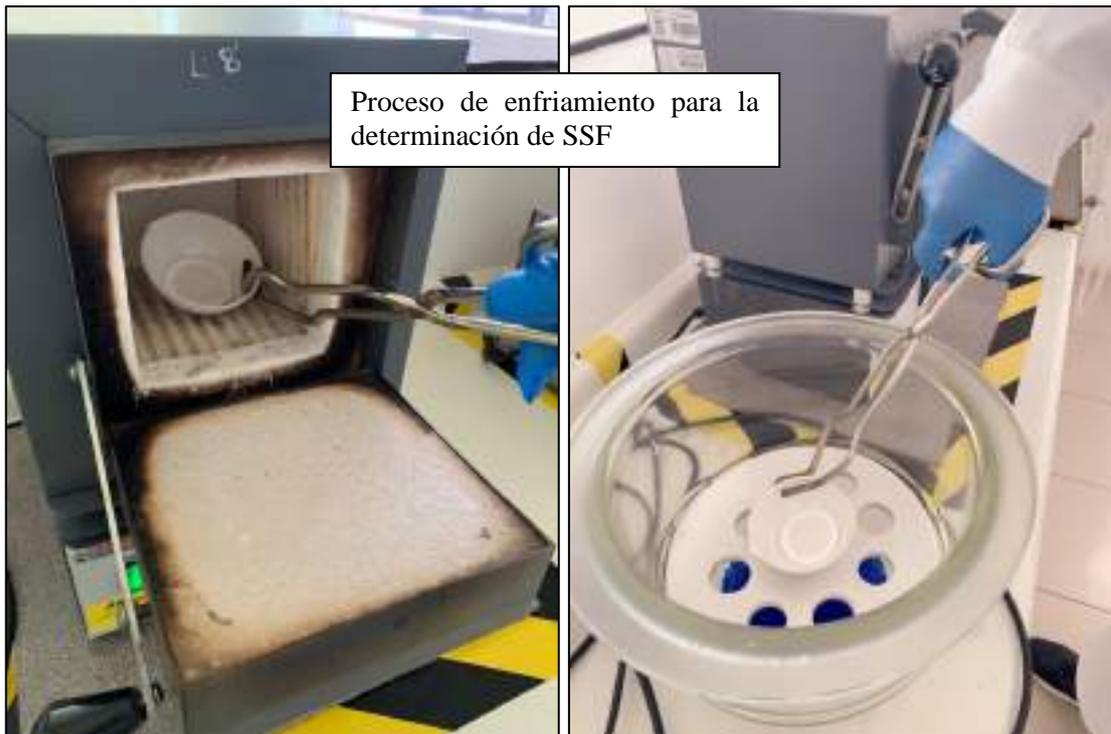


Figura 28. Proceso de enfriamiento para determinación de SSF

Pesar y anotar el peso P2.



Figura 29. Determinación de SSF

Determinación SSV

En la cuantificación de sólidos suspendidos volátiles, la parte volátil es eliminada en la calcinación por lo cual para su determinación se realiza la diferencia de concentración de sólidos suspendidos totales y fijos.

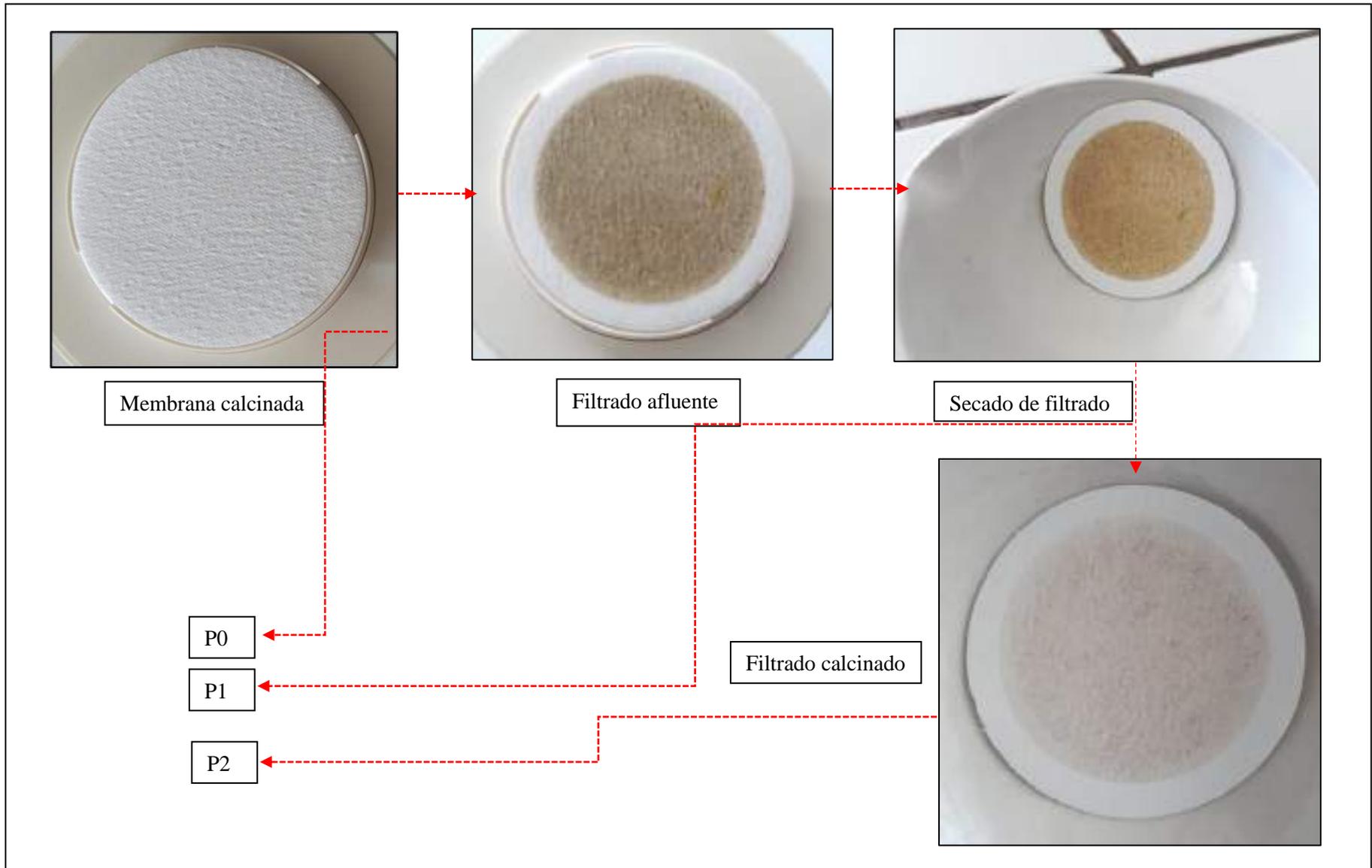


Figura 30. Resumen del ensayo

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

El procesamiento de información estuvo compuesto por tres pasos

Primero: Los resultados fueron reportados para ser procesados, haciendo uso de los valores obtenidos, se procedió a calcular la eficiencia de remoción.

$$E = (Co - Ce / Co) \times 100$$

Donde:

E=eficiencia de remoción (%)

Co=concentración afluente (mg /L)

Ce= concentración efluente (mg /L)

Segundo: Con los resultados de remoción, se realizó el cálculo total de la eficiencia de remoción.

Tercero: Con ayuda de programas informáticos como Microsoft Excel y SPSS, analizamos e interpretamos los datos mediante la estadística descriptiva. Finalmente, el contraste o prueba de hipótesis.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

Antes de presentar los resultados en esta etapa es necesario mencionar que durante la realización de esta investigación la unidad de pretratamiento (MCU) no estuvo en funcionamiento.

Presentación e interpretación de resultados del objetivo específico SST

En la tabla 6 se presenta los resultados de concentración de sólidos suspendidos totales del afluente y efluente correspondientes al mes de junio de 2022.

Tabla 6.

Concentración de sólidos suspendidos totales

JUNIO			
N°	Fecha	Afluente SST (mg/L)	Efluente SST (mg/L)
1	02/06/22	335	175
2	06/06/22	325	210
3	07/06/22	320	220
4	08/06/22	295	210
5	09/06/22	310	195
6	10/06/22	305	195
7	13/06/22	315	195
8	14/06/22	280	215
9	15/06/22	315	215
10	16/06/22	340	160
11	17/06/22	355	170
12	20/06/22	290	205
13	21/06/22	285	210
14	22/06/22	300	210
15	23/06/22	305	190
16	24/06/22	315	175
17	27/06/22	270	205
18	28/06/22	280	225
19	30/06/22	295	220

Nota. Fuente: autoría propia



Figura 31. Concentración de sólidos suspendidos totales del afluente y efluente

Interpretación: En la figura 30 se observa que, las concentraciones de sólidos suspendidos totales del mes de junio presentaron variaciones tanto en la entrada como en la salida y que las concentraciones del afluente son siempre mayores a las concentraciones del efluente. Además, se puede verificar que la concentración mínima del afluente es mayor a cualquiera de los resultados obtenidos en el efluente. Finalmente, podemos decir que, la concentración de SST en afluente vario de 270 mg/L a 355 mg/L y en el efluente de 160mg/L a 225 mg/L.

En la tabla 7 se muestra los resultados del análisis estadístico de sólidos suspendidos totales presentando la media, valor mínimo y máximo, error estándar, desviación estándar e intervalo de confianza para la media.

Tabla 7.

Análisis estadístico de sólidos suspendidos totales

ANÁLISIS ESTADÍSTICO SST							
	Media	Medidas de dispersión			Intervalo de confianza para la media (95%)		
		valor mínimo	valor máximo	Error estándar	desviación estándar	límite inferior	límite superior
Afluente	307	270	355	5.077	22.131	297.154	317.056
Efluente	200	160	225	4.275	18.634	191.621	208.379

Nota. Fuente: autoría propia

Interpretación: En la tabla 7 se puede observar que, durante la realización del monitoreo en el mes de junio la concentración media de SST en el afluente presento un valor de 307 mg/L y en el efluente de 200 mg/L. Por otra parte, de acuerdo a la figura 30 y la tabla 7 el valor mínimo y máximo de SST en el afluente fue de 270 y 355 mg/L respectivamente, y en el efluente de 160 y 225 mg/L respectivamente. Finalmente, del intervalo de confianza se observa que, en caso de replicar el estudio, pero con una muestra distinta el valor de la media estaría entre 297.154 mg/L – 317.056 mg/L para el afluente y 191.621 mg/L – 208.379 mg/L para el efluente.

Presentación e interpretación de resultados del objetivo específico SSF

En la tabla 8 se presenta los resultados de concentración de sólidos suspendidos fijos del afluente y efluente correspondientes al mes de junio de 2022.

Tabla 8.

Concentración de sólidos suspendidos fijos

JUNIO			
N°	Fecha	Afluente SSF (mg/L)	Efluente SSF (mg/L)
1	02/06/22	100	30
2	06/06/22	105	65
3	07/06/22	95	70
4	08/06/22	65	45
5	09/06/22	75	45
6	10/06/22	75	55
7	13/06/22	110	55
8	14/06/22	80	65
9	15/06/22	75	55
10	16/06/22	95	15
11	17/06/22	125	40
12	20/06/22	70	55
13	21/06/22	80	65
14	22/06/22	95	60
15	23/06/22	85	45
16	24/06/22	70	40
17	27/06/22	65	45
18	28/06/22	80	65
19	30/06/22	70	50

Nota. Fuente: autoría propia



Figura 32. Concentración de sólidos suspendidos fijos del afluente y efluente

Interpretación: En la figura 31 puede verificarse que, las concentraciones de sólidos suspendidos fijos del mes de junio presentaron variaciones tanto en la entrada como en la salida. Asimismo, la concentración de SSF en el afluente varió de 65 mg/L a 125 mg/L y en el efluente de 15 mg/L a 70 mg/L.

En la tabla 9 se presentan los resultados de análisis estadístico de sólidos suspendidos fijos presentando la media, valor mínimo y máximo, error estándar, desviación estándar e intervalo de confianza para la media.

Tabla 9.

Análisis estadístico de sólidos suspendidos fijos

ANÁLISIS ESTADÍSTICO SSF							
	Media	Medidas de dispersión			Intervalo de confianza para la media (95%)		
		valor mínimo	valor máximo	Error estándar	desviación estándar	límite inferior	límite superior
Afluente	85	65	125	3.824	16.667	77.505	92.495
Efluente	51	15	70	3.159	13.770	44.597	56.981

Nota. Fuente: autoría propia

Interpretación: En la tabla 9, se observa que, la concentración media de SSF en el afluente fue de 85 mg/L y en el efluente de la laguna facultativa de 51 mg/L. Además, se observa que el valor mínimo y máximo de SSF en el afluente fue de 65 y 125 mg/L respectivamente, y en el efluente de 15 y 70 mg/L respectivamente; también se puede

observar los valores de intervalo de confianza para la media que nos indican de replicar el estudio, pero con una muestra diferente el valor de la media estaría entre 77.505 mg/L – 92.495 mg/L para el afluente y 44.597 mg/L–56.981 mg/L para el efluente.

Presentación e interpretación de resultados del objetivo general Essv %

En la tabla 10 se presenta los resultados de concentración de sólidos suspendidos volátiles del afluente y efluente además de las eficiencias de remoción de la laguna facultativa correspondientes al mes de junio de 2022.

Tabla 10.

Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles

JUNIO				
N°	Fecha	Afluente SSV (mg/L)	Efluente SSV (mg/L)	Eficiencia de remoción de SSV (%)
1	02/06/22	235	145	38
2	06/06/22	220	145	34
3	07/06/22	225	150	33
4	08/06/22	230	160	30
5	09/06/22	235	150	36
6	10/06/22	230	135	41
7	13/06/22	205	140	32
8	14/06/22	200	150	25
9	15/06/22	240	160	33
10	16/06/22	245	145	41
11	17/06/22	230	130	43
12	20/06/22	220	150	32
13	21/06/22	205	145	29
14	22/06/22	205	150	27
15	23/06/22	220	145	34
16	24/06/22	245	135	45
17	27/06/22	205	160	22
18	28/06/22	200	160	20
19	30/06/22	225	160	29

Nota. Fuente: autoría propia



Figura 33. Concentración de sólidos suspendidos volátiles del afluente y efluente

Interpretación: En la figura 32, puede verificarse que, las concentraciones de sólidos suspendidos volátiles del mes de junio presentaron variaciones, en el afluente vario de 200 mg/L a 245 mg/L y en el efluente de 130 mg/L a 160 mg/L. Por otra parte, la gráfica de concentraciones del efluente presento una ligera oscilación que en caso de añadir más muestras podría corresponder a un modelo matemático (función constante).

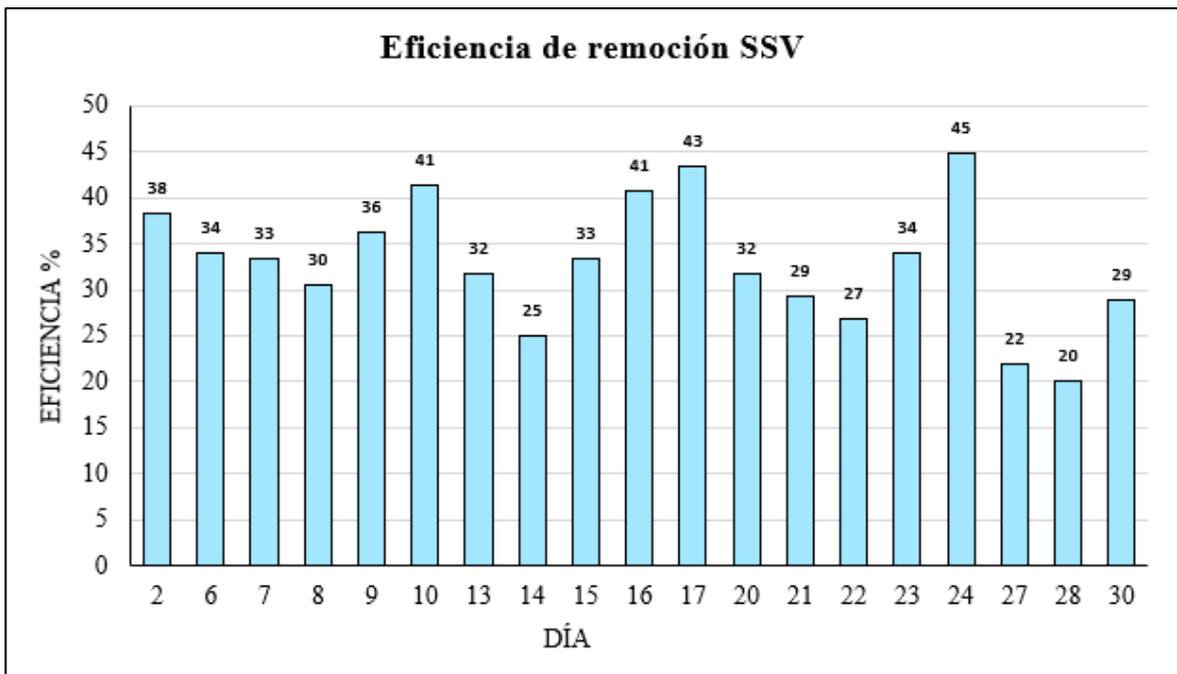


Figura 34. Eficiencia de remoción de SSV

En la tabla 11 se muestra los resultados del análisis estadístico de sólidos suspendidos volátiles presentando la media, desviación estándar, error estándar, rango e intervalo de confianza.

Tabla 11.*Análisis estadístico de sólidos suspendidos volátiles*

ANÁLISIS ESTADÍSTICO SSV y Essv							
	Medidas de dispersión					Intervalo de confianza para la media (95%)	
	Media	valor mínimo	valor máximo	Error estándar	desviación estándar	límite inferior	límite superior
Afluente	222	200	245	3.448	15.029	215.347	228.863
Efluente	148	130	160	2.102	9.161	144.038	152.278
Eficiencia	33	20	44.898	1.582	6.895	29.831	36.033

Nota. Fuente: autoría propia

Interpretación: En la tabla 11 se observa que, la concentración de sólidos suspendidos volátiles en el afluente tuvo un valor promedio de 222 mg/L y en el efluente de 148 mg/L. También se puede verificar que el valor mínimo y máximo en el afluente fue de 200 mg/L y 245 mg/L respectivamente, y en el efluente de 130 mg/L y 160 mg/L respectivamente. Por otra parte, los valores de intervalo de confianza para la media que nos indican de replicar el estudio, pero con una muestra diferente el valor de la media estaría entre 215.347 mg/L – 228.863 mg/L para el afluente y 144.038 mg/L – 152.278 mg/L para el efluente. Finalmente, la eficiencia media de remoción tuvo un valor 33 %, con un intervalo de confianza entre 29.831 % – 36.033 %.

4.2. Contrastación de hipótesis

Obteniendo al final de la investigación 19 datos de eficiencia de remoción de sólidos suspendido volátiles y una eficiencia media de 33 %.

ESSV % = 38 34 33 30 36 41 32 25 33 41 43 32 29 27 34 45 22 20 29

En adelante realizaremos el proceso de contrastación de la hipótesis general.

Paso 1: Procediendo a contrastar la hipótesis como primer paso es verificar si los datos presentan una distribución normal para lo cual planteamos la hipótesis de normalidad de datos.

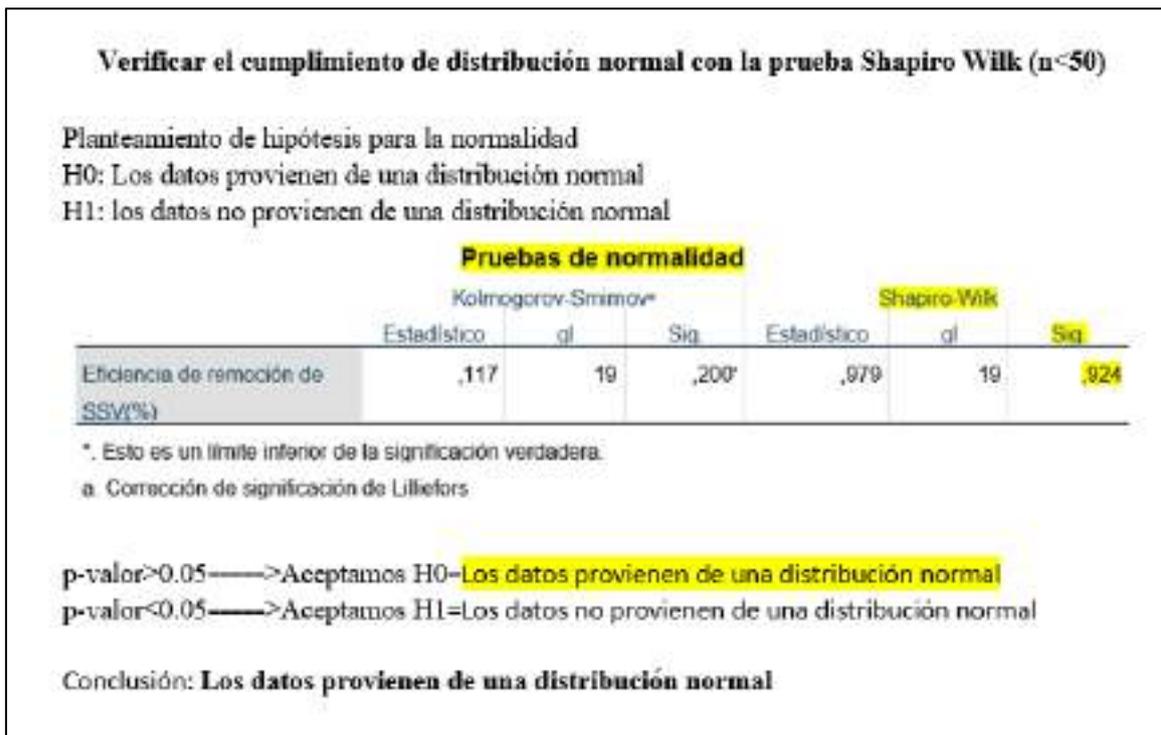


Figura 35. Verificación de normalidad

Paso 2: En este apartado presentamos la hipótesis alternativa y nula.

Tabla 12.

Planteo de Hipótesis

Plantear Hipótesis

H0: No existe eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

$$\mu = 0$$

HA: Existe eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

$$\mu > 0$$

Nota. Fuente: autoría propia

Paso 3: Establecemos un nivel de significancia de 0.05 ($\alpha = 5\%$)

Paso 4: La prueba de hipótesis para promedios seleccionamos la prueba estadística t de student para una muestra

Paso 5: Calculamos el valor crítico y de prueba

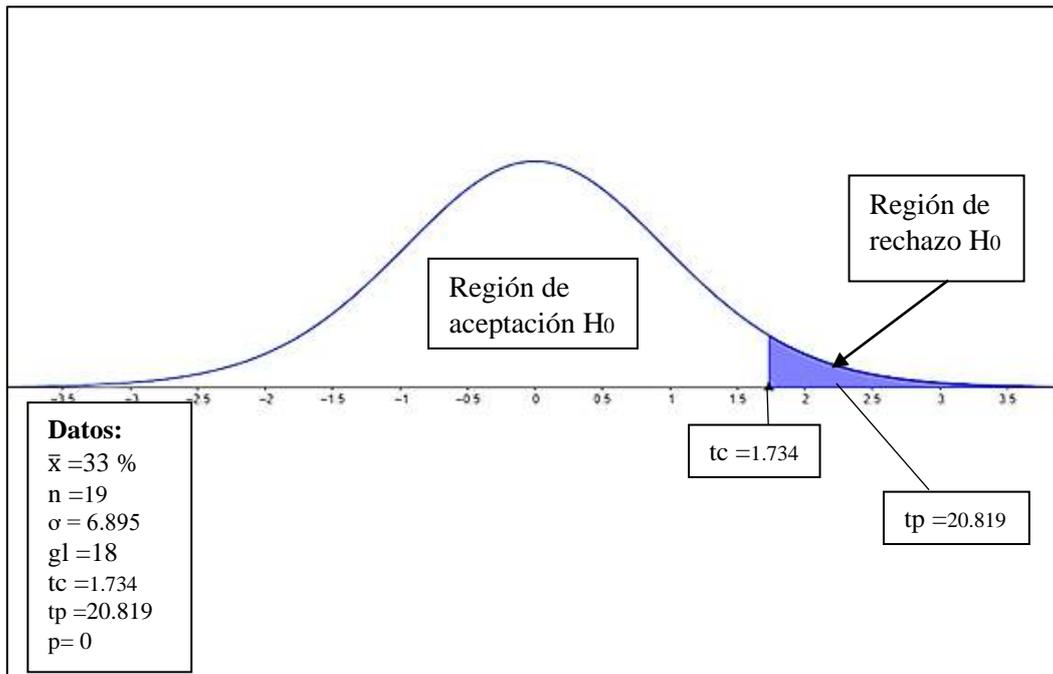


Figura 36. Gráfico de probabilidad

Paso 6: Lectura del p-valor $P = 0 = 0\%$, con esto interpretamos que con una probabilidad de error del 0% menor al nivel de significancia del 5% se concluye que: Existe eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

En el presente trabajo se obtuvo una eficiencia media de remoción de sólidos suspendidos volátiles (SSV) de 33 % que son diferentes a los resultados obtenidos por Melo (2021), que encontró una eficiencia de 40% en Brasil.

En el presente trabajo de investigación se encontró una concentración de SSF de 85 mg/L en el afluente que difiere de Melo (2021), que encontró una concentración de SSF de 20 mg/L en el afluente.

En cuanto a la concentración de SST se encontró un valor de 307 mg/L en el afluente de esta investigación siendo muy diferente a lo encontrado por Desye et al. (2022) que encontró un valor de SST en el afluente de 643.9 mg/L en Etiopía, por otra parte nuestra concentración se asemeja a lo encontrado por Sinn et al. (2022) que encontró una concentración de SST en el afluente de 229 mg/L, asimismo, Gopolang & Letshwenyo (2018) en su trabajo realizado en Botswana obtuvo resultados de 294 mg/L de SST en afluente de estaciones de tratamiento de aguas residuales domésticas, ese valor se encuentra en el intervalo de valores encontrados en este estudio, además nuestra concentración de SST fue superior a lo encontrado por Garcia (2019) cuya concentración media fue de 211.50 mg/L, siguiendo esa misma línea también difiere a lo encontrado por Apaza (2019) cuya concentración media de SST fue de 104.33 mg/L .

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La laguna facultativa presento una baja eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles.
- Las concentraciones de sólidos suspendidos volátiles de laguna facultativa presentaron ligeras oscilaciones en el afluente y efluente.
- Los resultados de concentraciones del efluente indican la necesidad de complementar un tratamiento para mejorar su calidad.
- El efluente de la estación de tratamiento no atiende los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

6.2. Recomendaciones

- Realizar investigación sobre demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno en la laguna facultativa.
- Realizar análisis en distintos periodos del año.
- Evaluar la relación SSV/SSF en la entrada y salida de la laguna, con el fin de identificar si la composición es más orgánico o mineral.
- Evaluar el comportamiento del oxígeno disuelto y otros parámetros que puede ser tema de una nueva investigación.
- La empresa encargada deberá considerar añadir una nueva unidad de tratamiento para mejorar la calidad del agua residual tratado.

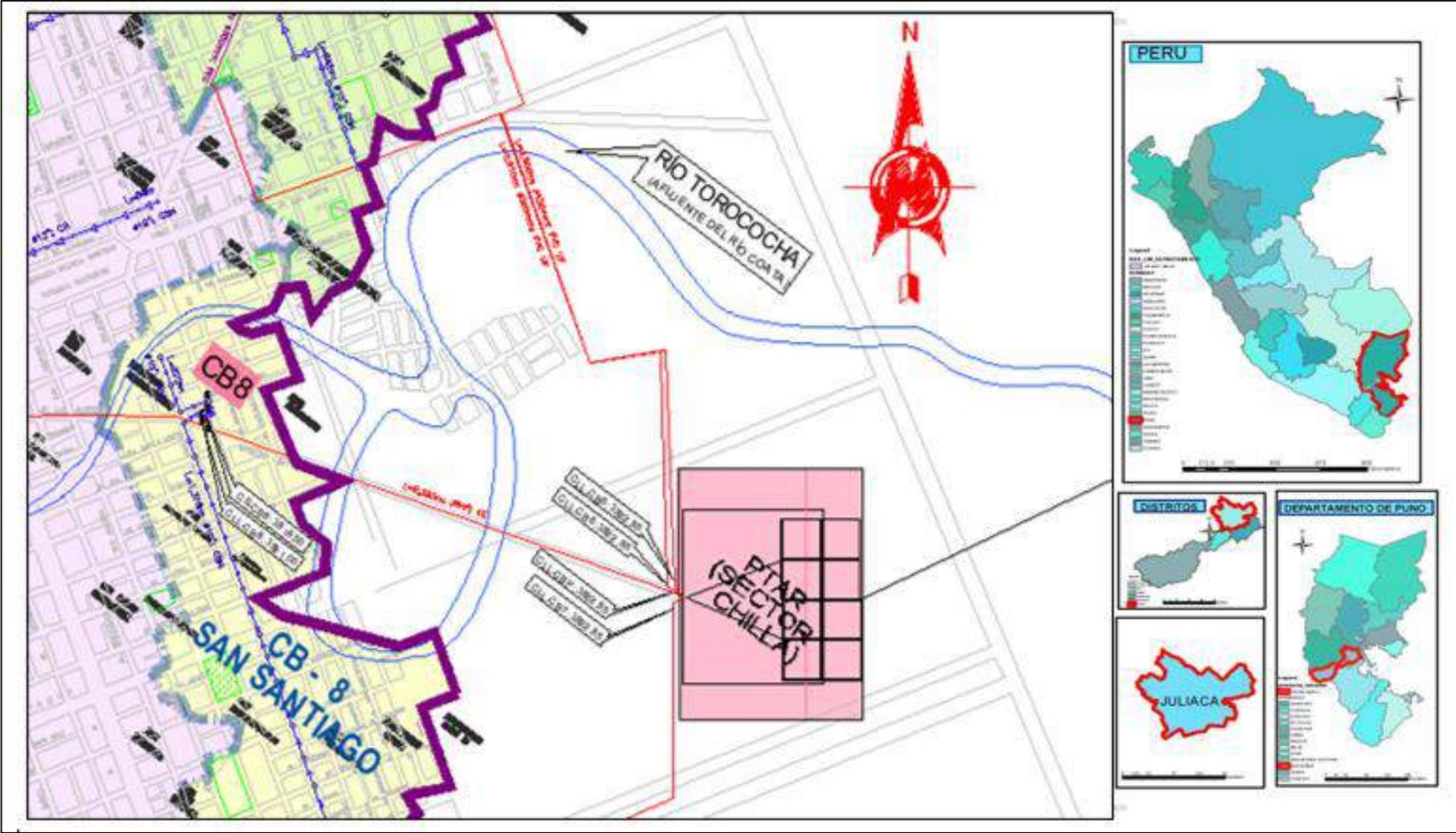
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS

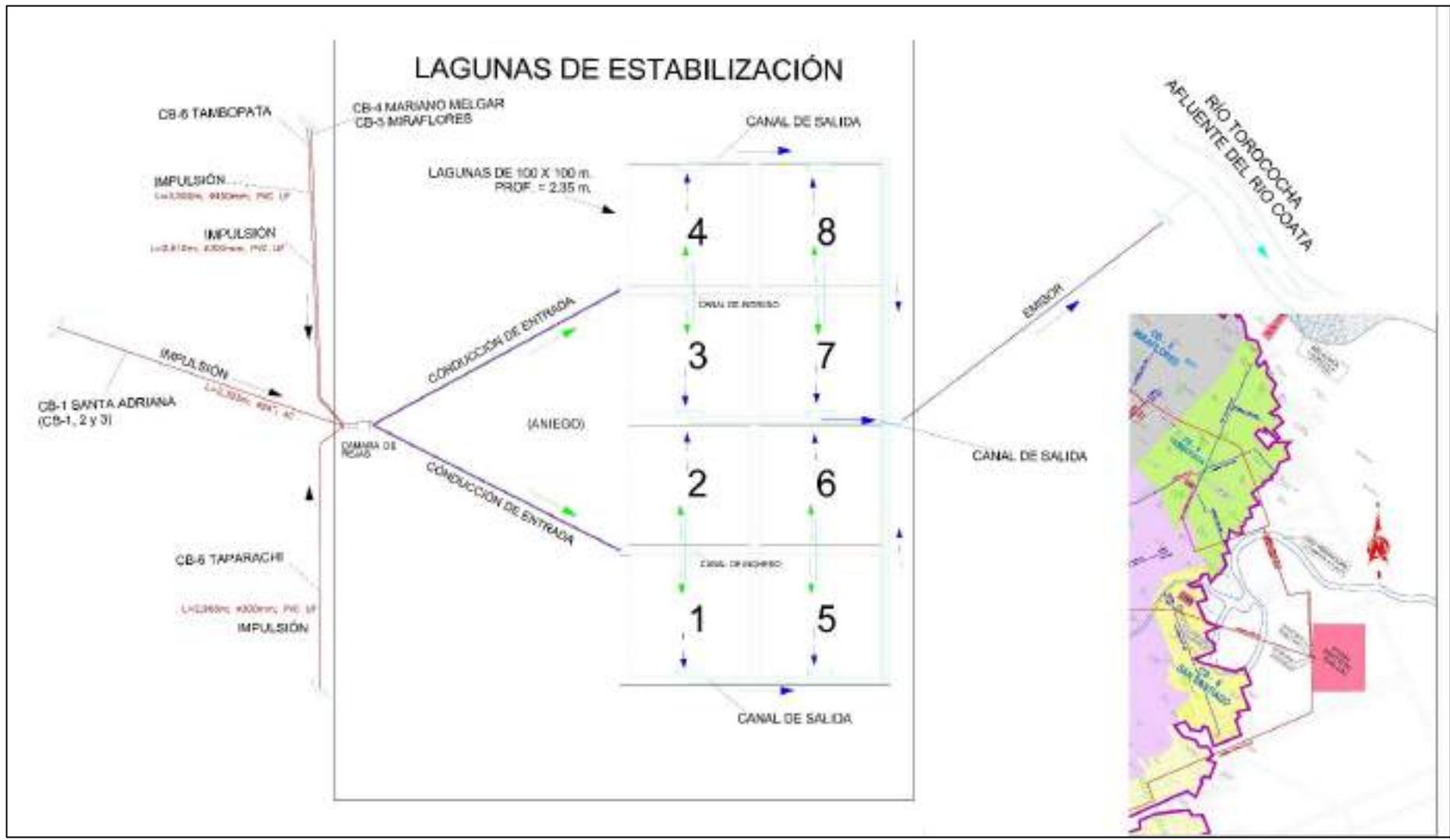
- Apaza, A. (2021). *Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Arocha, S. (1983). *Cloacas y Drenajes*. Caracas, Venezuela: Vega s.r.l.
- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Desye, B., Belete, B., Amare, E., Angaw, Y., y Asfaw, Z. (2022). Evaluation of Waste Stabilization Pond Efficiency and Its Effluent Water Quality: A Case Study of Kito Furdisa Campus, Jimma University, Southwest Ethiopia. *The Scientific World Journal*,1(1),1-9. doi: 10.1155/2022/2800034
- García, J. (2019). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la variación de oxígeno disuelto, temperatura, y remoción de sólidos suspendidos totales, en Celendín-Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Gopolang, O. y Letshwenyo, M. (2018) Performance Evaluation of Waste Stabilisation Ponds. *Journal of Water Resource and Protection*,10(11), 1129-1147. doi: 10.4236/jwarp.2018.1011067
- Melo, A. (2021). *Produção e consumo de oxigênio e sua influência na remoção de nutrientes em lagoas de polimento* (Tesis de maestría). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Metcalf, L., y Eddy, H. (2016). *Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos*. Porto Alegre, Brasil: McGraw-Hill.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017). Tratamiento y reúso de las aguas residuales. Recuperado de <http://pubdocs.worldbank.org/en/150461494428481264/Booklet-Conferencia-FINAL.pdf>
- Núñez, M. (2019). *Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba-Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Nwankwo, H., Nwaiwu, E., y Nwabanne, T. (2019). The Dynamics of Solids Removal in Waste Stabilization Ponds. *Journal of Engineering Research and Reports*, 7(4),1-10. doi: 10.9734/JERR/2019/v7i416976

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017). *Aguas residuales el recurso desaprovechado*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>
- Seckler, S. (2017). *Tratamento de agua: Concepção, projeto e operação de estações de tratamento*. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier
- Sinn, J., Agrawal, S., Orschler, L., y Lackner, S. (2022). Characterization and evaluation of waste stabilization pond systems in Namibia. *H2Open Journal*,5(2), 365–378. doi: 10.2166/h2oj.2022.004
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2022). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras*. Recuperado de https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/06/Informe-de-diagnostico-de-las-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-PTAR_VdigitalConcomentario.pdf
- Von Sperling, M. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte, Brasil: DESA
- Von Sperling, M. (2007a). *Waste Stabilisation Ponds*. London, England: IWA Publishing
- Von Sperling, M. (2007b). *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. London, England: IWA Publishing
- Von Sperling, M., Verbyla, M., y Oliveira, S. (2020). *Assessment of Treatment Plant Performance and Water Quality Data: A Guide for Students, Researchers and Practitioners*. London, England: IWA Publishing.

ANEXOS

Anexo 1. Plano de localización y de la PTAR





Anexo 2. Constancia



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

CONSTANCIA

QUIEN SUSCRIBE DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD "ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

HACE CONSTAR:

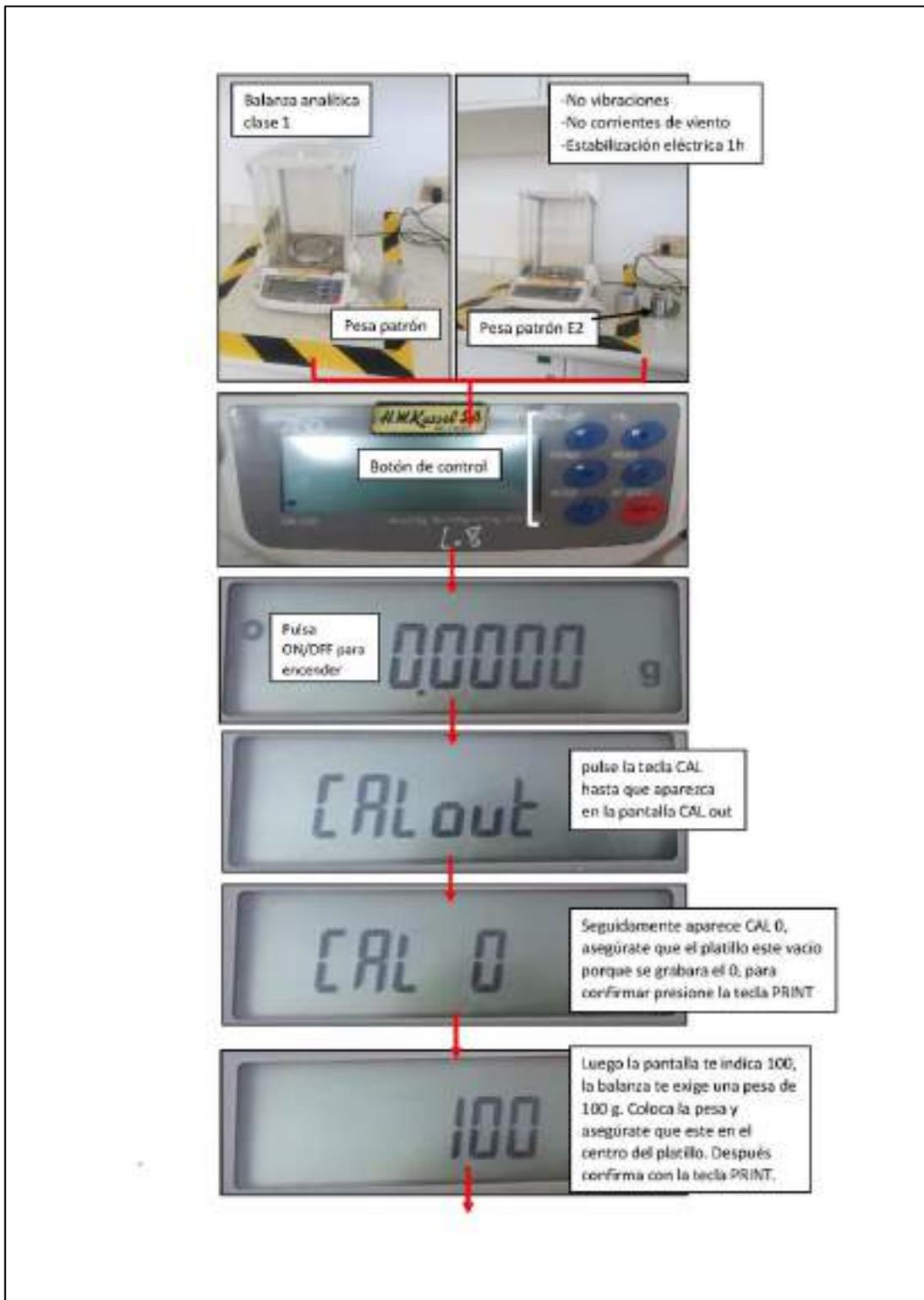
Que el Sr. **Jafet Steven Nuñez Yañez** con DNI N°73475837 ha realizado sus ensayos de análisis de agua en **laboratorio de fisicoquímica, de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**, desde el 02 al 30 de junio de 2022.

Se le expide la presente constancia a solicitud del interesado para fines que viere por conveniente.

Juliaca, 15 de Julio de 2022



Anexo 3. Ajuste, calibración y verificación de balanza analítica





Anexo 4. Estimación puntual SSV

Estimación puntual e intervalos de confianza Sólidos suspendidos Volátiles

TESIS: Estimación de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Jullaca-2022

1. Medidas de tendencia central

Estadístico	Media	Mediana	Moda
Afluente =	222.105	225	220
Efluente =	148.158	150	160
Eficiencia SSV =	32.932	33.333	34.091

2. Medidas de dispersión

Estadístico	valor mínimo	valor máximo	Error estándar	desviación estándar
Afluente =	200	245	3.448	15.029
Efluente =	130	160	2.102	9.161
Eficiencia SSV =	20	44.898	1.582	6.895

3. Intervalos de confianza para los datos (95%) Desviación estándar

Estadístico	Media	Limite inferior	Limite superior
Afluente =	222.105	192.648	251.562
Efluente =	148.158	130.202	166.114
Eficiencia SSV =	32.932	19.418	46.446

4. Intervalos de confianza para la media (95%) Error estándar

Estadístico	Media	Limite inferior	Limite superior
Afluente =	222.105	215.347	228.863
Efluente =	148.158	144.038	152.278
Eficiencia SSV =	32.932	29.831	36.033

Anexo 5. Estimación puntual SST

Estimación puntual e intervalos de confianza Sólidos suspendidos totales

TESIS: Estimación de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022

1. Medidas de tendencia central

Estadístico	Media	Mediana	Moda
Afluente =	307.105	305	315
Efluente =	200	205	195

2. Medidas de dispersión

Estadístico	valor mínimo	valor máximo	Error estándar	desviación estándar
Afluente =	270	355	5.077	22.131
Efluente =	160	225	4.275	18.634

3. Intervalos de confianza para los datos (95%) Desviación estándar

Estadístico	Media	Límite inferior	Límite superior
Afluente =	307.105	263.729	350.481
Efluente =	200.000	163.478	236.522

4. Intervalos de confianza para la media (95%) Error estándar

Estadístico	Media	Límite inferior	Límite superior
Afluente =	307.105	297.154	317.056
Efluente =	200.000	191.621	208.379

Anexo 6. Estimación puntual SSF

Estimación puntual e intervalos de confianza Sólidos suspendidos Fijos

TESIS: Estimación de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022

1. Medidas de tendencia central

Estadístico	Media	Mediana	Moda
Afluente =	85	80	70
Efluente =	50,789	55	45

2. Medidas de dispersión

Estadístico	valor mínimo	valor máximo	Error estándar	desviación estándar
Afluente =	65	125	3,824	16,667
Efluente =	15	70	3,159	13,770

3. Intervalos de confianza para los datos (95%) Desviación estándar

Estadístico	Media	Límite inferior	Límite superior
Afluente =	85	52.333	117.667
Efluente =	50,789	23.800	77.778

4. Intervalos de confianza para la media (95%) Error estándar

Estadístico	Media	Límite inferior	Límite superior
Afluente =	85	77.505	92.495
Efluente =	50,789	44.597	56.981

Anexo 7. Ficha Técnica de Afluente

FICHA TÉCNICA DE PUNTO DE MONITOREO

DATOS

Proyecto : Estimación de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022

Responsable: Jafet Steven Nuñez Yañez

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Nombre de punto : Afluente

Tipo de muestra : Líquida

Descripción : Toma de muestra de agua residual bruta

UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Juliaca	San Román	Puno

Lugar
Estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Juliaca

COORDENADAS UTM

Norte: 8286433.75 Este: 381882.87 Zona: 19

Altitud: 3829 m.s.n.m

PLAN DE MONITOREO

Parámetro	Frecuencia de monitoreo	Frecuencia de reporte
SST	Lunes a viernes de 8:00 a 8:07 am	Lunes a viernes de 02:00 pm
SSF	Lunes a viernes de 8:00 a 8:07 am	Lunes a viernes de 02:00 pm
SSV	Lunes a viernes de 8:00 a 8:07 am	Lunes a viernes de 02:00 pm
T*	Lunes a viernes de 9:00 pm	Lunes a viernes de 9:00 pm

FOTOGRAFÍA



Anexo 8. Ficha Técnica de Efluente

FICHA TÉCNICA DE PUNTO DE MONITOREO

DATOS

Proyecto : Estimación de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022

Responsable: Jafel Steven Nuñez Yañez

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Nombre de punto : Efluente

Tipo de muestra : Líquido

Descripción : Toma de muestra de agua residual tratada

UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Juliaca	San Román	Puno

Lugar : Estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Juliaca

COORDENADAS UTM

Norte: 8286538.67 Este: 381934.54 Zona: 19

Altitud: 3828 m.s.n.m

PLAN DE MONITOREO

Parámetro	Frecuencia de monitoreo	Frecuencia de reporte
SST	Lunes a viernes de 8:00 a 8:07 am	Lunes a viernes de 02:00 pm
SSF	Lunes a viernes de 8:00 a 8:07 am	Lunes a viernes de 02:00 pm
SSV	Lunes a viernes de 8:00 a 8:07 am	Lunes a viernes de 02:00 pm
Tª	Lunes a viernes de 9:00 pm	Lunes a viernes de 9:00 pm

FOTOGRAFIA



Firma

Anexo 9. Recibo de pago de ensayo de laboratorio de la UNAJ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
RUC. 20448261272
Av. Nueva Zelanda N° 631 - La Capilla - Juliaca

RECIBO DE INGRESOS
N° 001 - 105517

Código: 2022108001
 Nombres: JAFET STEVEN NUÑEZ YAÑEZ
 Carrera: INGENIERIA MECATRONICA
 Condición: ESTUDIANTE REGULAR
 Fecha de depósito: Jueves, 09 de Junio de 2022

OPERADOR: N. Z.
 HORA: 11:33:07
 FECHA: 22-06-22

Item	CONCEPTO	DETALLE	MONTO
1.	ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO	Saldos en suspensión	25.00



Total: S/. 25.00

NOTA: Sr. Usuario, verifique el importe entregado, así como verifique los datos consignados en el presente comprobante de depósito, debido a que una vez entregado La Universidad Nacional de Juliaca no se responsabiliza de errores o omisiones. El presente se emite solo para control interno. Sr. Usuario, no habrá devolución del importe entregado después de las 12 horas de emitido el recibo.

Anexo 10. Informe de ensayo

INFORME DEL ENSAYO

RESULTADOS

Fecha	02	06	2022	Página	1 de 15	Empresa	
-------	----	----	------	--------	---------	---------	--

PROYECTO	ESTIMACION DE EFICIENCIA DE REMOCION DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES EN LA OLAJA FACILITADA DE LA ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE JULIACA 2000
----------	--

DEPARTAMENTO	PUNO	PROVINCIA	SAN ROBAINA	DISTRITO	JULIACA
--------------	------	-----------	-------------	----------	---------

RESPONSABLE	JAFET STEVEN NUÑEZ YÁÑEZ
-------------	--------------------------

PARAMETRO	UNIDAD	CODIGO	COORDENADAS UTM		RESULTADO
			ESTE	NORTE	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	A	381932.87	8286433.75	335
Sólidos suspendidos fijos	mg/L	A	381932.87	8286433.75	100
Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	A	381932.87	8286433.75	235
Sólidos suspendidos totales	mg/L	E	381934.54	8286538.67	175
Sólidos suspendidos fijos	mg/L	E	381934.54	8286538.67	30
Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	E	381934.54	8286538.67	145

Especificaciones:

Volumen: 40 ml GFC
 Tamaño de poro: 1.2 um
 Tamaño de muestra: 20ml
 Tiempo de ensayo: 3h
 Tiempo de calibración: 15min



INFORME DEL ENSAYO

RESULTADOS

Fecha	18	06	2022	Página	10 de 19	Ensayo	
-------	----	----	------	--------	----------	--------	--

PROYECTO	ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES EN LA LÍNEA PROLÍATA DE LA ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE JULACA-002
----------	--

DEPARTAMENTO	PUNO	PROVINCIA	SAN ROMÁN	DISTRITO	JULACA
--------------	------	-----------	-----------	----------	--------

RESPONSABLE	JAREY STEVEN MUÑOZ YÁREZ
-------------	--------------------------

PARAMETRO	UNIDAD	CODIGO	COORDENADAS UTM		RESULTADO
			ESTE	NORTE	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	A	381882.87	8285433.75	340
Sólidos suspendidos fijos	mg/L	A	381882.87	8285433.75	65
Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	A	381882.87	8285433.75	245
Sólidos suspendidos totales	mg/L	E	381934.54	8285538.67	190
Sólidos suspendidos fijos	mg/L	E	381934.54	8285538.67	15
Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	E	381934.54	8285538.67	148

Especificaciones:

Whisper-Flow GPC
 Tamaño de poro 1.2 um
 Tamaño de muestra 20ml
 Tiempo de análisis 1h
 Tiempo de calibración 10min



FIRMA

Anexo 11. Cadena de custodia -Agua

CADENA DE CUSTODIA - AGUA										
Fecha	02	06	2022	Página	1 de 11	Empresa				
PROYECTO	Estimación de eficiencia de renovación de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de México-2022									
DEPARTAMENTO	PUNO	PROVINCIA	SAN ROMÁN	DISTRITO	TIJLLOCA					
ACTIVIDAD	TOMAS DE MUESTRAS									
GRUPO	AGUA RESIDUAL									
GRUPO	AGUA RESIDUAL									
GRUPO	AGUA RESIDUAL									
MUESTREADO POR	JAFET STEVEN NUÑEZ YÁÑEZ									
REGISTRO DE DATOS										
PUNTO DE MUESTREO	HORA	COORDENADAS UTM		ALTITUD (m s.n.m)	PARÁMETROS DE ENSAYO					OBSERVACIONES
		ESTE	NORTE		SST	SSTP	SSTV	T°		
AFUENTE	08:02	38181.87	82815.15	3829	1	1	1	1	1	Color del agua residual etc. SIN PRESENCIA DE TUBOS DE MODO
EFLUENTE	08:07	38181.54	82815.67	3828	1	1	1	1	1	SIN PRESENCIA DE TUBOS DE MODO



FIRMA

CADEMA DE CUESTODIA - ARIUA

Fecha	16	06	2022	Página	10 de 19	Exprese
-------	----	----	------	--------	----------	---------

PROYECTO: Estimación de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles en laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas residuales de Juliaca-2022

DEPARTAMENTO: PUNO PROVINCIA: SAN ROMÁN DISTRITO: JULIACA

ACTIVIDAD: TOMA DE MUESTRA LUGAR DE MUESTRO: ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

CODIGO: GRUPO: AGUA RESIDUAL SUBGRUPO: DOMESTICA

MUESTREADO POR: JAFET STEVEN NUÑEZ YANEZ

REGISTRO DE DATOS

PUNTO DE MUESTRO	HORA	COORDENADAS UTM		ALTITUD (M.S.N.M)	PARAMETROS DE ENSAYO				OBSERVACIONES	
		ESTE	NORTE		SST	SSTP	SSTV	T*		
AFLENTE	08:01	38401.37	828453.15	3824	✓	1	1	1	1	Dejar por campo volátil etc. FOLIO DE VIDIO, SU PREPARACIÓN
EFLENTE	08:05	38424.54	828658.67	3828	1	1	1	1	1	LABO DE VIDIO SIN PREPARACIÓN



FIRMA

Anexo 12. Ficha de determinación de caudal

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL			
PROYECTO	Estimación de eficiencia de recepción de residuos empacados vendidos en ligeros localizados de la estación de tratamiento de aguas residuales de Julio-2022		
DEPARTAMENTO	Perú	PROVINCIA	San Ramón
LOCAL	Estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Allentac		
MÉTODO	Volumétrico		
EQUIPOS	-----		
RESPONSABLE	JAFET ALVARO SUAREZ VASQUEZ		
REGISTRO DE DATOS			
ESTACION	Allentac		
HORA	08:00 am	PERIODO	08-08-22
DATEO Nº	CAUDAL (L/s)		
1	3.569		
2	3.512		
3	3.679		
4	3.694		
5	3.549		
PROMEDIO	3.5815		
ESTACION	Allentac		
HORA	08:30 am	PERIODO	08-08-22
DATEO Nº	CAUDAL (L/s)		
1	3.540		
2	3.350		
3	3.429		
4	3.456		
5	3.485		
PROMEDIO	3.445		
ESTACION	Allentac		
HORA	09:00 am	PERIODO	08-08-22
DATEO Nº	CAUDAL (L/s)		
1	3.524		
2	3.274		
3	3.350		
4	3.250		
5	3.326		
PROMEDIO	3.305		
ESTACION	Allentac		
HORA	09:15 am	PERIODO	08-08-22
DATEO Nº	CAUDAL (L/s)		
1	3.524		
2	3.274		
3	3.350		
4	3.250		
5	3.326		
PROMEDIO	3.305		



Anexo 13. Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR

El Peruano

Lima, miércoles 17 de marzo de 2010



NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-E

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

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

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio.

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso.

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas.

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 5) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

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

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

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

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

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.



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

4.3 Solo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformos Termotolerantes	NMP/100 mL	10.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6,5-9,5
Sólidos Totales en Suspensión	en mL	150
Temperatura	°C	<35

469445-2

Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 070-2008-MINAM, se designó a la señora Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

Artículo 2°.- Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

Artículo 3°.- Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

Artículo 4°.- Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

469445-1

Anexo 14. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las PTAR

Oficina de Medio Ambiente (OMA)

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

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



Anexo 15. Panel fotográfico

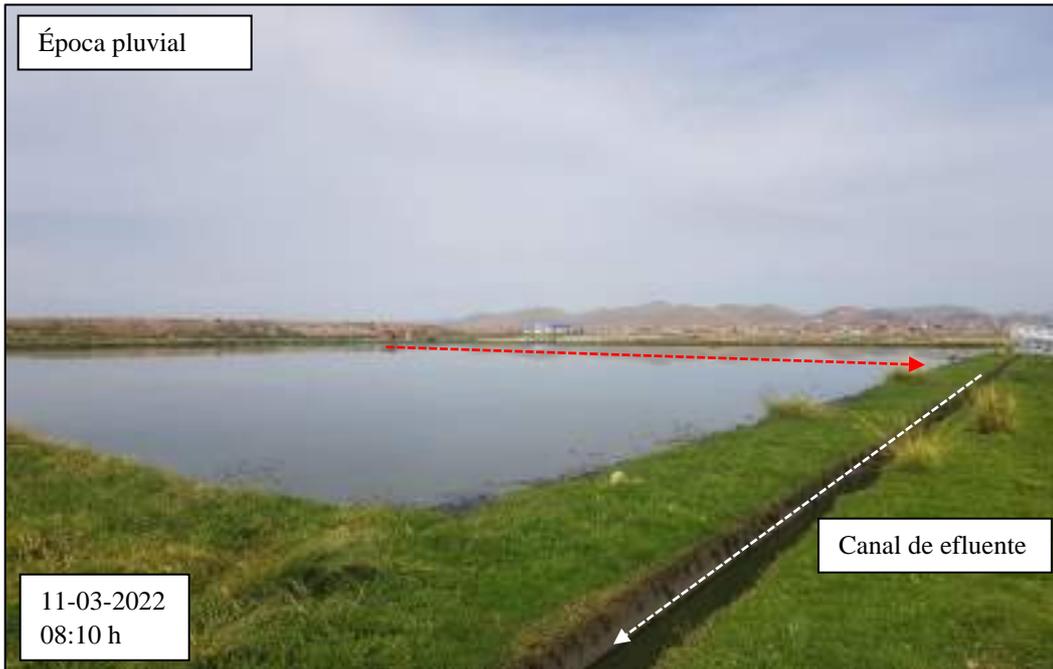


Figura 37. Canal de efluente de laguna facultativa

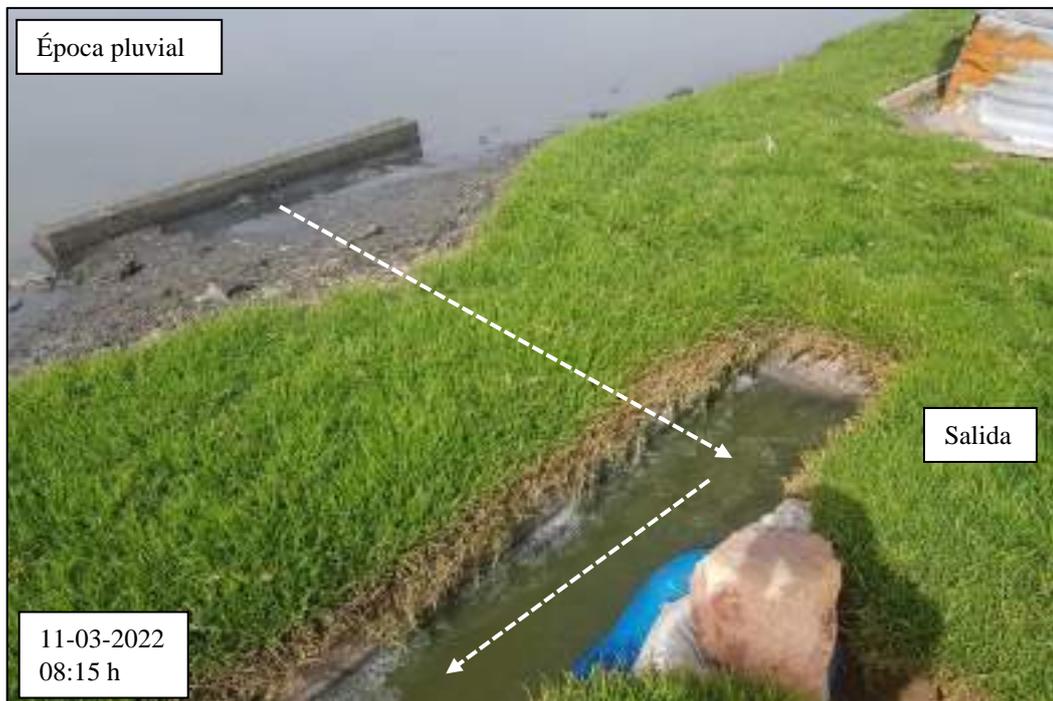


Figura 38. Punto de salida de agua residual tratada



Figura 39. Nivel de agua en efluente-época pluvial

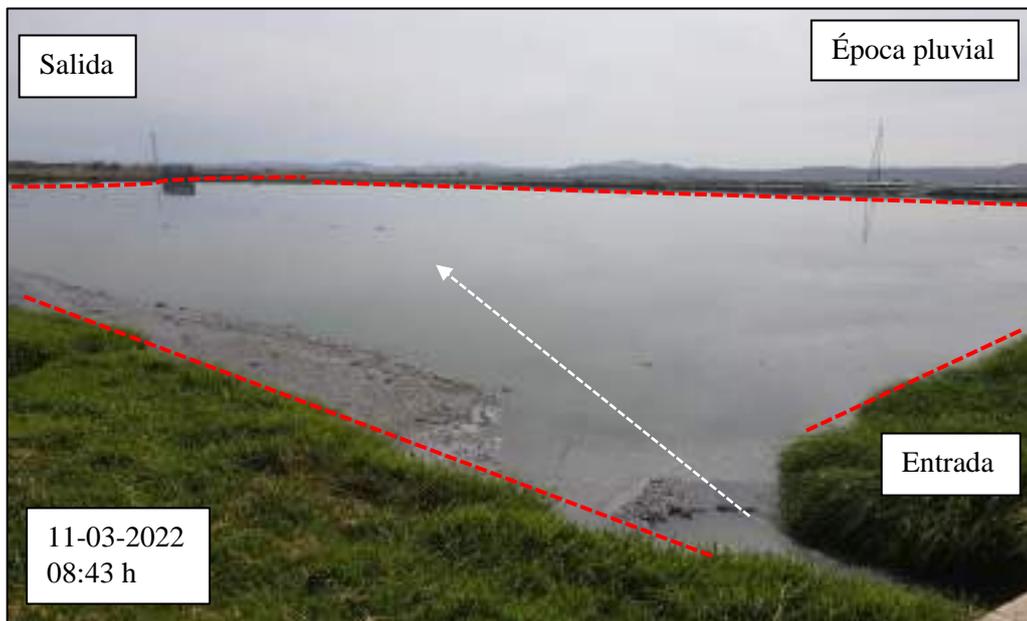


Figura 40. Nivel de agua en afluente-época pluvial

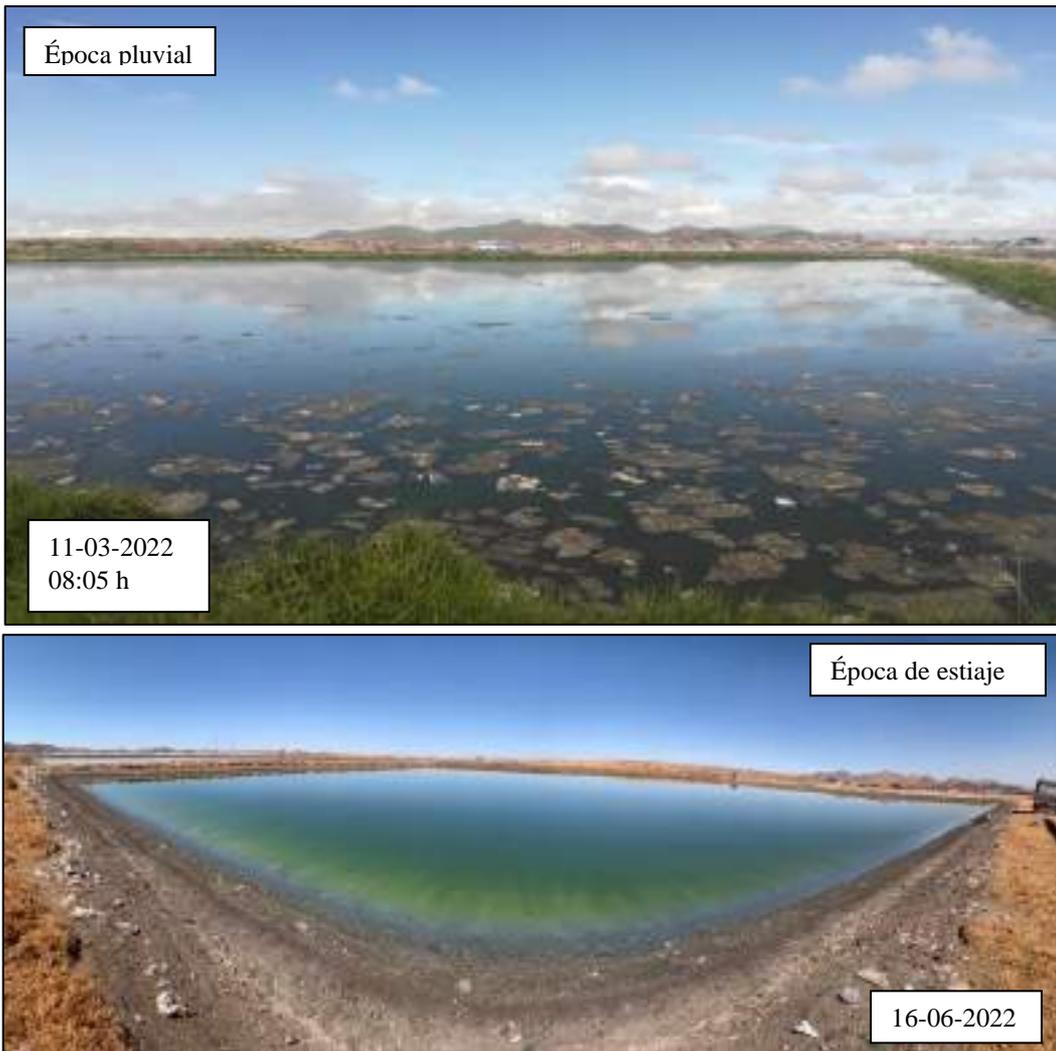


Figura 41. Imagen de laguna facultativa en época pluvial y estiaje



Figura 42. Laguna facultativa temporada estiaje



Figura 43. Fotografía tomada de afluente en temporada pluvial y estiaje



Figura 44. Fotografía tomada de efluente en temporada pluvial y estiaje



Figura 45. Afluencia de algas en laguna facultativa



Figura 46. Registro de cadena de custodia



Figura 47. Toma de muestra



Figura 48. Muestra de efluente



Figura 49. Muestra de afluente



Figura 50. Almacenamiento y transporte de muestras



Figura 51. Papel filtro Whatman



Figura 52. Materiales para el ensayo de análisis físico



Figura 53. Membrana de microfibra de vidrio

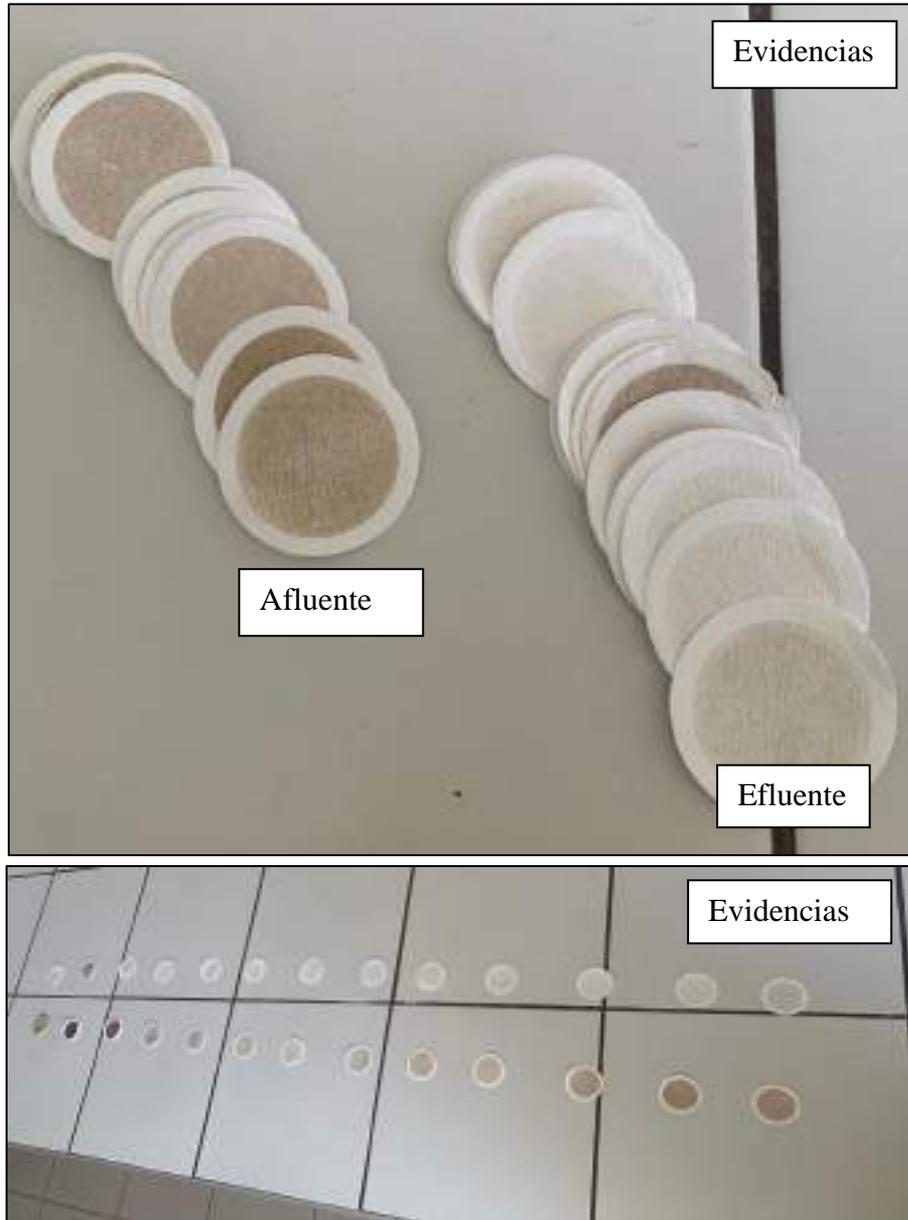


Figura 54. Evidencias del ensayo realizado



Figura 55. Papel filtro después de la filtración

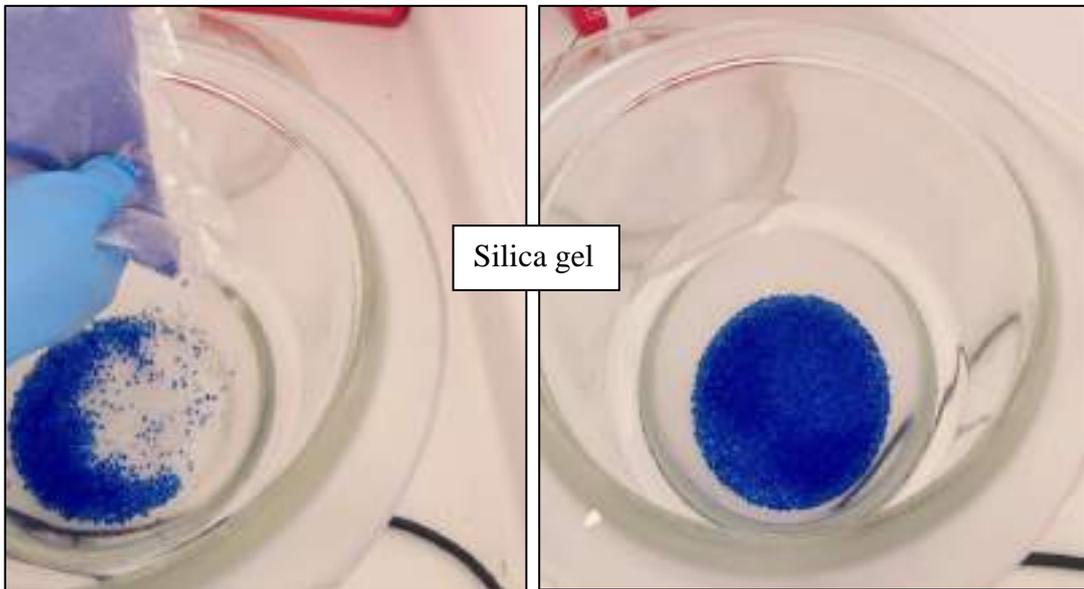


Figura 56. Silica gel

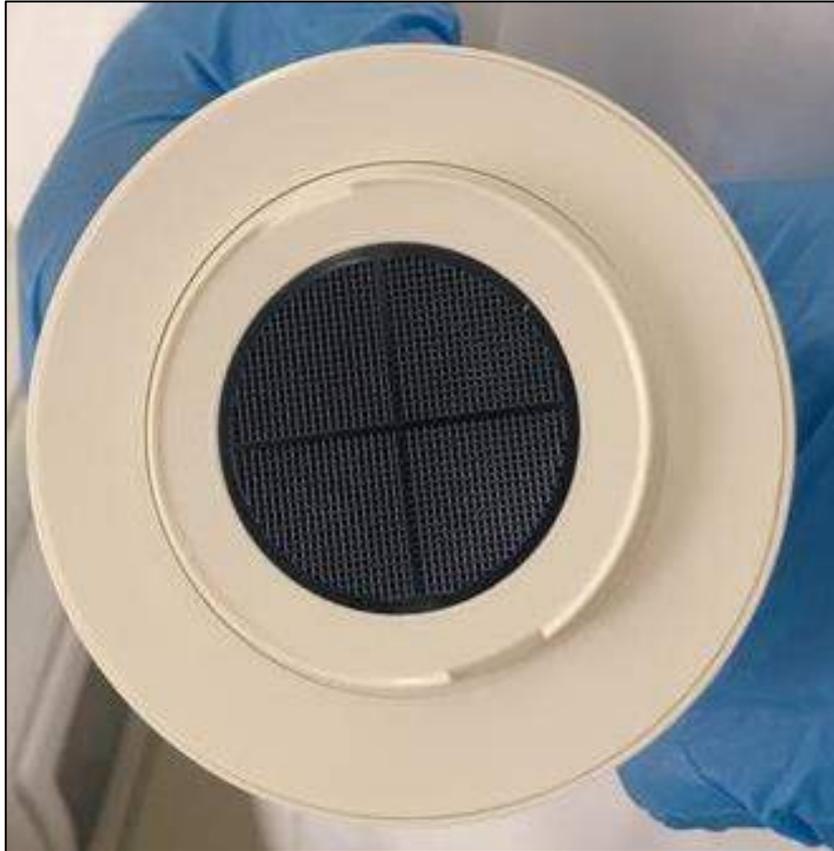


Figura 57. Soporte de papel filtro



Figura 58. Retiro de aceites y grasas



Figura 59. Vista panorámica de lagunas facultativas de la estación de tratamiento



Figura 60. Punto de confluencia del río Coata y Torococha