



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental**

**AUTORAS:**

Paredes Perez, Keyssi Maylee (orcid.org/0000-0001-7103-5911)  
Sandoval Sandoval, Alanis Kiara (orcid.org/0000-0002-3274-3293)

**ASESOR:**

MSc. Ordóñez Sánchez, Luis Alberto (orcid.org/0000-0003-3860-4224)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión De Los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TARAPOTO – PERÚ

2023

## DEDICATORIA

A Dios por iluminar mi camino y hacer esto posible, al amor de mi vida Jany Milagros Pérez Pinedo, a Luis Alberto Bocanegra Villanueva y a mi hermano Gendrix Melosevi Paredes Pérez por ser las personas que impulsaron a sacar mi mejor versión para lograr mi meta, los amo.

***“Paredes Pérez, Keyssi Maylee”***

A Dios por acompañarme en todo el transcurso de mi carrera y de mi vida.

A mis amados padres, Hugo Sandoval y Aydeé Sandoval por haberme apoyado en todo momento, por los valores que me inculcaron día a día, por sus consejos, por confiar en mí, porque siempre me motivaron a salir adelante para alcanzar mis metas.

A mis familiares por el apoyo brindado en este transcurso de mi formación académica y ser una gran profesional.

A mis maestros quienes me brindaron cada uno de sus conocimientos para poder ser profesionales de bien, gracias por formar parte de mi vida universitaria.

Y gracias a todas las personas que nos apoyaron en todo este proceso. ***“Alanis Kiara Sandoval Sandoval”***

## AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi hermosa madre Jany Milagros Pérez Pinedo por ser mi motor y motivo quien fue madre y padre en mi vida quien con sus consejos y sus palabras de aliento me motivó a seguir con mi carrera profesional y a Luis Alberto Bocanegra Villanueva, a mi hermano Gendrix Melosevi Paredes Pérez quien en mi ve como un ejemplo para que se inculque como profesional, a nuestro docente Luis Alberto Ordoñez Sánchez como apoyo durante el proceso de nuestra tesis.

***“Paredes Pérez, Keyssi Maylee”***

A Dios por permitirme llegar a este momento de mi vida y guiar cada uno de mis pasos.

A mis padres Hugo Sandoval y Aydeé Sandoval por siempre confiar en mí y por ser el motor principal para llegar a esta etapa, a mi hermana y sobrinos por ser uno de los motivos más importantes para alcanzar mis metas.

A mis estimados profesores y recalcando a uno de ellos el maestro Luis Ordoñez, por formar parte de este largo camino y por cada una de sus enseñanzas

***“Alanis Kiara Sandoval Sandoval”***



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ORDOÑEZ SANCHEZ LUIS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.", cuyos autores son SANDOVAL SANDOVAL ALANIS KIARA, PAREDES PEREZ KEYSSI MAYLEE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TARAPOTO, 11 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ORDOÑEZ SANCHEZ LUIS ALBERTO <b>DNI:</b> 00844670 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3860-4224	Firmado electrónicamente por: LORDONEZS el 11- 12-2023 09:18:36

Código documento Trilce: TRI - 0691819







**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, SANDOVAL SANDOVAL ALANIS KIARA, PAREDES PEREZ KEYSSI MAYLEE estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ALANIS KIARA SANDOVAL SANDOVAL <b>DNI:</b> 71882060 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3274-3293	Firmado electrónicamente por: AKSANDOVALS el 11-12-2023 23:12:16
KEYSSI MAYLEE PAREDES PEREZ <b>DNI:</b> 73760251 <b>ORCID:</b> 0000-0001-7103-5911	Firmado electrónicamente por: KPAREDESPE el 11-12-2023 23:15:27

Código documento Trilce: TRI - 0691815



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
<b>RESUMEN</b>	xi
<b>ABSTRACT</b>	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimiento	14
3.6. Métodos de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	50
REFERENCIA	51
S ANEXOS	58

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Conductividad eléctrica de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	22
Tabla 2 Aceites y grasas de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	22
Tabla 3 pH de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	23
Tabla 4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	23
Tabla 5 Demanda Química de oxígeno (DQO) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	23
Tabla 6 Oxígeno disuelto (OD) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	24
Tabla 7 Sólidos disueltos totales (SDT) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	24
Tabla 8 Temperatura (T°) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	25
Tabla 9 Análisis de varianza del tiempo óptimo en la remoción de las características fisicoquímicas con Pistia strotiotes y Lemna minor	25
Tabla 10 Concentraciones de aceites y grasas por tiempo de remoción de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	26
Tabla 11 pH por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	27
Tabla 12 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	28
Tabla 13 Demanda Química de Oxígeno (DQO) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	29
Tabla 14 Conductividad eléctrica (CE) por tiempo de remoción de los	

	efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	30
Tabla 15	Oxígeno disuelto (OD) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	31
Tabla 16	Sólidos disueltos totales (SDT) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	32
Tabla 17	Temperatura (T°) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	33
Tabla 18	Análisis de varianza en (ANOVA) de los parámetros fisicoquímicos con Pistia strotiotes y Lemna minor	35
Tabla 19	Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímica de aguas tratadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Identificación de plantas fitorremediadoras	14
Figura 2. Identificación del punto de recolección de aguas residuales domésticas	15
Figura 3. Área de ubicación de la descarga del efluente de las aguas residuales domésticas proveniente de la Banda de Shilcayo	16
Figura 4. Ubicación del sistema de biofiltros en el distrito de Juan Guerra	16
Figura 5. Construcción del área de tratamiento de las aguas residuales	17
Figura 6. Adquisición de los biofiltros	17
Figura 7. Construcción de los biofiltros dividido en los 4 tratamientos	18
Figura 8. Acondicionamiento de los biofiltros	18
Figura 9. Sistema de tratamiento con biofiltros	19
Figura 10. Medidas físicas con el multiparámetro	19
Figura 11. Toma de datos de la temperatura, conductividad eléctrica y pH del agua tratada	20
Figura 12. Tiempo óptimo de aceites y grasas de los efluentes domésticos	26
Figura 13. Tiempo óptimo de pH de los efluentes domésticos	26
Figura 14. Tiempo óptimo de DBO de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023	29
Figura 15. Tiempo óptimo de DQO de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	30
Figura 16. Tiempo óptimo de CE de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023	31
Figura 17. Tiempo óptimo de OD de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023	32
Figura 18. Tiempo óptimo de SDT de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.	33
Figura 19. Tiempo óptimo de temperatura de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023	34
Figura 20. Análisis de medias en Tukey de los aceites y grasas	36

Figura 21. Análisis de medias en Tukey del pH	36
Figura 22. Análisis de medias en Tukey de la DBO	37
Figura 23. Análisis de medias en Tukey de la DQO	38
Figura 24. Análisis de medias en Tukey de la conductividad eléctrica	38
Figura 25. Análisis de medias en Tukey del oxígeno disuelto	39
Figura 26. Análisis de medias en Tukey de los sólidos disueltos totales	40
Figura 27. Análisis de medias en Tukey de la temperatura	40
Figura 28. Porcentaje de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con Pistia strotiotes de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo	43
Figura 29. Porcentaje de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con Lemna minor de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo.	43
Figura 30. Porcentaje de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con Pistia strotiotes y Lemna minor de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo.	44

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo. El tipo de investigación fue aplicada con diseño experimental. Los parámetros fisicoquímicos iniciales del agua de efluentes domésticos fueron 1 703,33  $\mu\text{S/cm}$  de CE, 2,67 mg/L de aceites y grasas, 5.9 pH, 5,97 mg/L de DBO, 21,67 mg/L de DQO, 6,23 mg/L de OD, 1 100 mg/L de SDT, 26,33 °C de temperatura. El tiempo óptimo del sistema de biofiltro mostró una alta significancia con diferencias estadísticas con  $p$  menor a 0.05 con la fuente de variación: tratamientos y a los 30 días alta significancia con valor de  $p < 0,00^{**}$ . Las características fisicoquímicas finales mostraron una alta significancia de 0.000 menor a  $p < 0.05$ , en cuanto al T3: *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, donde aceites y grasas fue de 0,83 mg/L, pH de 7,57, DBO de 2,53 mg/L, DQO de 12,46 mg/L, CE de 866,35  $\mu\text{S/cm}$ , OD de 3,78 mg/L, SDT de 699,24 mg/L y temperatura de 27,28 °C. Se concluyó que, los sistemas de biofiltros *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* representan una excelente alternativa para la remoción de las concentraciones fisicoquímicas de aguas residuales domésticas.

Palabra clave: Aguas domésticas, biofiltros, *Pistia stratiotes*, *Lemna minor*.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the treatment of domestic effluent water, with biofilter systems, Chontamuyo, Banda de Shilcayo. The type of research was applied with an experimental design. The initial physicochemical parameters of the domestic effluent water were 1703,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  of EC, 2,67 mg/L of oils and fats, 5,9 pH, 5,97 mg/L of BOD, 21,67 mg/L of COD, 6,23 mg/L DO, 1 100 mg/L TDS, 26,33 °C temperature. The optimal time of the biofilter system showed high significance with statistical differences with p less than 0.05 with the source of variation: treatments and at 30 days high significance with p value < 0.00\*\*. The final physicochemical characteristics showed a high significance of 0.000 less than  $p < 0.05$ , regarding T3: *Pistia strotiotes* and *Lemna minor*, where oils and fats were 0,83 mg/L, pH of 7,57, BOD of 2,53 mg/L, COD of 12,46 mg/L, EC of 866,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , OD of 3,78 mg/L, TDS of 699,24 mg/L and temperature of 27,28 °C. It was concluded that the *Pistia strotiotes* and *Lemna minor* biofilter systems represent an excellent alternative for the removal of physicochemical concentrations from domestic wastewater.

**Keywords:** Domestic water, biofilters, *Pistia strotiotes*, *Lemna minor*.



## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación generada por las aguas residuales viene siendo hoy en día uno de los problemas ambientales de gran inquietud a nivel mundial, pues las aguas vertidas sin tratamiento alguno a cuerpos hídricos hacen que se contamine y haga casi imposible que alguna forma de vida se desarrolle, además que este recurso se vuelva inservible para cualquier actividad (Chen et al., 2020). Dentro de las aguas residuales existen 3 tipos tales como, domésticas, urbanas e industriales (Li et al., 2019). Las aguas residuales domésticas contienen más contaminantes. Esto incluye cualquier partícula que pueda llegar al desagüe como el Jabón, basura, cabello o cualquier otra cosa que se pueda quitar (Deng et al., 2021). También es rica en materia orgánica y nutrientes vegetales que tienden a pudrirse por el camino. Los diversos jabones y polvos que usamos para limpiar nuestras casas y ropa pueden contener químicos dañinos (Huang et al., 2022). Cuando estos químicos se agregan a las aguas residuales, pueden afectar de forma negativa la salud de todos los organismos acuáticos (Fu et al., 2019). Cuando las aguas residuales ingresan a los lagos y arroyos, los microorganismos comienzan a descomponer la materia orgánica (Huang et al., 2022). Algunos dicen que la solución a la polución es la dilución es cuando se libera en un cuerpo de agua con una pequeña cantidad de aguas residuales, se produce una acción natural de autolimpieza (Hu et al., 2019). En el Perú, como en gran parte de los países, existen dos escenarios en cuanto al manejo y control de aguas residuales, aguas residuales domésticas o industriales que sean vertidas al sistema de alcantarillado, y aguas residuales que deban ser tratadas bajo la responsabilidad de una empresa pública o privada de acuerdo con la legislación nacional (Lucas, 2020). El 80% de las aguas residuales domésticas descargadas no se descontaminan antes de la descarga, lo que contribuye no solo a la polución de plantas y animales, sino también a padecimientos y fallecimientos prematuros que generan costos anuales, pero, por un momento, las autoridades peruanas poco interés tienen por dicha problemática (Tejedor, 2019). Es por ello, que esta investigación se llevará a cabo en el sector

Chontamuyo, ubicado al lado izquierdo del Río Shilcayo, distrito de Tarapoto. En dicho río existe una tubería de descarga de aguas residuales derivados del distrito de la Banda de Shilcayo, además cuenta con la presencia de desechos sólidos acumulados por los propios pobladores. Esto ocasiona la contaminación de sus aguas y alrededores, pues dichas aguas contienen microorganismos patógenos que ocasionan enfermedades a las personas que entran en contacto de forma directa o indirecta con ellos, además cabe recalcar de la presencia de vectores, los cuales dañan el paisaje y son portadores de enfermedades virales (Vergara, 2021). Por testimonios propios de los pobladores, utilizan estas aguas para el riego de sus labranzas, lo cual es doblemente preocupante dado por los diversos efectos que puede ocasionarles (Zhang et al., 2019). Para esta problemática existen tratamientos para este tipo de agua, una de ellas es a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), donde son sometidos a procesos fisicoquímicos y biológicos para remover contaminantes de estas aguas para luego poder ser vertidos en cuerpos hídricos, este tratamiento demanda mayor tiempo y gastos en cuanto a la construcción e insumos a utilizar (García et al., 2019). Sin embargo, también existen técnicas relacionadas con el medio ambiente para restaurar la calidad del agua tanto a pequeña como a gran escala (Lin et al. 2019). Uno de ellos es el uso de biofiltros. Un biofiltro es un humedal construido subterráneo diseñado para extender la eliminación de agentes patógenos en las aguas residuales (Jiang et al., 2019). Un biofiltro es un montículo plano relleno de material que actúa como lecho filtrante, cuya superficie está sembrada de macrófitas o plantas acuáticas, por las cuales fluyen las aguas residuales en forma horizontal o vertical, según el diseño (Balvin, 2019). Estos biofiltros ayudan a remover o reducir la carga contaminante presente en aguas residuales, volviéndola apta para el riego, construcción y bebida de animales (Vergara, 2021). Seguidamente, se formula el problema general: ¿Cuál es el tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023? Seguido de los problemas específicos: PE1: ¿Cuáles son las características fisicoquímicas iniciales del agua de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo, 2023? PE2: ¿Cuál es el tiempo óptimo del

sistema de biofiltro en el tratamiento de aguas contaminadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo, 2023? PE3: ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica de aguas tratadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo, 2023?; Por otro lado, la investigación se basa en la justificación social, informar a la sociedad sobre la problemática sobre las aguas residuales domésticas y las consecuencias que trae para el ambiente y la salud, y como el uso de biofiltros ayuda a reducir la concentración de contaminantes presentes en este tipo de agua y así pueda ser reutilizada. Del mismo modo, la justificación económica, se basa en la elaboración del biofiltro, que no demanda mayor inversión de tiempo y dinero para su construcción y mantenimiento. Asimismo, justificación metodológica, se orienta en el empleo de artículos, revistas y guías para la elaboración del sistema de biofiltros para los tratamientos de aguas residuales domésticas. Por último, justificación ambiental, buscará reemplazar el uso de tratamientos convencionales que demandan mayor inversión y que perjudican al ambiente. Pues el sistema de biofiltros representa una tecnología verde, respetuosa con el medio. Posteriormente en el proyecto de investigación se plantearon los objetivos, objetivo general: Evaluar el tratamiento de aguas de efluentes domésticos, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023. Seguido de los objetivos específicos: OE1: Determinar las características fisicoquímicas iniciales del agua proveniente de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023. OE2: Estimar del tiempo óptimo del sistema de biofiltro en el tratamiento de aguas contaminadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo, 2023. OE3: Establecer la caracterización fisicoquímica de aguas tratadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo, 2023. Finalmente se planteó la hipótesis de la investigación: Sistemas de biofiltros, permitirán el tratamiento de agua contaminada de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Dacewicz (2019) evaluó la efectividad de remoción de compuestos orgánicos, nitrógeno amónico y SST de aguas residuales pretratadas en una fosa séptica tanque a carga hidráulica que va de 31.8 a 229.2 mm<sup>-1</sup>. Tuvo una metodología experimental. Los resultados demostraron la reducción promedio de los niveles de contaminantes para este filtro alcanzó el 95%, 94%, 84% y 68%, respectivamente. Concluyó que el uso de biofiltros contribuye a la remoción de contaminantes de aguas residuales. También según Chen et al., (2020) en este análisis, la acción de lavado proporcionada por las aguas residuales domésticas se utilizó para recuperar e incluso mejorar el rendimiento del tratamiento de los SAARB que tratan lixiviados maduros de vertederos. Se operaron tres columnas SAARB durante 300 d, luego de lo cual se siguió una secuencia de “Recirculación-Lavado-Recirculación”. En la primera etapa de recirculación (22 d), eliminación de la demanda química de oxígeno(DQO) y el nitrógeno total (TN) disminuyeron de 90% y 60%, respectivamente, inicialmente a aproximadamente 75% y menos de 20%, respectivamente. A partir de entonces, el lavado (20 d) de los SAARB se realizó mediante la aplicación de aguas residuales domésticas. En el segundo período de recirculación subsiguiente (30 días), los SAARB se operaron con la misma carga hidráulica que se usaron inicialmente, pero lograron una eliminación alta (aprox. 90 %) de DQO y relativamente alta (aprox. 59 % – 76 %) de TN. Concluyó que los mecanismos de recuperación del rendimiento del tratamiento (incluida la degradación orgánica y la nitrificación-desnitrificación) utilizando aguas residuales domésticas se pueden atribuir a dos efectos principales: (1) algunos contaminantes acumulados fueron eliminados, lo que llevó a la reparación de la capacidad de adsorción de los residuos envejecidos; las actividades microbianas fueron mitigadas por el lavado de aguas residuales domésticas; y (2) el lavado de algunas sales acumuladas (p. ej., iones de cloruro y sulfato) probablemente ayudó a recuperar la actividad microbiana. Además, de Athanasios et al., (2019) en este trabajo, las aguas residuales municipales se depuraron mediante tratamiento primario mejorado

químicamente (CEPT) en combinación con un filtro percolador a escala piloto. Se llevaron a cabo experimentos a escala de laboratorio (Jar-tests) para determinar la dosis óptima de productos químicos. Las eficiencias de eliminación de P se estimaron en 89, 82, 93, 60, 96, 96 y 78 %, respectivamente. Se concluye que la filtración biológica contribuyó significativamente en los procesos de disminución de nutrientes. También en su artículo de Hu et al., (2019) presentaron un proceso de filtro biológico aeróbico/anóxico enriquecido basado en la microelectrólisis de un transportador microbiano a base de hierro y explorar las especies funcionales que están involucradas en el mecanismo de degradación de los contaminantes. Se utilizó un filtro biológico aeróbico/anóxico enriquecido (EABF) lleno de portador de acoplamiento microbiano a base de hierro (IBMC) para la biodegradación altamente eficiente de los contaminantes de nitrógeno en aguas residuales domésticas con una relación C/N baja. La eficiencia de remoción de  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ , TN y DQO fue del 97.6 %, 86.9 % y 85.3 %, respectivamente, en el IBMC lleno de EABF con OD de  $3.5 \text{ mg L}^{-1}$ , TRH de 12 h y relación de reflujos de 5.5:1. Concluyeron que lograron la expulsión eficiente de nutrientes de las aguas residuales domésticas con una relación C/N baja, lo cual es adecuado para la aplicación práctica. Seguido de García et al., (2019) se centraron en la evaluación de un biofiltro aireado empacado con astillas de madera de *Ficus benjamina* para la disminución simultánea de metformina, ciprofloxacina, materia orgánica expresada como demanda química de oxígeno (DQO) y nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) durante el manejo y control de aguas residuales domésticas. bajo diferentes cargas hidráulicas superficiales. Las remociones máximas de metformina, ciprofloxacino, DQO y  $\text{NH}_3\text{-N}$  de las aguas residuales tratadas en biofiltro aireado fueron 94, 81, 91 y 38 %, respectivamente, aplicando una carga hidráulica superficial de  $0.18 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$  [tiempo de retención hidráulica (HRT) de 7 h]. La capacidad de adsorción de astillas de madera de *F. benjamina* sobre la metformina y la ciprofloxacina fue de 0.1 y  $2.03 \mu\text{g.g}^{-1}$  de material de soporte, respectivamente. Concluyeron Las tasas máximas de eliminación de metformina, ciprofloxacina, DQO y  $\text{NH}_3\text{-N}$  se obtuvieron cuando el biofiltro aireado se operó a  $\text{HRT} = 7\text{h}$ . Las astillas de madera de *F. benjamina*

mostraron propiedades de sorción de productos farmacéuticos. Según el artículo de Tejedor et al., (2020) estudiaron el uso de astillas de madera/cáscaras de maní como medio portador para biofiltros, incluidos microorganismos (BM), plantas y microorganismos (BPM), lombrices de tierra y microorganismos (BEM) y todos los organismos (biofiltros híbridos, HB). Se operaron 12 biofiltros en paralelo bajo tres caudales hidráulicos nominales desiguales ( $0.5, 1$  y  $1.5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ). Previamente, se caracterizaron individualmente los materiales de soporte y se realizaron ensayos de toxicidad aguda/crónica en plantas (*Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult.) y lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Savigny). alcanzaron eficiencias de reducción de materia orgánica cercanas al 80% (medido como DQO), y entre 40 y 63% (medido como VS). Como conclusión, los materiales orgánicos de bajo costo (mezcla de astillas de madera/cáscara de maní) pueden ser utilizados con éxito como medio de soporte, ya que brindan condiciones ambientales adecuadas para las plantas y las lombrices, mejorando la operación y manteniendo la remoción de contaminantes (materia orgánica) dentro de las características de biofiltración. Igualmente, en su artículo de investigación de Echevarria (2019) evaluó su eficacia e identificó la posibilidad de regar los cultivos con aguas residuales tratadas. De agosto a diciembre de 2018 se realizaron varias campañas de medición para determinar parámetros de calidad del agua. La concentración de aguas residuales de plantas de tratamiento fue de  $396 \pm 289 \text{ mg DBO/l}$ ,  $795 \pm 262 \text{ mg DQO/l}$ ,  $361 \pm 113 \text{ mg SST/l}$ ,  $66.0 \pm 38.9 \text{ mg N-NH}_3/\text{l}$ ,  $11.8 \pm 2.2 \text{ mg -P/l}$ . l y  $2.73 \pm 1.13 \text{ m-S/cm CE}$ . Las concentraciones promedio en el efluente fueron  $18 \pm 12 \text{ mg DBO/l}$ ,  $95 \pm 61 \text{ mg DQO/l}$ ,  $18 \pm 10 \text{ mg SST/l}$ ,  $41.7 \pm 26.5 \text{ mg N-NH}_3/\text{l}$ ,  $8.3 \pm 2,2 \text{ mg - P/l}$ . L y  $2.35 \pm 0,75 \text{ ms/cm CE}$ . La eficiencia global de la planta de tratamiento es de 95% DBO5, 88 % DQO total, 95 % SST, 37 % N-NH3 y 30 % P. Según estos resultados, el agua tratada sólo debe utilizarse para riego de cultivos altos, pastos y forrajes no destinados al consumo humano directo, y deben ser salinizados para aminorar los riesgos a la salud de la población. Esta planta de tratamiento debe implementar un proceso de disposición para poder utilizar las aguas residuales tratadas con vegetales y otros productos que se consumen crudos. Consecutivamente

según Chacón et al., (2019) se centraron en el desarrollo de medios alternativos para disminuir los contaminantes biológicos en las aguas residuales domésticas y mejorar la calidad del agua, desarrollamos un sistema de biofiltración utilizando hongos tipo levadura de la especie *Saccharomyces cerevisiae* adheridos a soportes de piedra pómez, creando una biopelícula que absorbe oxígeno. presente disuelto en aguas residuales domésticas. Para la eficiencia del biofiltro se obtendrán valores medios de remoción DBO5 = 14.7 %, pH = 13.4 %, ST = 23.31 %, OD = 10.84 % con una duración de remoción orgánica de 7 días. Seguido de las bases teóricas que alimentaran las síntesis de la investigación como: Se entiende por aguas residuales domésticas las utilizadas con fines sanitarios (baños, cocinas, lavandería, etc.), básicamente las heces humanas vertidas a la red de alcantarillado a través del vertido de la red hidráulica del edificio, así como de las instalaciones comerciales, públicas, y similares (Chen et al., 2021). Se entiende que los efectos e impactos de la introducción antropogénica directa o indirecta de contaminantes, formas de energía o condiciones inducidas en el agua provocan cambios perjudiciales en su calidad en relación con su uso futuro o función ecológica (Chen et al., 2020). Las aguas residuales domésticas se componen de componentes físicos, químicos y biológicos; es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos suspendidos o disueltos (Alinezhad et al., 2019). Donde las características fisicoquímicas del agua residuales domésticas, estas especificaciones tienen la posibilidad de ser consistencia, color, conductividad térmica, conductividad eléctrica, temperatura de fusión y expansión térmica. Hay materiales que tienen un color propio y esto posibilita el desarrollo de identificación (Balvin, 2019). Se considera que oxígeno disuelto, la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en el agua (Deng et al., 2021). El oxígeno libre es esencial para la vida del ecosistema acuático. Por ello, se considera un indicador de la habitabilidad acuática de los ríos (Deng et al., 2021). La concentración de este elemento es el resultado de la entrada de oxígeno en el sistema, y los organismos vivos que consumen oxígeno (García et al., 2019). El oxígeno entra por varias razones, pero la más importante es el oxígeno absorbido de la atmósfera (Dorji et al., 2019). Seguido de la temperatura, es una medida de

la energía cinética promedio de las moléculas de agua. Se mide en una escala lineal en grados Celsius o Fahrenheit (Hong et al., 2019). Los nitratos y fosfatos no apoyan de manera significativa a la conductividad, aunque son muy relevantes biológicamente. La salinidad es una medida del total de sal disuelta en el agua (Jucherski et al., 2019). La salinidad y la conductividad están vinculadas porque el total de iones disueltos incrementa en ambos niveles. El principal componente de la sal marina es el cloruro de sodio (NaCl) (Kaetzi et al., 2019). Tanto los aceites como las grasas son sustancias oleosas que no se juntan con el agua y permanecerán en la superficie creando la apariencia de cremas y espumas (Lin et al., 2019). Estos aceites tienen un mayor impacto en el medio ambiente acuático, ya que forman una película en la superficie, lo que ocasiona un intercambio insuficiente de oxígeno entre el agua y el aire, lo que afecta a la flora y la fauna locales (Lucas, 2020). Además de la DBO, que también mida la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos para fijar la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas a 20 °C durante cinco días (Singh et al., 2019). Debido a la oxidación aeróbica, se utiliza como medida de la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua (Mažeikienė, 2019). DQO determina la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación de sustancias orgánicas en una muestra de agua bajo condiciones específicas de oxidación, temperatura y clima (Zhang et al., 2019). Representa la cantidad de oxígeno necesaria para tratar el agua de una gran ciudad, casa particular, agua de lluvia, alcantarillado o fosa séptica (Paruch et al., 2019). Sólidos Suspendidos Totales son los residuos retenidos por los filtros de fibra de vidrio con un tamaño de poro nominal de 0.45 micras se consideran partículas que quedan suspendidas en las superficies y/o en la corriente de aguas residuales (Ramírez et al., 2019). Debido a los contaminantes como alternativa de disminución se tiene a los Biofiltros que son dispositivos utilizados para la remoción de contaminantes en el agua. Su uso contribuye a evitar la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, causada por verter directamente el agua residual (Ren et al., 2019). El sistema ayuda con las aguas grises de los baños, así como con el lavado de



platos y ropa (Tejedor et al., 2018). Consiste en un filtro realizado en una zanja revestida con ladrillos de bloque que contienen materiales filtrantes naturales: grava, arena y carbón (Saeed et al., 2019). Hay tipos de biofiltros, y los biofiltros tienen tres caminos de desarrollo técnico, aunque se basan en el mismo principio biológico, funcionan de manera diferente (Velasco et al., 2019). Estos son los llamados biofiltros de flujo superficial, biofiltros de flujo subterráneo y se divide en dos tipos: flujo horizontal y flujo vertical, y finalmente un biofiltro de plantas acuáticas flotando en la superficie del agua (Singh et al., 2019). Los biofiltros de flujo subterráneo, corrientes de aguas residuales debajo de la superficie de un medio poroso (generalmente grava), están diseñados para proporcionar un tratamiento secundario o avanzado y consisten en canales o zanjas, generalmente excavadas en forma rectangular (Sohair et al., 2019) este tipo de biofiltro tiene la ventaja de evitar problemas de mosquitos, ya que el agua está debajo del medio y no está expuesta a la atmósfera como FWS, el lecho de grava también tiene una velocidad de reacción más alta y por lo tanto puede cubrir un área más pequeña (Thakur y Medhi, 2019). También existen biofiltros verticales de flujo descendente, en este tipo de sistemas las aguas residuales, generalmente de la fosa séptica, se descargan a la superficie (Walega et al., 2019). El agua se filtra verticalmente a través de una matriz inerte (arena, grava) y se acumula en una red de drenaje ubicada en el fondo del humedal, conectada a una chimenea de aireación (Tejedor, 2019). La alimentación a los humedales se da periódicamente para mantener las condiciones aeróbicas tanto como sea posible. Los biofiltros SFS utilizan nuevas plantas acuáticas (juncos, carrizos, etc.), que son plantas anfibia que crecen en aguas poco profundas, arraigan profundamente en el suelo, son altamente productivas y toleran bien las condiciones anóxicas en el suelo porque contienen canales o zonas de aireación que facilitan que el oxígeno llegue a las raíces (Velasco et al., 2019). Donde se consideran a las especies vegetales fitorremediadoras, que se pueden utilizar diferentes tipos de plantas acuáticas: plantas flotantes como el jacinto de agua (*Pontederia crassipes*), plantas sumergidas como la cola de zorro de agua (*Myriophyllum aquaticum*), plantas jóvenes como el junco (*Schoenoplectus californicus*) y

el repollito de agua (*Pistia stratiotes*) (Walega et al., 2019). La *Pistia stratiotes*, es una semilla que flota en la superficie del agua colgando sus raíces debajo de hojas flotantes (Yamashiro et al., 2019). Las hojas pueden medir hasta 14 centímetros de largo y pecioladas, tienen bordes verdes, con nervaduras paralelas, ligeramente onduladas y cubiertas de pelos cortos que forman una estructura de canasta que captura burbujas de aire que aumentan la flotabilidad de las hojas (Yamashiro et al., 2019). También la *Lemna minor*, es una pequeña planta acuática, de menos de un cm, flotante, de forma redonda y de rápido crecimiento, con una excelente capacidad para absorber los nutrientes del agua en la que se desarrolla (Ramírez et al., 2019). Una pequeña planta acuática, es la más familiar de las especies de patos. Sus hojas líquidas son rectangulares y tienen 3 nervios excelentes. Está inmerso en la flor especie casi cosmopolita (Saeed et al., 2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Es aplicada, dado que su propósito es solucionar un problema o un método particular, enfatiza la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación, enriqueciendo así el progreso de la ciencia y la cultura (Rodríguez, 2022).

Además, la investigación tendrá un enfoque cuantitativo porque es un enfoque estructurado para procesar la recopilación y el análisis de datos que involucra el uso de computadoras, estadísticas y herramientas matemáticas para obtener resultados precisos del proceso (Tomayo, 2007).

**Diseño de investigación:** Es experimental, ya que involucra ejecutar análisis estadísticos para experimentar o refutar hipótesis. Por lo tanto, su propósito es comprender la relación causal entre dos variables (Velásquez, 2018). Es tipo cuasi-experimental, porque es diseñado para estudiar los efectos del tratamiento y/o la modificación del curso en situaciones en las que los sujetos o las unidades de observación no se asignan de acuerdo con los criterios de aleatorización (Fernández et al., 2014). Donde se tomó el agua para el tratamiento de efluentes domésticos de Chontamuyo, Banda de Shilcayo donde fue tratada con sistemas de biofiltro.

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Efecto de un sistema de biofiltros

**Definición conceptual:** Estos son dispositivos que se utilizan para eliminar los contaminantes del agua. Su uso ayuda a evitar la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos por vertido directo de aguas residuales (García et al., 2019).

**Definición operacional:** Se realizó la construcción del sistema de biofiltros para la eliminación de contaminantes presentes en aguas de efluentes domésticos. Se obtuvo evaluaciones de manera quincenal.

**Dimensiones:** Sistema de biofiltros, tiempo óptimo del sistema de biofiltro.

**Indicadores:** Biofiltro -*Pistia stratiotes*, biofiltro -*Lemna minor*, biofiltro -*Pistia stratiotes* y *Lemna minor*.

**Escala de medición:** Nominal y Razón.

**Variable dependiente:** Tratamiento de agua de efluentes domésticos

**Definición conceptual:** Se recogió el agua restante a través de la fosa séptica y realizamos la primera acción de limpieza en la fosa séptica. En esta parte del proceso se produce una acción anaerobia para precipitar los residuos sólidos existentes, facilitando su filtrado posterior (Vergara, 2021).

**Definición operacional:** Se realizó análisis iniciales y finales del agua de efluentes domésticos para determinar la eficiencia del sistema de biofiltros en cuanto a la disminución de concentración de contaminantes.

**Dimensiones:** Características fisicoquímicas iniciales del agua, características finales del agua.

**Indicadores:** Parámetros ambientales de agua.

**Escala de medición:** Intervalo.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Estuvo comprendida por un volumen de 450 m<sup>3</sup> de agua residual doméstica trasladada por el efluente Chontamuyo procedente del sector Barrio Huayco, que está ubicado en el distrito de La Banda de Shilcayo, el cual fue adecuado para el tratamiento con biofiltro. Según como lo menciona Arias, (2006) la población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes a los que se aplicó ampliamente las conclusiones del estudio. Está determinado por la pregunta y los objetivos de la investigación

- **Criterios de inclusión:** Se consideró los 200 litros de aguas residuales domésticas trasladada por el efluente Chontamuyo procedente del sector Barrio Huayco, que está ubicado en el distrito de La Banda de Shilcayo, según como lo indica Ramírez (2014) que los criterios de inclusión son los sujetos o unidades que se toman en consideración para ser evaluados.
- **Criterios de exclusión:** No fueron considerados las aguas residuales domésticas generadas en otros distritos de la provincia de San Martín,

según como menciona Fernández (2018) que los criterios de exclusión son los sujetos o unidades que no se encuentren dentro de la población estimada en la investigación.

**Muestra:** Fue de 200 litros de agua residual doméstica trasladada por el efluente Chontamuyo procedente del sector Barrio Huayco, está ubicado en el distrito de La Banda de Shilcayo, fue dividido en 4 tratamientos (T0 - testigo, T1- *Pistia strotiotes*, T2 - *Lemna minor*, T3 - *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*) el cual fue evaluado de manera quincenal, para determinar los cambios y registrar los datos obtenidos en cada revisión. Según como lo menciona López y Fachelli (2015) la muestra es una parte de la población estudiada, denominadas población o universo.

**Muestreo:** Será por conveniencia, porque esto se elige para la conveniencia del investigador y permite la selección arbitraria de cuántos participantes pueden participar en el estudio (Hernández, 2021).

**Unidad de análisis:** Agua contaminada de Chontamuyo.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### Técnicas de recolección de datos

Las técnicas que se empleó en la presente investigación son las siguientes:

**La Observación:** consistió en observar atentamente fenómenos, hechos o casos, obtuvimos información y fue registrada para su posterior análisis. Además, la observación es un elemento esencial en cualquier proceso de investigación; los investigadores dependen de él para obtener la máxima cantidad de datos (Díaz, 2011). También se consideró el **análisis documental:** se basó en la recopilación de información dadas en artículos, revistas y tesis de repositorios institucionales para la referencia de teorías, antecedentes y ejecución de la presente investigación (Castillo, 2005).

#### Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizó son **ficha de recolección de datos** validados por jueces expertos, donde se plasmó por escrito información más importante que se ha encontrado en los procesos de tratamientos de un

componente ambiental (Castro, 2015). Además, tuvimos un documento guía de muestreo de agua (D.S. N°010 – 2018 – MINAM), que nos permitió realizar la toma de muestras.

### 3.5. Procedimiento

Para el desarrollo del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante biofiltros con ayuda de plantas flotantes, donde se realizó bajo 3 etapas, comprendidas en:

#### **Etapas 1: elaboración del proyecto**

- Se realizó la recopilación de información basada en artículos y revistas de nivel internacional y nacional y los cuales estén estrechamente relacionados con el tema de investigación.
- Obtuvimos previas coordinaciones con profesionales o especialistas en cuanto al uso de biofiltros con especies flotantes *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* para el tratamiento de aguas residuales, además que sirvan como guía y supervisión en cuanto a la construcción y uso de cada biofiltro.
- Se realizó la identificación de especies *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* en los humedales de la laguna Andiviela y Ricuricocha. (Figura 1)

Figura 1.

*Identificación de plantas fitorremediadoras*



Nota: (A): Selección de especie *Pistia stratiotes*. (B): Selección de *Lemna minor*.

- Se realizó formularios de recolección de datos de oficina, campo y laboratorios para el trabajo de investigación.
- Se realizó análisis físico-químicos antes y después del tratamiento de aguas residuales domésticas en coordinación con laboratorios acreditados.
- Se tomó muestras del agua para medir el oxígeno disuelto (OD), la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica (CE), la grasa (AG), la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST).

## **Etapas 2: laboratorio y tratamiento con biofiltros de las aguas residuales domésticas.**

- Se llevó a cabo el reconocimiento del área de estudio, así mismo como la toma de coordenadas para posterior elaboración de mapa de ubicación. (Figura 2 y 3)

Figura 2.

*Identificación del punto de recolección de aguas residuales domésticas*





Figura 3.

Área de ubicación de la descarga del efluente de las aguas residuales domésticas procedente de la Banda de Shilcayo



- Seguidamente se tomaron las coordenadas para la elaboración del mapa y acondicionamiento del lugar para la ubicación de los biofiltros tal como se muestra a continuación. (Figura 4)

Figura 4.

Ubicación del sistema de biofiltros en el distrito de Juan Guerra





Figura 5.

*Construcción del área de tratamiento de las aguas residuales*



Nota: (A): Techado de área de estudio. (B): Cerrado de área de experimental

- Se realizó la adquisición de los insumos y materiales para la construcción de los biofiltros. (Figura 6)

Figura 6.

*Adquisición de los biofiltros*



- Se llevó a cabo la construcción de los biofiltros dividido en los 4 tratamientos, donde se añadió 50 litros de agua residual doméstica con 20 plantas flotantes entre ellas *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* por un periodo de 30 días. (Figura 7)

Figura 7.

Construcción de los biofiltros dividido en los 4 tratamientos

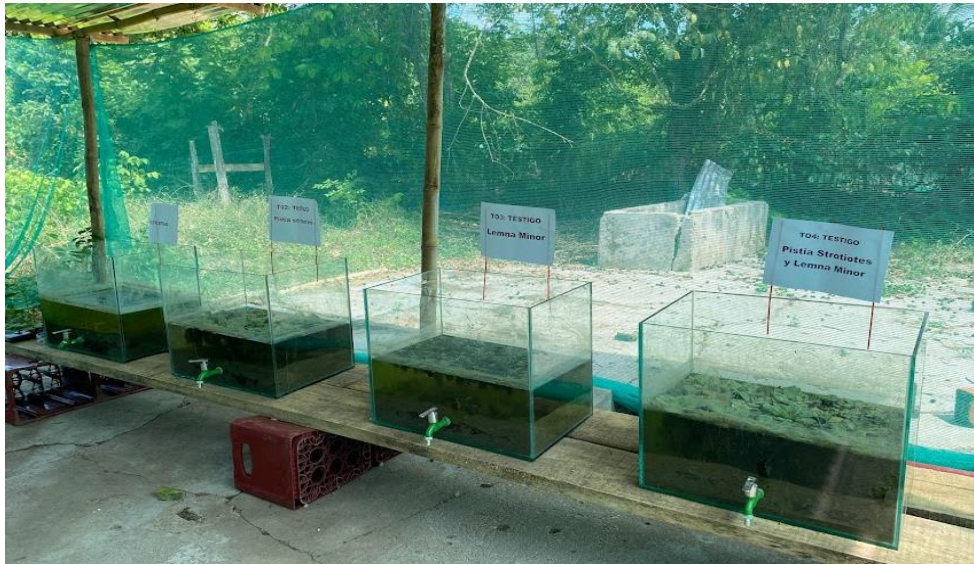


Figura 8.

Acondicionamiento de los biofiltros



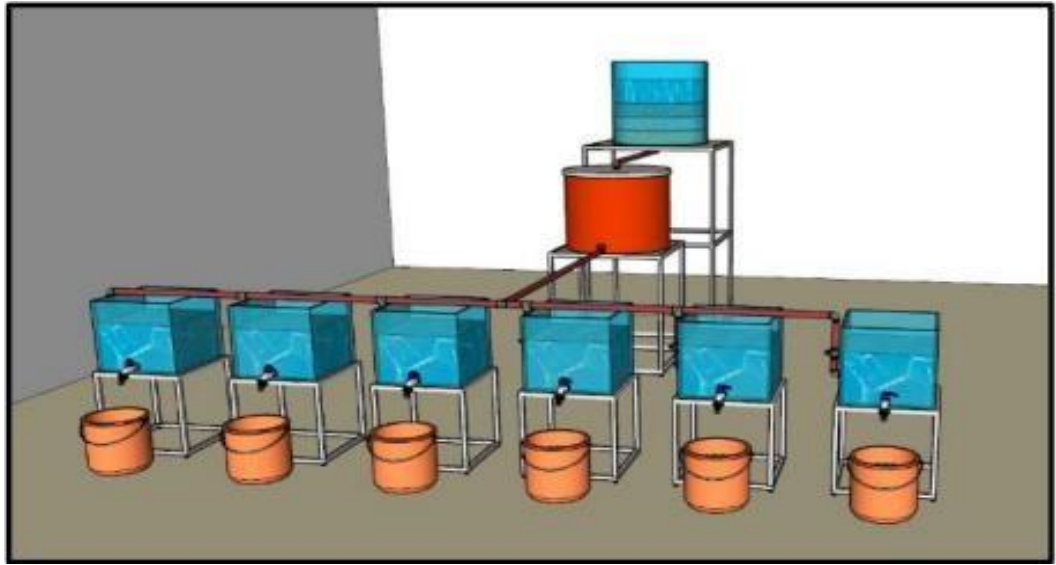
Nota: (A): Extracción de muestras de agua residual. (B): Vaciado de agua residual en sistema de biofiltros.

- Para ellos en la siguiente figura se mostró un ejemplo de los sistemas de biofiltros con plantas flotantes de *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* que fue construido para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del sector Chontamuyo (Figura 9).



Figura 9.

*Sistema de tratamiento con biofiltros*

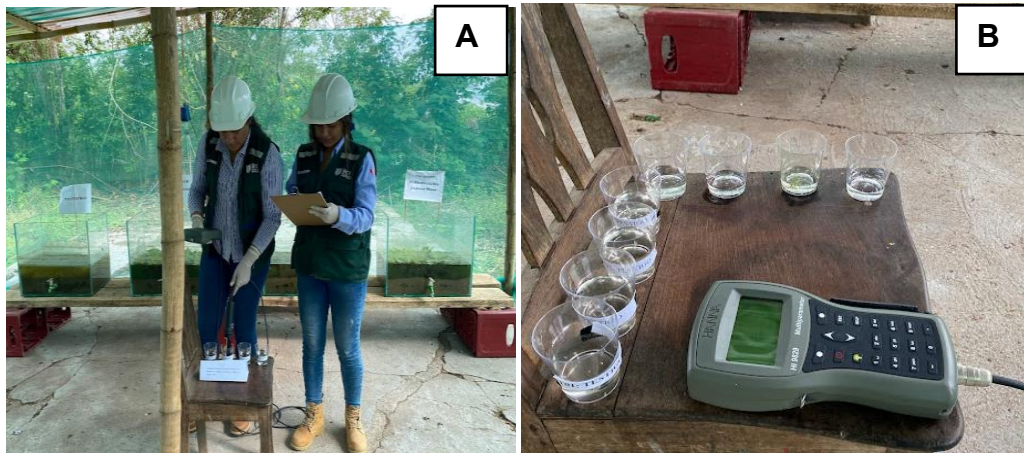


Fuente: Pinedo y Vásquez (2020)

- Posterior al tratamiento, después de 15 días se tomó muestras de agua para determinar los valores de concentración de los parámetros fisicoquímicos como son el oxígeno disuelto (OD), temperatura, pH, conductividad eléctrica (CE), aceites y grasas (AG), demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química oxígeno (DQO) y solidos suspendidos totales (SST). (Figura 10)

Figura 10.

*Medidas físicas con el multiparámetro*



*Nota.* (A): Medición de parámetros fisicoquímicos. (B) Uso de equipo multiparámetro.

- Al finalizar el tratamiento por un periodo de 30 días nuevamente se tomó muestras de agua para determinar los valores finales de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos como el oxígeno disuelto (OD), temperatura, pH, conductividad eléctrica (CE), aceites y grasas (AG), demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química oxígeno (DQO) y solidos suspendidos totales (SST). (Figura 11)

Figura 11.

*Toma de datos de la temperatura, conductividad eléctrica y pH del agua tratada*



Nota: (A): Medición con equipo multiparámetro. (B): Uso de equipo multiparámetro para medición de parámetros fisicoquímicos.

- Seguidamente se tomaron las muestras para determinar los indicadores fisicoquímicos como el oxígeno disuelto (OD), aceites y grasas (AG), demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química oxígeno (DQO) y solidos suspendidos totales (SST).
- Dichas muestras fueron enviada al laboratorio acreditado para obtener los valores fisicoquímicos del agua residual doméstica para posteriormente comparar con los límites máximos permisibles (LMP) con la norma peruana (D.S N° 010-2018-MINAM) (PCM, 2018)

### **Etapa 3: cierre del proyecto**

- Se adquirió los resultados de los valores de concentraciones de los parámetros fisicoquímicos de las aguas domésticas tratadas dadas por el laboratorio acreditado.
- Se realizó la sistematización de resultados a través de tablas y gráficos.

- Se elaboró el informe final con los datos obtenidos durante la ejecución de la investigación. Posterior a ello, se presentó dicho informe al asesor del curso, así mismo como el levantamiento de observaciones dadas por el mismo.
- Finalmente se realizó la sustentación final de la tesis de investigación en la universidad Cesar Vallejo.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Se usó el programa SPSS-25 y el software Microsoft Excel y Word, donde se procesó los datos obtenidos de la parte campo - experimental perteneciente y los resultados de laboratorio de los tratamientos con biofiltros. El análisis estadístico se aplicó la varianza con ANOVA y la prueba de Tukey para las medias de los resultados, donde se determinó las diferencias significativas de los tratamientos de cada biofiltro con plantas flotantes de *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este estudio respeto los lineamientos normativos de aplicación internacional de la norma ISO 690, los autores de las fuentes comentadas en todos los capítulos del estudio, establecidos por la Universidad César Vallejo, resolución número 110-2022-VI-UCV También nos adherimos a los principios éticos establecidos.

## **IV. RESULTADOS**

Luego de las evaluaciones se obtuvieron los siguientes resultados:

### **Características fisicoquímicas iniciales del agua proveniente de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.**

4.1. Las aguas de efluentes domésticos, provenientes del sector Chontamuyo, distrito La Banda de Shilcayo, tienen 1703,3 microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ) de conductividad eléctrica (CE), es decir, 6,5 % por encima del ECA

para aguas, indicándonos que, dicho efluente tiene suficiente capacidad para conducir corriente eléctrica a través de los iones disueltos positivos sodio (Na+), calcio (Ca+2), potasio (K+) y magnesio (Mg+2). (Tabla 1)

Tabla 1

*Conductividad eléctrica de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

<b>Parámetro</b>	<b>Conductividad eléctrica μS/cm</b>	<b>ECA μS/cm</b>
Conductividad eléctrica	1703,33	1600

*Nota.* Registro de los datos de la conductividad eléctrica en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

4.2. Las aguas de efluentes domésticos, provenientes del sector Chontamuyo, distrito La Banda de Shilcayo, tienen 2,67 mg/L de aceites y grasas, 57 % por encima del ECA para aguas (1,7 mg/L). (Tabla 2)

Tabla 2

*Aceites y grasas de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

<b>Parámetro</b>	<b>Aceites y grasas mg/L</b>	<b>ECA mg/L</b>
Aceites y grasas	2,67	1,7

*Nota.* Registro de los datos del aceites y grasas en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

4.3. Las aguas de efluentes domésticos, provenientes del sector Chontamuyo, distrito La Banda de Shilcayo, tienen pH 5,9 cuyo valor se encuentra dentro del rango establecido por el ECA para aguas (5,5 - 9). (Tabla 3)

Tabla 3

*pH de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

<b>Parámetro</b>	<b>pH</b>	<b>ECA</b>
pH	5,9	5,5 – 9,0

*Nota.* Registro de los datos del pH en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

4.4. Las aguas de efluentes domésticos, provenientes del sector Chontamuyo, distrito La Banda de Shilcayo, tienen 5,97 mg/L de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), 19 % por encima del límite permisible por el ECA para aguas (5 mg/L). (Tabla 4)

Tabla 4

*Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

<b>Parámetro</b>	<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mg/L</b>	<b>ECA mg/L</b>
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	5,97	5

*Nota.* Registro de los datos de la DBO en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

4.5. Las aguas de efluentes domésticos, provenientes del sector Chontamuyo, distrito La Banda de Shilcayo, tienen un 21,67 mg/L de Demanda química de oxígeno (DQO), 8,35 % por encima del límite permisible por el ECA para aguas (20 mg/L). (Tabla 5)

Tabla 5

*Demanda Química de oxígeno (DQO) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

<b>Parámetro</b>	<b>ECA mg/L</b>
------------------	-----------------

	<b>Demanda química de oxígeno (DQO) mg/L</b>	
Demanda Química de oxígeno (DQO)	21,67	20

*Nota.* Registro de los datos de la DQO en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

4.6. Las aguas de efluentes domésticos, provenientes del sector Chontamuyo, distrito La Banda de Shilcayo, tienen 6,23 mg/L de Oxígeno disuelto (OD), 24,6 % por encima del límite permisible por el ECA para aguas (5 mg/L). (Tabla 6)

Tabla 6

*Oxígeno disuelto (OD) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

<b>Parámetro</b>	<b>Oxígeno disuelto (OD) mg/L</b>	<b>ECA mg/L</b>
Oxígeno disuelto (OD)	6,23	5

*Nota.* Registro de los datos de la OD en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

4.7. Las aguas de efluentes domésticos, provenientes del sector Chontamuyo, distrito La Banda de Shilcayo, tienen 1100 mg/L de Sólidos disueltos totales (SDT), 10 % por encima del límite permisible por el ECA para aguas (1000 mg/L). (Tabla 7)

Tabla 7

*Sólidos disueltos totales (SDT) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

<b>Parámetro</b>	<b>Sólidos disueltos totales (SDT) mg/L</b>	<b>ECA mg/L</b>
------------------	---	-----------------



Sólidos disueltos totales (SDT)	1100	1000
------------------------------------	------	------

*Nota.* Registro de los datos de los SDT en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

4.8. Las aguas de efluentes domésticos, provenientes del sector Chontamuyo, distrito La Banda de Shilcayo, tienen 26,33 °C de temperatura (T°), por encima del límite permisible por el ECA para aguas ( $\Delta$  3 °C). (Tabla 8)

Tabla 8

*Temperatura (T°) de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

Parámetro	Temperatura (T°)	ECA T°
Temperatura (T°)	26,33	$\Delta$ 3

*Nota.* Registro de los datos de la temperatura en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

#### **Tiempo óptimo del sistema de biofiltro en el tratamiento de aguas contaminadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo, 2023.**

4.9. Del proceso de análisis de varianza en ANOVA en el tiempo óptimo de remoción de los parámetros fisicoquímicos se puede observar alta significancia al encontrar diferencias estadísticas con p menor a 0.05 con la fuente de variación: tratamientos y a los 30 días alta significancia con valor de  $p < 0,00^{**}$ , y no es significativa en el resto de fuentes de variación. Además, el coeficiente de variación es del 8,25%. (Tabla 9)

Tabla 9

*Análisis de varianza del tiempo óptimo en la remoción de las características fisicoquímicas con Pistia strotiotes y Lemna minor*

F de V	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medio	F calculado	Sig
Repeticiones	3	25,08	8,07	2,45	ns

Tratamiento	4	235,00	92,240	21,04	0.00**
15 días (P)	1	14,02	7,00	1,89	ns
30 días (S)	1	205,04	87,14	17,01	0.00**
Error	7	29,00	3,02		
Total	12	128,30			

C.V. (%) 8,25

ns No Significativo

\*\* Significativo al 1 %

*Nota.* Análisis de varianza en ANOVA en el programa estadístico SPSS-25

4.10. Las aguas residuales domésticas, del sector Chontamuyo, tratadas con el sistema de biofiltros, en 15 días, sin tratamiento tiene 1,67 mg/L de aceites y grasas (AG); con *Pistia stratiotes* 1,52 mg/L de AG; con *Lemna minor* 1,58 mg/L de AG; y, 1,42 mg/L de AG con *P. stratiotes* y *L. minor*. En 30 días, sin tratamiento tiene 1,52 mg/L de aceites y grasas (AG); con *Pistia stratiotes* 1,32 mg/L de AG; con *Lemna minor* 1,02 mg/L de AG; y, 0,56 mg/L de AG con *P. stratiotes* y *L. minor*. (Tabla 10, figura 12)

Tabla 10

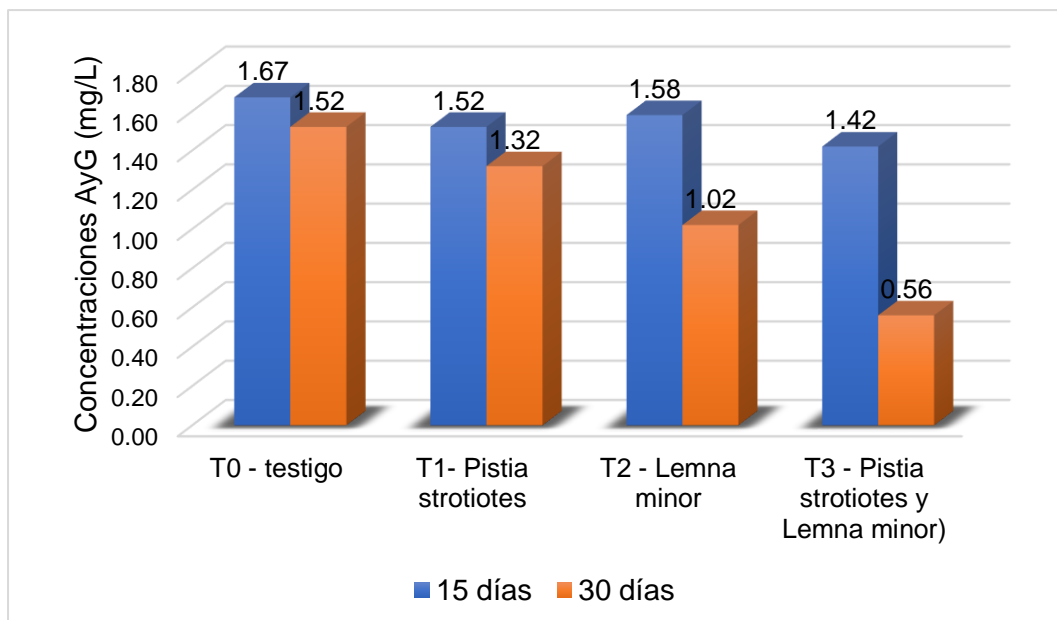
*Concentraciones de aceites y grasas por tiempo de remoción de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

Evaluaciones (días)	T0 - testigo	Aceites y Grasas (mg/L)		
		T1- <i>Pistia stratiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Lemna minor</i>
15	1,67	1,52	1,58	1,42
30	1,52	1,32	1,02	0,56

*Nota.* Registro de los datos de los aceites y grasas en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

Figura 12.

*Tiempo óptimo de aceites y grasas de los efluentes domésticos*



4.11. Las aguas residuales domésticas, del sector Chontamuyo, tratadas con el sistema de biofiltros, en 15 días, sin tratamiento tiene 8,3 de pH; con *Pistia stratiotes* pH 8; con *Lemna minor* 8,1; y, 7,6 con *P.stratiotes* y *L. minor*. En 30 días, sin tratamiento tiene pH 8,44; con *Pistia stratiotes* 7,88; con *Lemna minor* pH 7,88; y, pH 7,71 con *P.stratiotes* y *L. minor*. (Tabla 11, figura 13)

Tabla 11

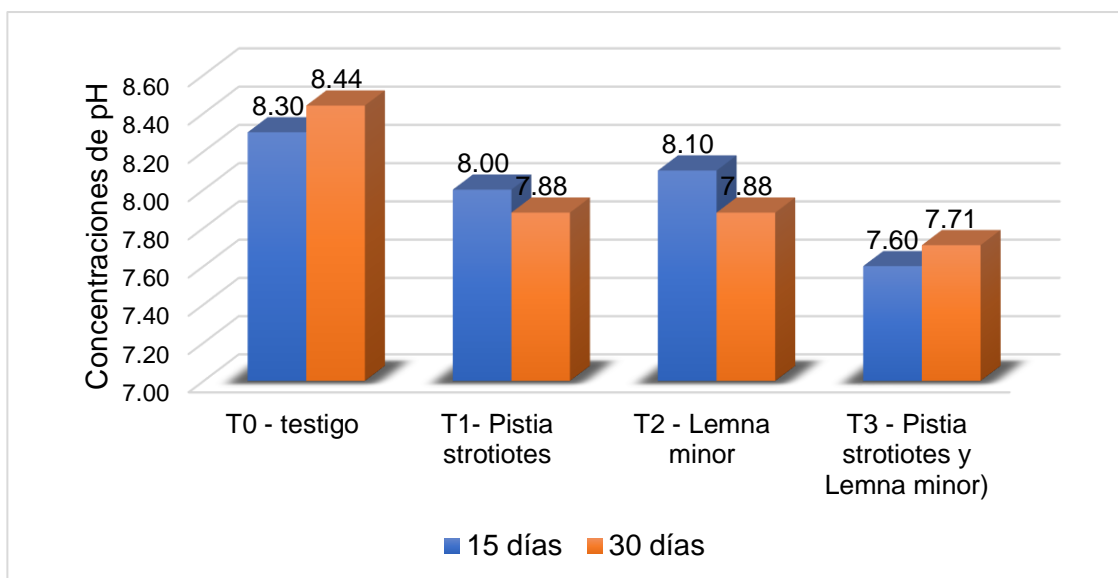
*pH por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

Evaluaciones (días)	pH (unidad de pH)			
	T0 - testigo	T1- <i>Pistia stratiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Lemna minor</i>
15	8,30	8,00	8,10	7,60
30	8,44	7,88	7,88	7,71

*Nota.* Registro de los datos del pH en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

Figura 13.

*Tiempo óptimo de pH de los efluentes domésticos*



4.12. Las aguas residuales domésticas, del sector Chontamuyo, tratadas con el sistema de biofiltros, en 15 días, sin tratamiento tiene 5,02 mg/L de DBO; con *Pistia strotiotes* DBO 4;96 mg/L con *Lemna minor* 4,23 mg/L; y, 3,56 mg/L con *P.stratiotes* y *L. minor*. En 30 días, sin tratamiento tiene DBO 4,06 mg/L; con *Pistia strotiotes* 3,09; con *Lemna minor* DBO 2,99 mg/L; y, DBO 2,02 mg/L con *P.stratiotes* y *L. minor*. (Tabla 12, figura 14).

Tabla 12

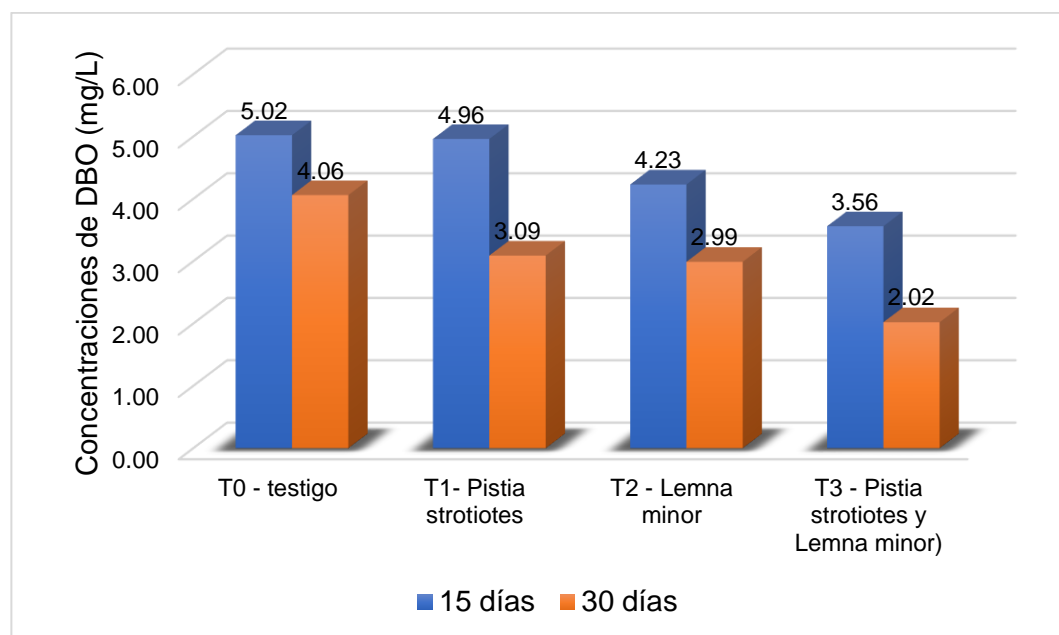
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

Evaluaciones (días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mg/L				
	T0 - testigo	T1- <i>Pistia strotiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia strotiotes</i> y <i>Lemna minor</i> )	
15	5,02	4,96	4,23	3,56	
30	4,06	3,09	2,99	2,02	

*Nota.* Registro de los datos de la DBO en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

Figura 14.

*Tiempo óptimo de DBO de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023*



4.13. Las aguas residuales domésticas, del sector Chontamuyo, tratadas con el sistema de biofiltros, en 15 días, sin tratamiento tiene 20,17 mg/L de DQO; con *Pistia strotiotes* DQO 19,60 mg/L con *Lemna minor* 18,20 mg/L; y, 14,30 mg/L con *P. strotiotes* y *L. minor*. En 30 días, sin tratamiento tiene DQO 19,56 mg/L; con *Pistia strotiotes* 14,60 mg/L; con *Lemna minor* DQO 12,40 mg/L; y, DQO 11,20 mg/L con *P. strotiotes* y *L. minor*. (Tabla 13, figura 15).

Tabla 13

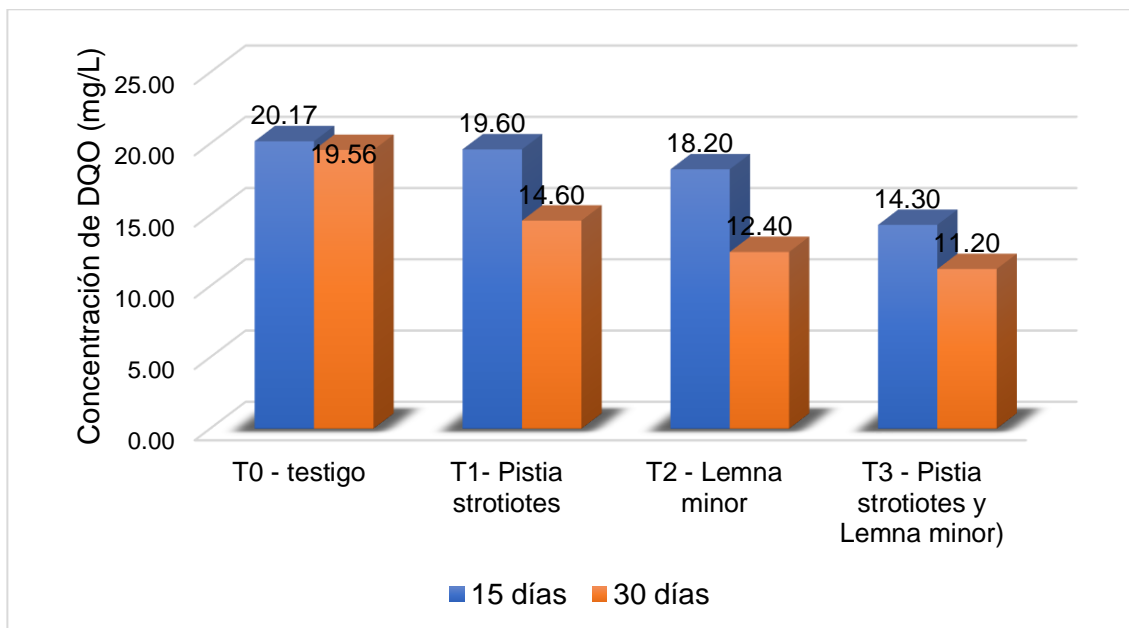
*Demanda Química de Oxígeno (DQO) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

Evaluaciones (días)	Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/L			
	T0 - testigo	T1- <i>Pistia strotiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia strotiotes</i> y <i>Lemna minor</i>
15	20,17	19,60	18,20	14,30
30	19,56	14,60	12,40	11,20

*Nota.* Registro de los datos de la DQO en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

Figura 15.

*Tiempo óptimo de DQO de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*



4.14. Las aguas residuales domésticas, del sector Chontamuyo, tratadas con el sistema de biofiltros, en 15 días, sin tratamiento tiene 899,70)  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de CE; con *Pistia strotiotes* CE 999,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con *Lemna minor* 863,30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; y, 926,70 con *P.stratiotes* y *L. minor*. En 30 días, sin tratamiento tiene CE 993,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; con *Pistia strotiotes* 1007,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; con *Lemna minor* CE 912,63  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; y, CE 942,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con *P.stratiotes* y *L. minor*. (Tabla 14, Figura 16)

Tabla 14

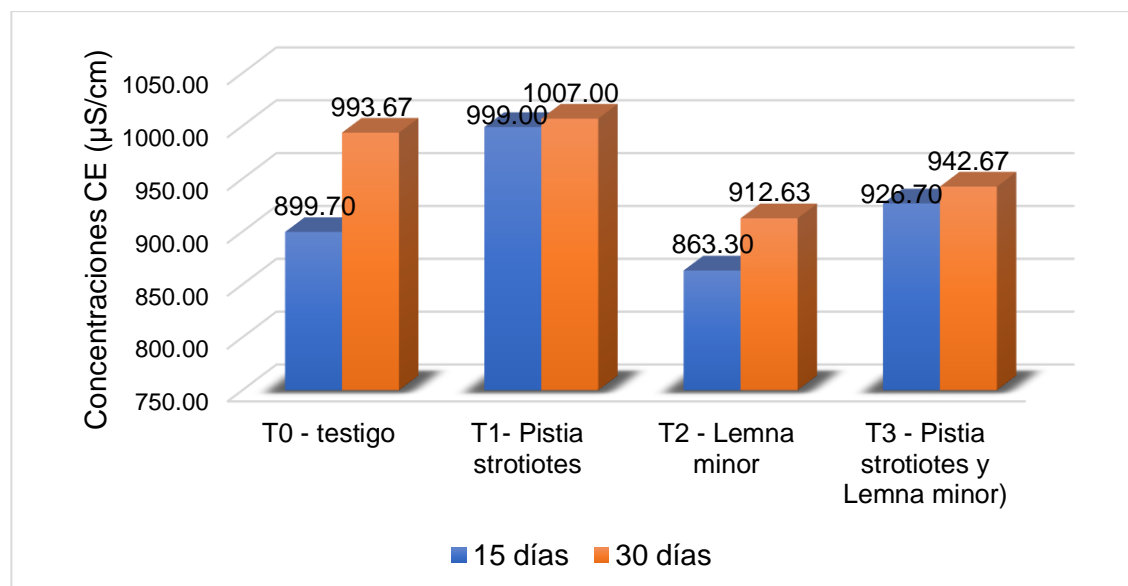
*Conductividad eléctrica (CE) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.*

Evaluaciones (días)	Conductividad eléctrica (CE) $\mu\text{S}/\text{cm}$			
	T0 - testigo	T1- <i>Pistia strotiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia strotiotes</i> y <i>Lemna minor</i>
15	899,70	999,00	863,30	926,70
30	993,67	1007,00	912,63	942,67

*Nota.* Registro de los datos de la CE en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

Figura 16.

Tiempo óptimo de CE de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023



4.15. Las aguas residuales domésticas, del sector Chontamuyo, tratadas con el sistema de biofiltros, en 15 días, sin tratamiento tiene 6,01 mg/L de OD; con *Pistia strotiotes* OD 5,70 mg/L con *Lemna minor* 5,20 mg/L; y, 4,90 mg/L con *P. stratiotes* y *L. minor*. En 30 días, sin tratamiento tiene OD 5,66 mg/L; con *P. stratiotes* 5,01 mg/L; con *Lemna minor* OD 4,66 mg/L; y, OD 3,36 mg/L con *P. stratiotes* y *L. minor*. (Tabla 15, figura 17)

Tabla 15

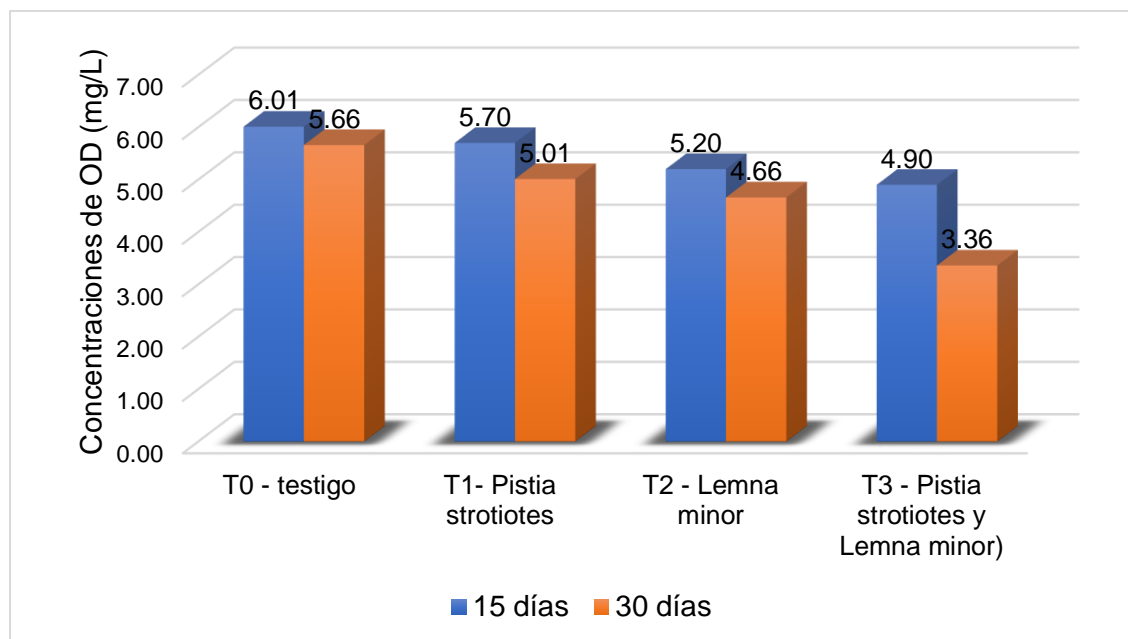
Oxígeno disuelto (OD) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.

Evaluaciones (días)	Oxígeno disuelto (OD) mg/L			
	T0 - testigo	T1 - <i>Pistia strotiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia strotiotes</i> y <i>Lemna minor</i>
15	6,01	5,70	5,20	4,90
30	5,66	5,01	4,66	3,36

Nota. Registro de los datos del OD en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

Figura 17.

Tiempo óptimo de OD de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023



4.16. Las aguas residuales domésticas, del sector Chontamuyo, tratadas con el sistema de biofiltros, en 15 días, sin tratamiento tiene 1072,00 mg/L de SDT; con *Pistia strotiotes* SDT 1001,56 mg/L con *Lemna minor* 962,30 mg/L; y, 876,30 mg/L con *P.stratiotes* y *L. minor*. En 30 días, sin tratamiento tiene SDT 1022,30 mg/L; con *Pistia strotiotes* 999,32 mg/L; con *Lemna minor* SDT 812,60 mg/L; y, SDT 653,01 mg/L con *P.stratiotes* y *L. minor*. (Tabla 16, figura 18)

Tabla 16

Sólidos disueltos totales (SDT) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.

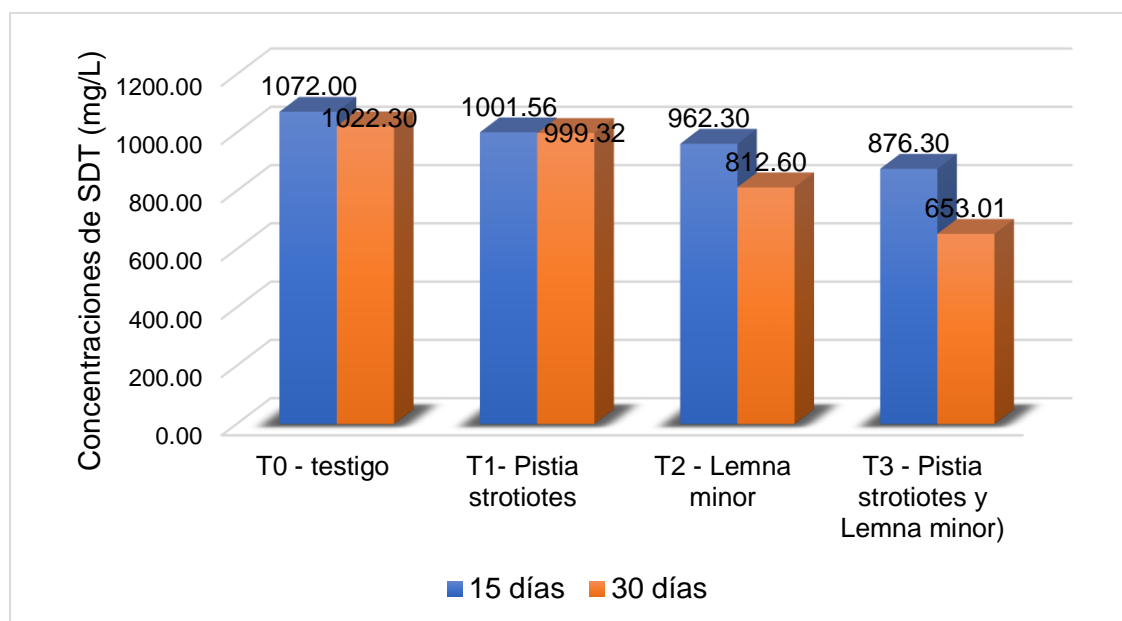
Evaluaciones (días)	Sólidos disueltos totales (SDT) mg/L			
	T0 - testigo	T1- <i>Pistia strotiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia strotiotes</i> y <i>Lemna minor</i>
15	1072,00	1001,56	962,30	876,30
30	1022,30	999,32	812,60	653,01

Nota. Registro de los datos de los SDT en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA



Figura 18.

Tiempo óptimo de SDT de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.



4.17. Las aguas residuales domésticas, del sector Chontamuyo, tratadas con el sistema de biofiltros, en 15 días, sin tratamiento tiene 25,10 mg/L de T; con *Pistia strotiotes* T 25;40 mg/L con *Lemna minor* 25,10 mg/L; y, 25,50 mg/L con *P.stratiotes* y *L. minor*. En 30 días, sin tratamiento tiene T 31,60 mg/L; con *Pistia strotiotes* 31,88 mg/L; con *Lemna minor* T 31,37 mg/L; y, T 31,99 mg/L con *P.stratiotes* y *L. minor*. (Tabla 17, figura 19)

Tabla 17

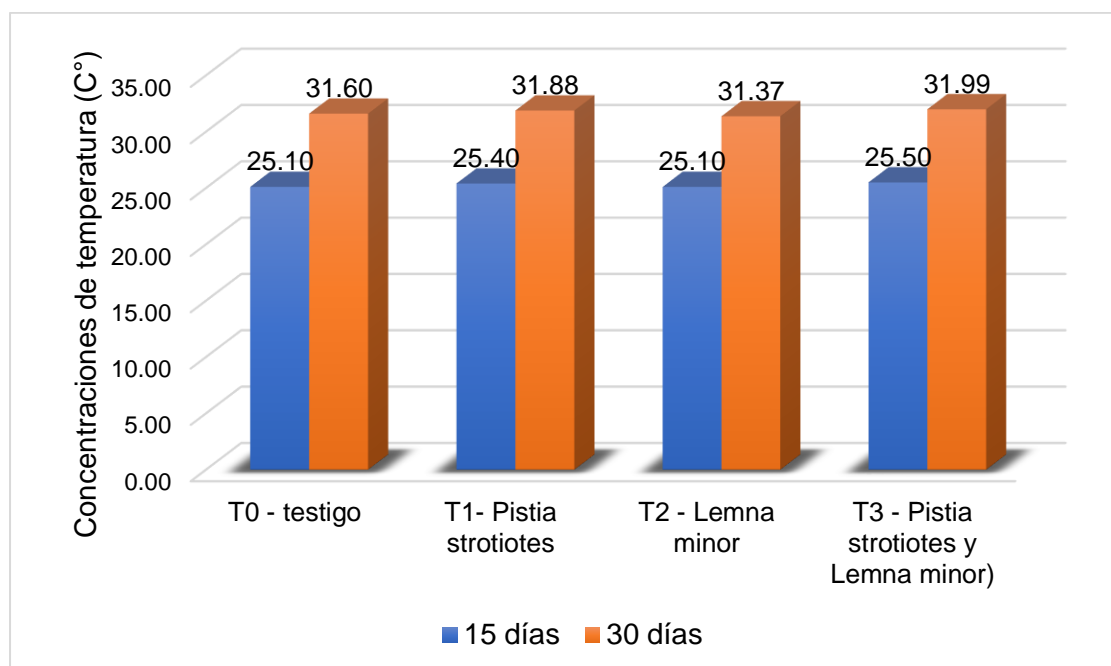
Temperatura (T°) por tiempo de remoción de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023.

Evaluaciones (días)	Temperatura (T°) mg/L			
	T0 - testigo	T1- <i>Pistia strotiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia strotiotes y Lemna minor)</i>
15	25,10	25,40	25,10	25,50
30	31,60	31,88	31,37	31,99

Nota. Registro de los datos de la temperatura en la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

Figura 19.

*Tiempo óptimo de temperatura de los efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023*



#### **Caracterización fisicoquímica de aguas tratadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo.**

4.18 Según el análisis de varianza (ANOVA) en la disminución de las características fisicoquímicas con *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*, se muestra alta significancia para aceites y grasas de 0.001 menor a  $p < 0.05$ ; no muestra significancia para el pH de 0.112 mayor a  $p < 0.05$ ; se muestra alta significancia para DBO de 0.002 menor a  $p < 0.05$ ; se muestra alta significancia para DQO de 0.000 menor a  $p < 0.05$ ; se muestra baja significancia para la conductividad eléctrica de 0.072 menor a  $p < 0.05$ ; se muestra poca significancia para oxígenos disueltos de 0.005 menor a  $p < 0.05$ , se muestra alta significancia para sólidos disueltos totales de 0.001 menor a  $p < 0.05$  y no se muestra significancia para la temperatura de 0.874 menor a  $p < 0.05$ . (Tabla 18).

Tabla 18

*Análisis de varianza en (ANOVA) de los parámetros fisicoquímicos con Pistia strotiotes y Lemna minor*

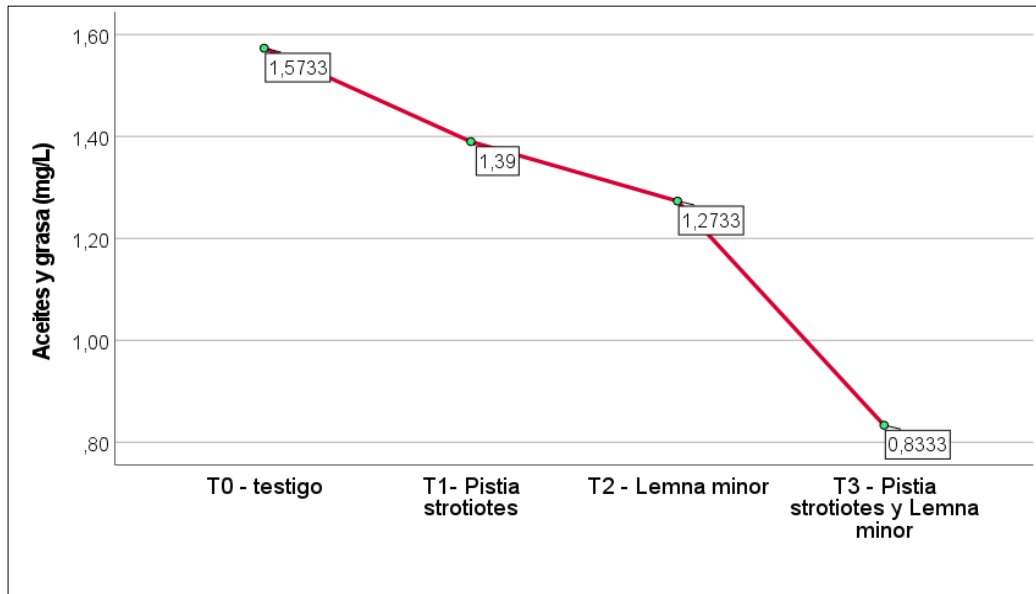
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
AyG	0,891	3	0,297	14,743	0,001
	0,161	8	0,020		
	1,052	11			
pH	0,838	3	0,279	2,758	0,112
	0,811	8	0,101		
	1,649	11			
DBO	5,498	3	1,833	12,575	0,002
	1,166	8	0,146		
	6,664	11			
DQO	78,401	3	26,134	113,043	0,000
	1,849	8	0,231		
	80,251	11			
CE	37976,502	3	12658,834	3,441	0,072
	29433,127	8	3679,141		
	67409,628	11			
OD	5,491	3	1,830	9,808	0,005
	1,493	8	0,187		
	6,984	11			
SDT	213842,118	3	71280,706	18,812	0,001
	30313,248	8	3789,156		
	244155,365	11			
Temperatura	1,331	3	0,444	0,228	0,874
	15,536	8	1,942		
	16,867	11			

*Nota.* Análisis de varianza en ANOVA de las características fisicoquímicas del agua residual doméstica tratada.

4,19. Mediante la prueba Post Hoc de análisis de medios, se descubrió que el mejor tratamiento con mayor remoción se encontró en T3: *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*, presentando las menores concentraciones de aceites y grasas de 0.83 mg/L respecto al tratamiento control y el resto de tratamientos con plantas fitorremediadoras. (Figura 20)

Figura 20.

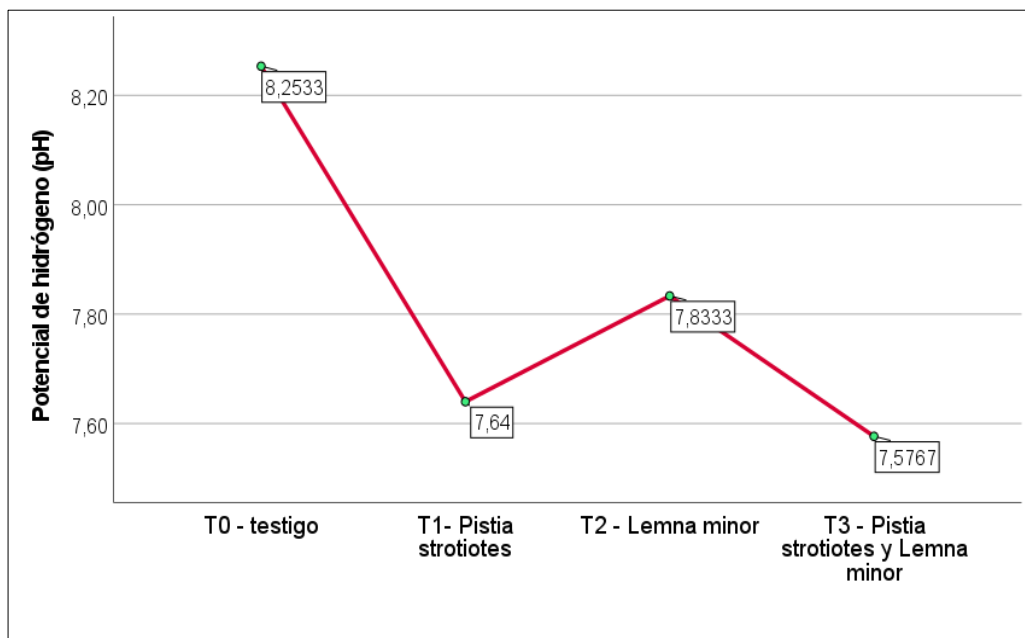
Análisis de medias en Tukey de los aceites y grasas



4.20. Mediante la prueba Post Hoc de análisis de medios, se descubrió que el mejor tratamiento con mayor estabilización de pH se encontró en T3: *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, presentando datos neutros del pH de 7,57 respecto al tratamiento control y el resto de tratamientos con plantas fitorremediadoras. (Figura 21)

Figura 21.

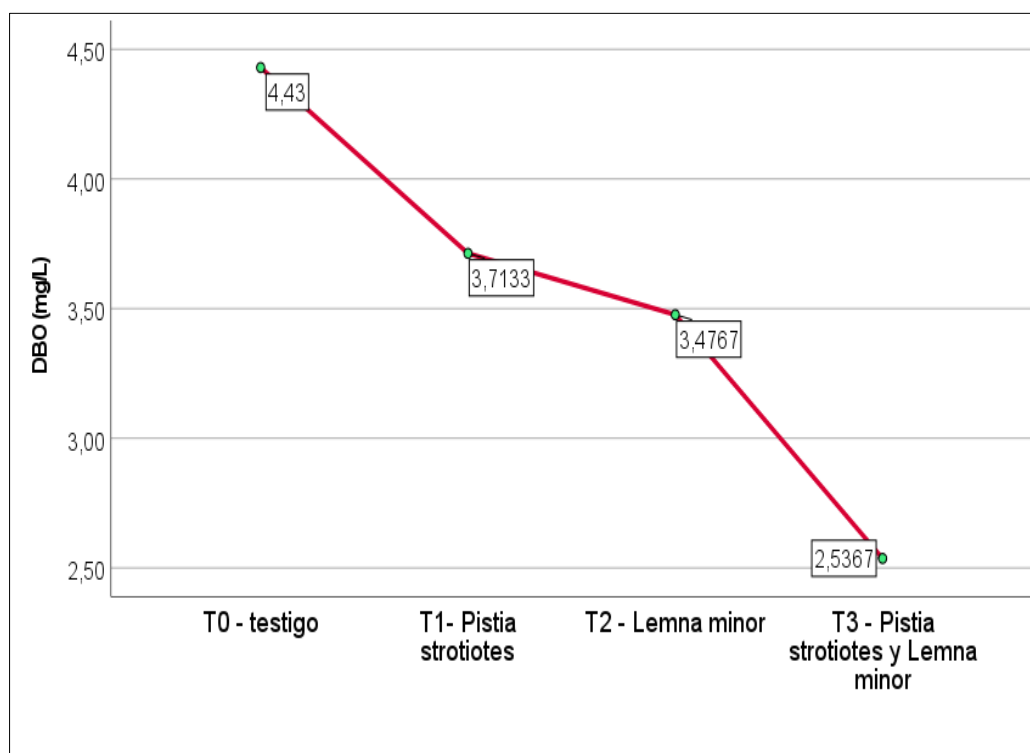
Análisis de medias en Tukey del pH



4.21 Mediante la prueba Post Hoc de análisis de medios, se descubrió que el mejor tratamiento con mayor remoción se encontró en T3: *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, presentando las menores concentraciones de la DBO de 2,53 mg/L respecto al tratamiento control y el resto de tratamientos con plantas fitorremediadoras. (Figura 22)

Figura 22.

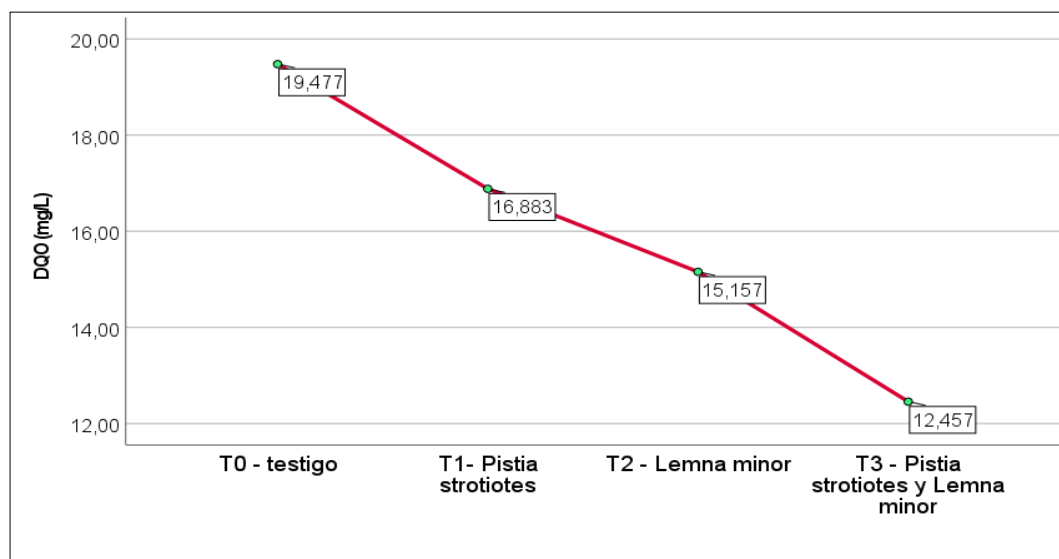
Análisis de medias en Tukey de la DBO



4.22 Mediante la prueba Post Hoc de análisis de medios, se descubrió que el mejor tratamiento con mayor remoción se encontró en T3: *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, presentando las menores concentraciones de la DQO de 12,46 mg/L respecto al tratamiento control y el resto de tratamientos con plantas fitorremediadoras. (Figura 23)

Figura 23.

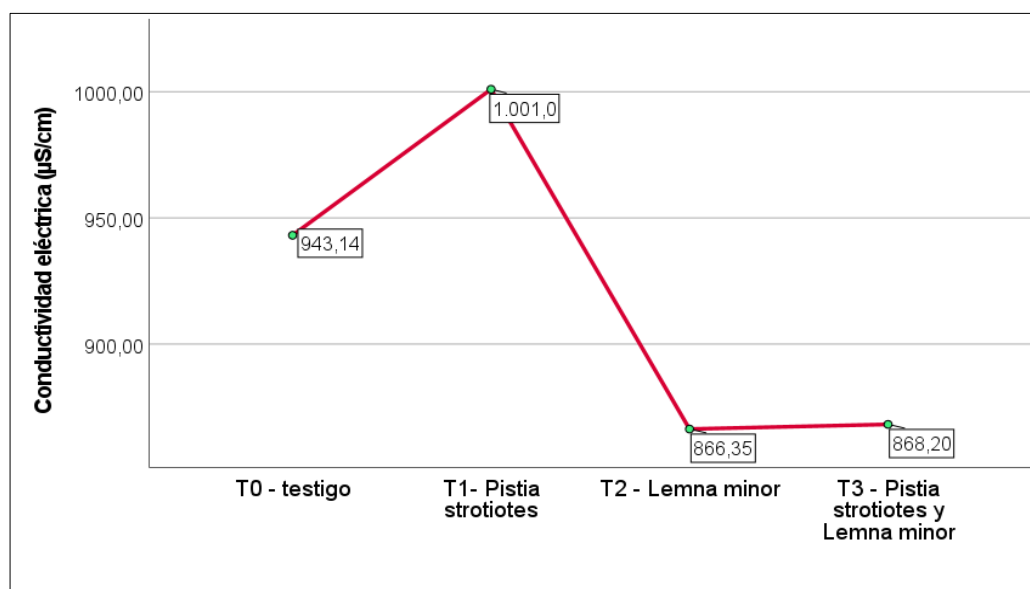
Análisis de medias en Tukey de la DQO



4.23. Mediante la prueba Post Hoc de análisis de medios, se descubrió que el mejor tratamiento con mayor remoción se encontró en T2: *Lemna minor*, presentando las menores concentraciones de la conductividad eléctrica de 866,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respecto al tratamiento control y el resto de tratamientos con plantas fitorremediadoras. (Figura 24)

Figura 24.

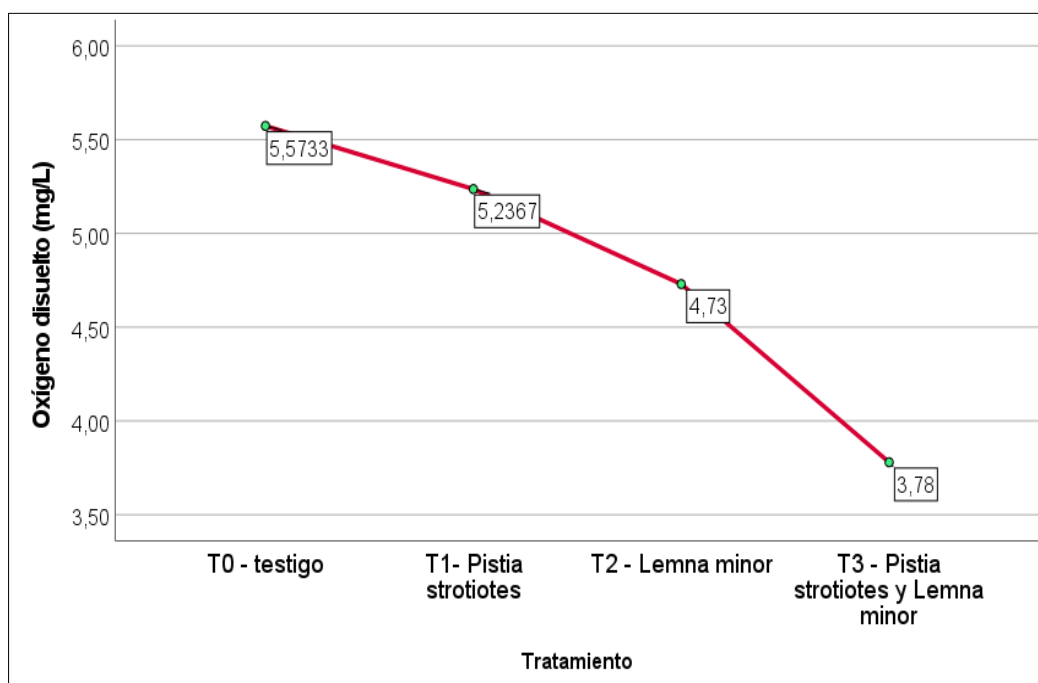
Análisis de medias en Tukey de la conductividad eléctrica



4.24. Mediante la prueba Post Hoc de análisis de medios, se descubrió que el mejor tratamiento con mayor remoción se encontró en T3: *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, presentando las menores concentraciones del oxígeno disuelto de 3,78 mg/L respecto al tratamiento control y el resto de tratamientos con plantas fitorremediadoras. (Figura 25)

Figura 25.

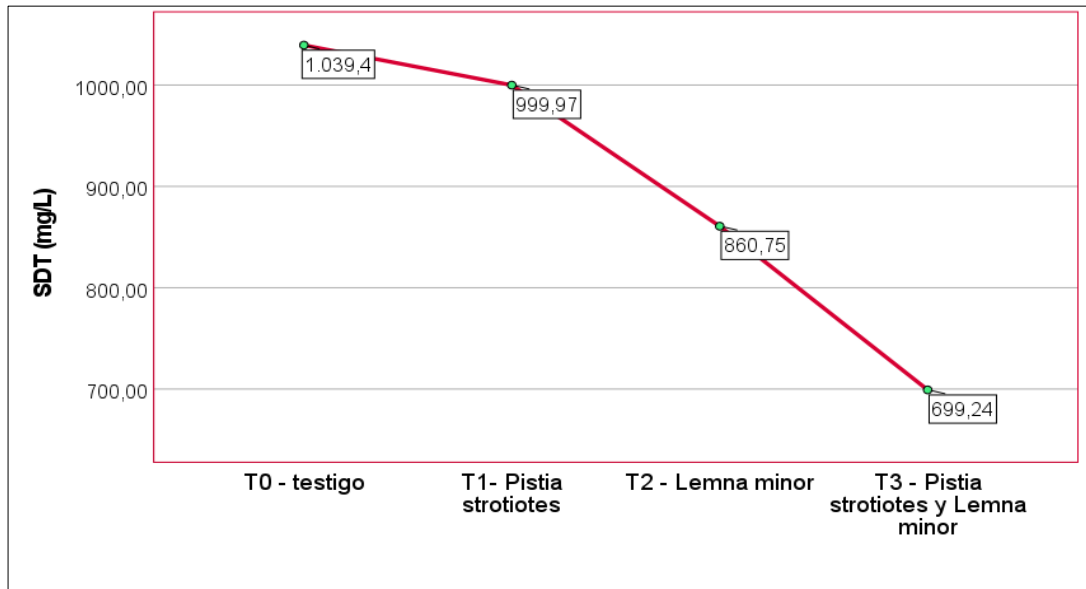
*Análisis de medias en Tukey del oxígeno disuelto*



4.25 Mediante la prueba Post Hoc de análisis de medios, se descubrió que el mejor tratamiento con mayor remoción se encontró en T3: *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, presentando las menores concentraciones de los sólidos disueltos totales de 699,24 mg/L respecto al tratamiento control y el resto de tratamientos con plantas fitorremediadoras. (Figura 26)

Figura 26.

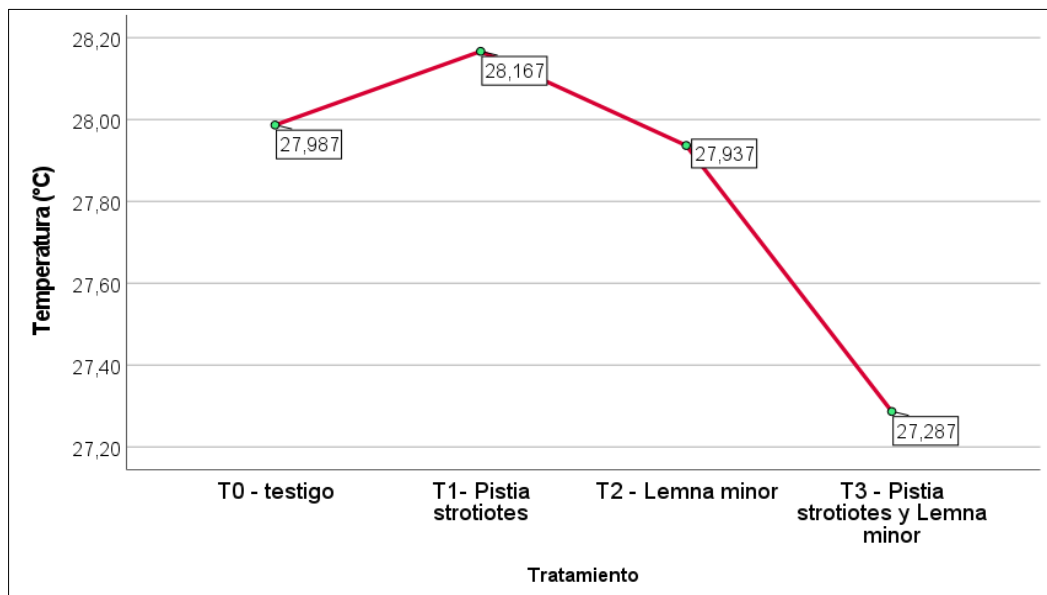
Análisis de medias en Tukey de los sólidos disueltos totales



4.26. Mediante la prueba Post Hoc de análisis de medios, se descubrió que el mejor tratamiento con mayor remoción se encontró en T3: *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, presentando la menor temperatura de 27,28 °C respecto al tratamiento control y el resto de tratamientos con plantas fitorremediadoras. (Figura 27)

Figura 27.

Análisis de medias en Tukey de la temperatura





## **Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo.**

4.27. Las aguas efluentes domésticos del sector Chontamuyo, distrito de La Banda de Shilcayo, Perú; Después de treinta días (30). La remoción de aceites y grasas en porcentaje en el tratamiento con plantas (T1= Pistia stratiotes) registró 10,97 %, en el tratamiento con plantas (T2= Lemna minor) registró 18,50 %, en el tratamiento con plantas (T3= Pistia strotiotes y Lemna minor) registró 37,93 %; La remoción de pH en porcentaje en el tratamiento con plantas (T1= Pistia strotiotes) registró 5,14 %, en el tratamiento con plantas (T2= Lemna minor) registró 4,54 %, en el tratamiento con plantas (T3= Pistia strotiotes y Lemna minor) registró 8,54 %; La remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en porcentaje en el tratamiento con plantas (T1= Pistia strotiotes) registró 11,34 %, en el tratamiento con plantas (T2= Lemna minor) registró 20,48 %, en el tratamiento con plantas (T3= Pistia strotiotes y Lemna minor)registró 38,55 %; La remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en porcentaje en el tratamiento con plantas (T1= Pistia strotiotes) registró 13,92 %, en el tratamiento con plantas (T2= Lemna minor) registró 22,98 %, en el tratamiento con plantas (T3= Pistia strotiotes y Lemna minor) registró 35,82 %; La remoción de la Conductividad eléctrica (CE) en porcentaje en el tratamiento con plantas (T1= Pistia strotiotes) registró 0 %, en el tratamiento con plantas (T2= Lemna minor) registró 6,20 %, en el tratamiento con plantas (T3= Pistia strotiotes y Lemna minor) registró 1,27 %; La remoción del Oxígeno disuelto (OD) en la remoción en el tratamiento con plantas (T1= Pistia strotiotes) registró 8,23 %, en el tratamiento con plantas (T2= Lemna minor) registró 15,51 %, en el tratamiento con plantas (T3= Pistia strotiotes y Lemna minor) registró 29,22 %; La remoción de los sólidos disueltos totales (SDT) en porcentaje en el tratamiento con plantas (T1= Pistia strotiotes) se registró 4,46 %, en el tratamiento con plantas (T2= Lemna minor) registró 15,25, en el tratamiento con plantas (T3= Pistia strotiotes y Lemna minor) registró 26,98 %; La remoción de la temperatura (T°) en porcentaje en el tratamiento con plantas

(T1= Pistia strotiotes) registró 0 %, en el tratamiento con plantas (T2= Lemna minor) registró 0,41 %, en el tratamiento con plantas (T3= Pistia strotiotes y Lemna minor) registró 0%. (Tabla 19; figuras 28; 29; 30)

Tabla 19

*Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímica de aguas tratadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo*

Parámetros	T1- <i>Pistia strotiotes</i>	T2 - <i>Lemna minor</i>	T3 - <i>Pistia strotiotes y Lemna minor</i>
Aceites y Grasas	10,97	18,50	37,93
pH	5,14	4,54	8,54
Demanda Bioquímica de Oxígeno	11,34	20,48	38,55
Demanda Química de Oxígeno	13,92	22,98	35,82
Conductividad eléctrica	0,00	6,20	1,27
Oxígeno disuelto	8,23	15,51	29,22
Sólidos disueltos totales	4,46	15,25	26,98
Temperatura	0,00	0,41	0,00

*Nota.* Registro de caracterización fisicoquímica del agua bajo la cadena de custodia del laboratorio EQUAS SA

Figura 28.

Porcentaje de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con *Pistia stratiotes* de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo

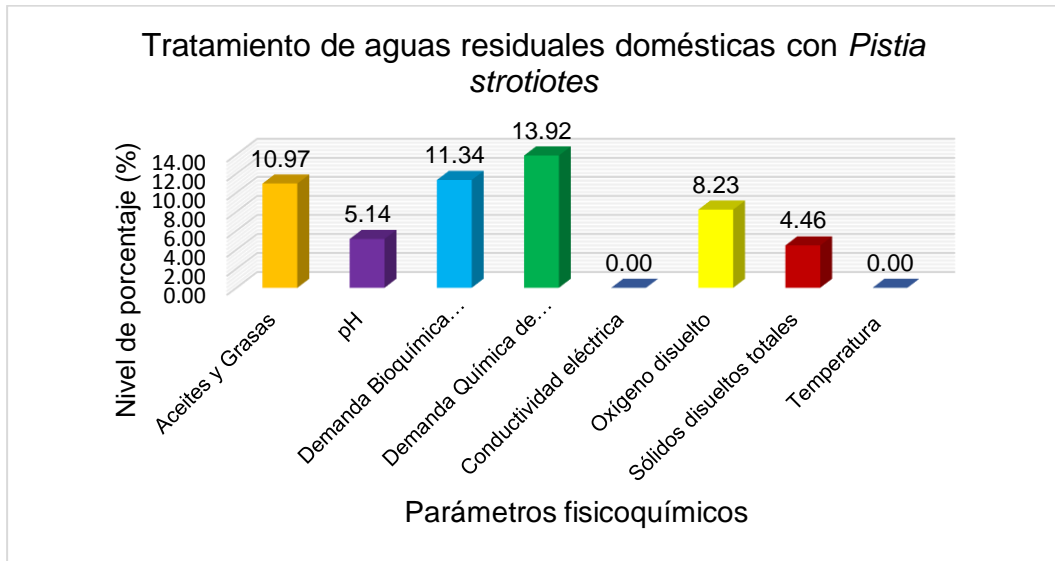


Figura 29.

Porcentaje de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con *Lemna minor* de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo.

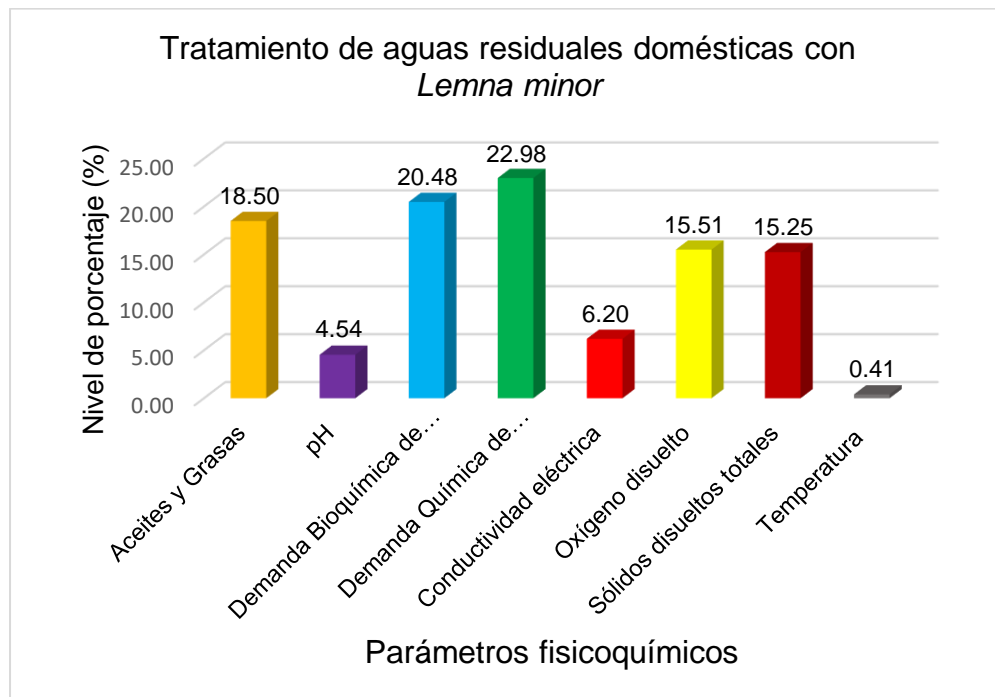
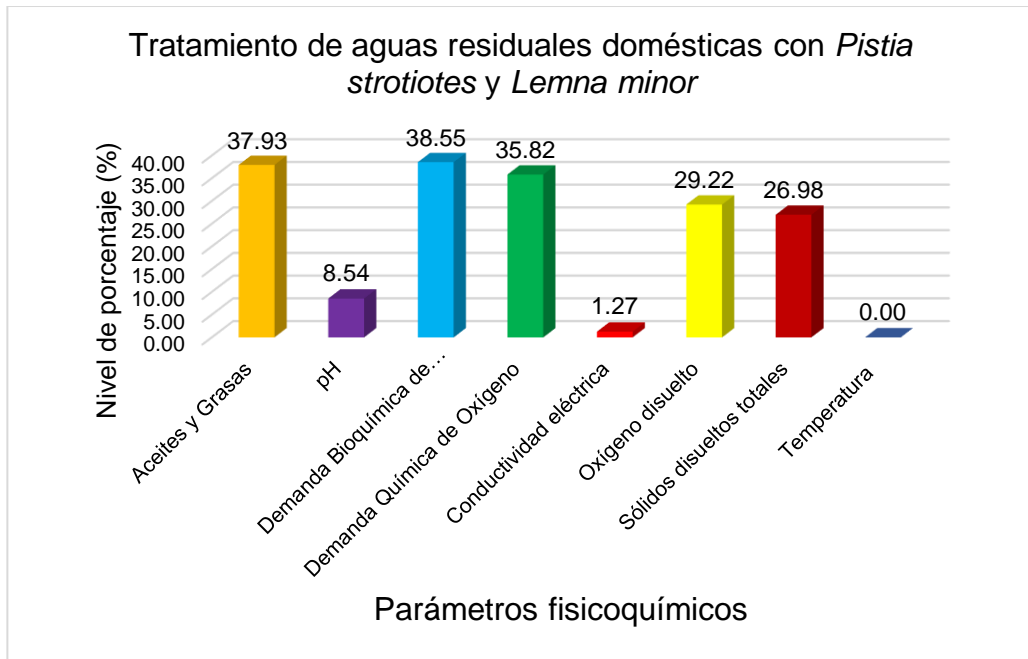


Figura 30.

Porcentaje de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con *Pistia strotiotes* y *Lemna minor* de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo.



## V. DISCUSIÓN

Las características fisicoquímicas iniciales del agua provenientes de efluentes domésticos de la Banda de Shilcayo, obtuvieron 1703,33  $\mu\text{S/cm}$  conductividad eléctrica, 2,67 mg/L aceites y grasas, 5,9 pH, 5,97 mg/L demanda bioquímica de oxígeno, una investigación similar de Balvin (2019) obtuvieron datos iniciales de las aguas servidas municipales de 1604,01  $\mu\text{S/cm}$  conductividad eléctrica, 5,85 mg/L aceites y grasas, 5,4 pH, y, 9,12 mg/L de la demanda bioquímica de oxígeno, las diferencias fueron evidentes con nuestra investigación ya que las aguas muestreadas pertenecen a industrias mineras y agrícolas. Asimismo, en nuestra investigación se obtuvieron 21,67 mg/L demanda química de oxígeno, 6,23 mg/L oxígeno disuelto, 1100 mg/L sólidos disueltos totales, 26,33 °C de temperatura de las aguas de efluentes domésticos de la Banda de Shilcayo. Igualado con la con la investigación similar realizada por Echevarria (2019) determinaron los parámetros de calidad de agua residuales de la planta de tratamiento, alcanzando para la demanda química de oxígeno  $361 \pm 113$  mg/L, 6,9 mg/L de oxígeno disuelto y 273 mg/L de sólidos disueltos totales. Además de su estudio Crombet et al., (2019) determinaron los parámetros fisicoquímicos con mayor impacto en las aguas residuales domésticas, con una temperatura de 26,9 °C, 7,34 pH, 69 NTU de turbidez, 253,7 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno, 80,60 mg/L demanda química de oxígeno, 649  $\mu\text{S/cm}$  conductividad eléctrica, 48,11 mg/L aceites y grasas, 673 mg/L sólidos totales, concentraciones identificadas en la comunidad universitaria Antonio Maceo en relación a nuestra investigación. Asimismo, en su estudio de Guillen (2020) las propiedades fisicoquímico de efluentes del lavado de lana de una industria textil en la ciudad de Arequipa los parámetros: con 22,6 °C de temperatura, 7,65 pH, 526,96 NTU turbidez, 608 mg/L sólidos totales suspendidos, 3,0 mg/L sólidos suspendidos, 51,9 mg/L de Aceites y Grasas, 619 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno, 1407,9 mg/L demanda química de oxígeno, datos sumamente altos a nuestra investigación, ya que

las aguas de industriales textiles son altamente contaminadas por los materiales e insumos que usan.

El tiempo óptimo del sistema de biofiltro para el tratamiento de agua contaminada proveniente de efluentes domésticos de la Banda Shilcayo muestra una alta significancia con diferencias estadísticas con  $p$  menor a 0.05 con la fuente de variación: tratamientos y a los 30 días alta significancia con valor de  $p < 0,00^{**}$ , y no es significativa en el resto de fuentes de variación. Además, el coeficiente de variación es del 8,25 % en el cual: aceites y grasas 0,56 mg/L, pH de 7,71, DBO de 2,02 mg/L, DQO de 11,20 mg/L, conductividad eléctrica de 942,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , oxígeno disuelto de 3,36 mg/L, SDT de 653,01 mg/L y temperatura de 31,99 °C, al comparar con una investigación con datos similares de Chen et al., (2020), en un tiempo de 30 días los lixiviados maduros de vertederos industriales lograron una eliminación de DBO alta de aproximadamente 90 % en 0,24 mg/L y relativamente alta de aceites y grasas de aproximadamente el 59 % y 76 %) de 2,01 mg/L. Asimismo en nuestra investigación se determinó que la demanda química de oxígeno (DQO) es de 11,20 mg/L; la conductividad eléctrica es 942,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; el oxígeno disuelto es 3,36 mg/L; el total de sólidos disueltos es 653,01 mg/L; la temperatura es 31,99 °C. Al relacionar su investigación de Cabrera et al., (2022) el tiempo de residencia de 25 días en trampas de grasa resultó una eficiencia de remoción del 97% para la DQO, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales; con el 8,24 mg/L de la DQO, 2,45 mg/L de OD y 2,58 mg/L de SDT. Asimismo, en su estudio de García et al., (2019) Utilizaron técnicas alternativas de remediación utilizando medios naturales (plantas), como proceso llamado fitorremediación fueron sometidos a contaminación controlada con DQO, DBO, OD y aceites y grasas durante 20 días, logrando la disminución más baja de 2,72 mg/L de la DQO, 0,88 mg/L de la DBO, 1,56 mg/L del OD y 1,36 mg/L de aceites y grasas, datos inferiores a investigación realizada por la cantidad de plantas utilizadas y microorganismos.

Posteriormente estudiaron las características fisicoquímicas de aguas tratadas de efluentes domésticos muestra una alta significancia de 0.000 menor a  $p < 0.05$ , en cuanto al T3: *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, donde

aceites y grasas fue de 0,83 mg/L, pH de 7,57, DBO de 2,53 mg/L, DQO de 12,46 mg/L, conductividad eléctrica de 866,35  $\mu$ S/cm, oxígeno disuelto de 3,78 mg/L, SDT de 699,24 mg/L y temperatura de 27,28 °C. Una investigación similar realizado por Meléndez et al., (2022) obtuvieron en las aguas grises tratadas de las características fisicoquímica se obtuvo en temperatura 20,5 °C, pH 7,6, turbidez 61,5, conductividad 975  $\mu$ S/cm, alcalinidad CO<sub>3</sub> no detectable, alcalinidad, HCO<sub>3</sub> 136 mg/L, dureza total CaCO<sub>3</sub> 389 mg/L, DQO 163 mg/L, DBO<sub>5</sub> 8 mg/L. También en el estudio de Bermúdez (2019) determinó los resultados de aguas tratadas aguas contaminadas de los siguientes parámetros DBO<sub>5</sub> 5090 mg/l, DQO 8080 mg/l, Nitratos 4,9 mg/l, S.S.T 85 mg/l, Turbidez 310 UNT, aceite y grasas 165 mg/l, pH 8,05, Coliformes 280000. Asimismo, en el estudio de Iturralde (2022) determinaron los parámetros de aguas tratadas, pH 6,51, color del agua residual 6,51 mg/L, sólidos totales Aumentó de 110,44 mg/L a 122,8 mg/L en el tratamiento de T1. Al tratarse con carbón activado T2, el contenido de sólidos aumentó de 110,44 mg/L a 111,03 mg/L; mientras que en T3 disminuyó ligeramente, de 110,44 mg/L a 105,7 mg/L. En la compostera María, el tratamiento con cenizas T1 redujo el contenido de sólidos totales de 145,54 a 135,4 mg/L; en T2 de 145,54 a 120,4 mg/L y en T3 de 145,54 a 100,70 mg/L. En el compostador Johanny ningún tratamiento reduce los sólidos totales, turbidez, redujo de 99,9 a 14 NTU en tratamiento T1. Por su parte, en T2 se redujo la turbidez a 13 NTU y en el tratamiento T3 la remoción fue hasta 10,33 NTU. Por su parte en la piladora Johanny la turbidez del agua residual disminuyó en T1 de 80,08 a 28 NTU, en T2 hasta 22,75 NTU y en T3 hasta 22 NTU.

De acuerdo al tratamiento de aguas de efluentes domésticos con biofiltro la remoción en porcentajes de los siguientes parámetros aceites y grasas, 10,97 % (T1= *Pistia strotiotes* ), 18,50% (T2= *Lemna minor*), 37,93% (T3= *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*); pH, 5,14% (T1= *Pistia strotiotes* ), 4,54% (T2= *Lemna minor*), 8,54% (T3= *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*); DBO de 11,34% (T1= *Pistia strotiotes*), 20,48 % (T2= *Lemna minor*), 38,55 % (T3= *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*); DQO, 13,92% (T1= *Pistia strotiotes*), 22,98%(T2= *Lemna minor*), 35,82% (T3= *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*);

Conductividad eléctrica, 0,00% (T1= *Pistia strotiotes* ), 6,20% (T2= *Lemna minor*), 1,27% (T3= *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*); Oxido disuelto, 8,24% (T1= *Pistia strotiotes*), 15,51% (T2= *Lemna minor*), 29,22 % (T3= *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*); Sólido disueltos totales, 4,46% (T1= *Pistia strotiotes*), 15,25% (T2= *Lemna minor*), 26,98 % (T3= *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*); Temperatura, 0,00% (T1= *Pistia strotiotes*), 0,41%(T2= *Lemna minor*), 0,00% (T3= *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*). Una investigación similar realizado por Hu et al., (2019), mencionan que mediante un filtro biológico basado en microelectrólisis la efectividad de eliminación de contaminantes de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TN y DQO fue un porcentaje de 97,6 %, 86,9 % y 85,3 %, respectivamente, en el IBMC lleno de EABF con OD de 3,5 mg L<sup>-1</sup>, TRH de 12 h. También en un estudio realizado por Tejedor et al., (2020) mencionan que realizaron un estudio mediante el uso de cascara de maní y astillas de madera en un sistema biofiltro, obteniendo una reducción de contaminantes de alcanzaron eficiencias de reducción de materia orgánica cercanas al 80% (medido como DQO), y entre 40 y 63% (medido como VS). Asimismo, en su estudio de Chacón et al., (2019), Obtuvieron una remoción de DBO<sub>5</sub> = 14,7 %, pH = 13,4 %, ST = 23,31 %, OD = 10,84 % con una duración de remoción orgánica de 7 días mediante un biofiltro utilizando hongos tipos levadura *Saccharomyces cerevisiae*.



## VI. CONCLUSIONES

Las características fisicoquímicas iniciales del agua proveniente de efluentes domésticos, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, alcanzó un alto nivel de concentraciones de 1703,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de CE, 2,67 mg/L de aceites y grasas, 5,9 pH, 5,97 mg/L de DBO, 21,67 mg/L de DQO, 6,23 mg/L de OD, 1100 mg/L de SDT, 26,33 °C de temperatura.

El tiempo óptimo del sistema de biofiltro para el tratamiento de agua contaminada mostró una alta significancia con diferencias estadísticas con  $p$  menor a 0.05 con la fuente de variación: tratamientos y a los 30 días alta significancia con valor de  $p < 0,00^{**}$ , y no es significativa en el resto de fuentes de variación. Además, el coeficiente de variación fue del 8,25 %.

Las características fisicoquímicas de aguas tratadas de efluentes domésticos muestran una alta significancia de 0.000 menor a  $p < 0.05$ , en cuanto al T3: *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*, donde aceites y grasas fue de 0,83 mg/L, pH de 7,57, DBO de 2,53 mg/L, DQO de 12,46 mg/L, conductividad eléctrica de 866,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , oxígeno disuelto de 3,78 mg/L, SDT de 699,24 mg/L y temperatura de 27,28 °C.

Los sistemas de biofiltros con *Pistia strotiotes* y *Lemna minor*, han permitido el tratamiento del agua, procedente de efluentes domésticos, mejorando sus parámetros fisicoquímicos, aceptando la hipótesis con nivel de significancia de  $p = 0.00$  menor que  $p < 0.05$ .

## VII. RECOMENDACIONES

Las autoridades locales del distrito Banda de Shilcayo del área de manejo ambiental realizan monitoreos constantes de las características fisicoquímicas del agua de efluentes domésticos, Chontamuyo, ya que son un foco infeccioso para la microcuenca del río Shilcayo y la salud de las personas.

A los futuros investigadores fijar un tiempo distinto a los 30 días de tratamiento para un mejor funcionamiento del sistema de biofiltro con *Pistia strotiotes* y *Lemna minor* en el tratamiento de aguas contaminadas de efluentes domésticos, Banda de Shilcayo.

A los estudiantes de las diferentes casas de estudio proponer otros sistemas de tratamiento para reducir la caracterización fisicoquímica del agua efluente domiciliaria, Banda de Shilcayo, ya que es uno de los problemas más evidentes en la actualidad.

## REFERENCIAS

- ALINEZHAD, Ebrahim et al., 2019. Technical and economic investigation of chemical scrubber and biofiltration in removal of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> from wastewater treatment plant. *Journal of Environmental Management* [en línea] Irán: Sciencedirect, Vol. 241, pp. 32–43 [Consulta: 12 de mayo del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.003>
- ATHANASIOS, Bezirgiannidis, et al., 2019. Combined chemically enhanced primary sedimentation and biofiltration process for low cost municipal wastewater treatment. *Journal of Environmental Science and Health* [en línea] Grecia: Taylor & Francis Online, Vol. 54. No. 12, pp. 1227 – 1232 [Consulta: 09 de noviembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10934529.2019.1633842>
- BALVIN SAAVEDRA, Ingrid, 2019. Biofiltro Con Eneas (*Typha* Spp.) Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas De La Institución Educativa Colegio Nacional Mixto Huaycan, Ate- 2018. [en línea] Tesis para optar por el título profesional de Ingeniera Ambiental. Universidad Alas Peruanas. [Consulta: 04 de mayo del 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12990/7672>
- CHACÓN ZOLANO, Edwin et al. 2019. Análisis de la eficiencia de un biofiltro a base de levadura *Saccharomyces Cerevisiae* y piedras pómez para la remoción de DBO<sub>5</sub> en agua residuales domésticas en el AA.HH. Primavera en Carabayllo, 2019. [en línea] Trabajo de investigación para obtener el grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental. Universidad Cesar Vallejo. [Consulta: 04 de mayo del 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35624>
- CHEN, Dan et al., 2021. Removal efficiency, kinetic, and behavior of antibiotics from sewage treatment plant effluent in a hybrid constructed wetland and a layered biological filter. *Journal of Environmental Management* [en línea] China: Sciencedirect, Vol, 288. [Consulta: 14 de noviembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112435>
- CHEN, Weiming et al., 2020. Recovery of efficient treatment performance in a semi-aerobic aged refuse biofilter when treating landfill leachate: Washing action using domestic sewage. *Chemosphere* [en línea] China: Sciencedirect, Vol.

245. [Consulta: 04 de mayo del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125618>
- DACEWICZ, Ewa, 2019. The Application of Biofiltration with Polyurethane Foams for Domestic Sewage Treatment. *Journal of Ecological Engineering* [en línea] Polonia: JEE, Vol. 20, No. 2, pp. 11 - 140 [Consulta: 14 de noviembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.12911/22998993/96342>
- DENG, Shengjiong, CHEN, Jinquan y CHANG Junjun, 2021. Application of biochar as an innovative substrate in constructed wetlands/biofilters for wastewater treatment: Performance and ecological benefits. *Journal of Cleaner Production* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 293 [Consulta: 24 de octubre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126156>
- DÍAZ SANJUAN, Lidia, 2011. La Observación. *Método Clínico* [en línea] Universidad Nacional Autónoma De México [01 de mayo del 2023] Disponible en: [https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La\\_observacion\\_Lidia\\_Diaz\\_Sanjuan\\_Texto\\_Apoyo\\_Didactico\\_Metodo\\_Clinico\\_3\\_Sem.pdf](https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf)
- DORJI, Ugyen, et al., 2019. Wastewater management in urban Bhutan: Assessing the current practices and challenges. *Process Safety and Environmental Protection* [en línea] Buthan: Sciencedirect, Vol. 132, pp. 82 – 93. [Consulta: 15 de octubre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.09.023>
- ECHEVERRIA, Ivette et al. 2019. *Domestic Wastewater Treated by Anaerobic Baffled Reactors and Gravel Filters as a Resource to be used in Agriculture. Inv. y Des.* [en línea] Cochabamba: Scielo, Vol.19, No.1, pp. 63 – 72 [Consulta: 23 de octubre del 2023] Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312019000100005](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312019000100005)
- FU, Jie, et al., (2019). Removal of pharmaceuticals and personal care products by two-stage biofiltration for drinking water treatment. *Science of The Total Environment* [en línea] China: PubMed: Vol, 664, pp. 240 – 248 [Consulta:

- 03 de julio del 2023] Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30743118/>
- FU, Jiahao et al., 2019. Establishment and efficiency analysis of a single-stage denitrifying phosphorus removal system treating secondary effluent. *Bioresource Technology* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 288. [Consulta: 03 de julio del 2023] Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121520>
- GARCÍA-SÁNCHEZ, Liliana, 2019. Assessment of a Ficus benjamina wood chip-based aerated biofilter used for the removal of metformin and ciprofloxacin during domestic wastewater treatment. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* [en línea] Mexico: Wiley online Library. Vol. 94, No. 6, pp. 1870 – 1879 [Consulta: 13 de noviembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jctb.5962>
- HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Osvaldo, 2021. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Rev Cubana Med Gen Integr* [en línea] Cuba: Scielo, Vol. 37, No. 3. [Consulta: 02 de diciembre del 2023] Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21252021000300002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002)
- HONG, Yongyuan et al., 2019. Enhanced nitrogen removal in the treatment of rural domestic sewage using vertical-flow multi-soil-layering systems: Experimental and modeling insights. *Journal of Environmental Management* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 240, pp. 273 – 284 [Consulta: 23 de noviembre del 2023] Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.097>
- HU, Zhifeng et al., 2019. Highly-efficient nitrogen removal from domestic wastewater based on enriched aerobic/anoxic biological filters and functional microbial community characteristics. *Journal of Cleaner Production* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 238. [Consulta: 12 de noviembre del 2023] Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117867>
- HUANG, Xiaozhong et al., 2022. Simultaneous partial nitrification, anammox, and denitrification process for the treatment of simulated municipal sewage in a single-stage biofilter reactor. *Chemosphere* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 287, Part. 1 [Consulta: 13 de octubre del 2023] Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131974>

- ITURRALDE Xavier, y HERNÁNDEZ Arturo, 2022. Biofiltration of wastewater from rice industries in San Jacinto de Yaguachi, Ecuador. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* [en línea] Ecuador: Dialnet, Vol. 5. [Consulta: 13 de octubre del 2023] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9016365>
- JIANG, Wenwen et al., 2019. Temporal bacterial community succession during the start-up process of biofilters in a cold-freshwater recirculating aquaculture system. *Bioresource Technology* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 287 [Consulta: 23 de Agosto del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121441>
- JUCHERSKI, Andrzej, et al., 2019. Technological reliability of domestic wastewater purification in a small Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR). *Separation and Purification Technology* [en línea] Polonia: Sciencedirect, Vol. 224, pp. 340 – 347. [Consulta: 23 de agosto del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.05.024>
- KAETZL, Korbinian et al., 2019. On-farm wastewater treatment using biochar from local agroresidues reduces pathogens from irrigation water for safer food production in developing countries. *Science of The Total Environment*. [en línea] Alemania: Sciencedirect, Vol. 682, pp. 601 – 610 [Consulta: 24 de octubre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.142>
- LI, Yingying et al., 2019. Pilot-scale application of sulfur-limestone autotrophic denitrification biofilter for municipal tailwater treatment: performance and microbial community structure. *Bioresource Technology* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 300 [Consulta: 13 de noviembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122682>
- LIN, Ziyuan et al., 2019. Singlestage denitrifying phosphorus removal biofilter utilizing intracellular carbon source for advanced nutrient removal and phosphorus recovery. *Bioresource Technology* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 277, pp. 27–36 [Consulta: 02 de mayo del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.025>

- LU, Wenkang et al., 2021. Achieving advanced nitrogen removal in a novel partial denitrification/anammox-nitrifying (PDA-N) biofilter process treating low C/N ratio municipal wastewater. *Bioresource Technology* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 340 [Consulta: 24 de octubre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125661>
- LUCAS ABAD, Jhan (2020) *Tratamiento de aguas grises domesticas mediante un sistema de biofiltros en la urbanización de José Carlos Mariátegui S.J.L en el año 2017*. [en línea] Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Perú: Universidad Cesar Vallejo. [Consulta: 13 de octubre del 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34807>
- PARUCH, Adam et al., 2019. Green wastewater treatment technology for agritourism business in Romania. *Ecological Engineering* [en línea] Rumania: Sciencedirect, Vol. 138, pp. 133 – 137. [Consulta: 04 de diciembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.005>
- RAMÍREZ-VARGAS, Carlos A. et al., 2019. Electroactive biofilm-based constructed wetland (EABB-CW): A mesocosm-scale test of an innovative setup for wastewater treatment. *Science of The Total Environment*, [en línea] Dinamarca: Sciencedirect, Vol. 659, pp. 796–806. [Consulta: 21 de noviembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.432>
- REN, Baiming, et al. 2019 Current Status and Outlook of Odor Removal Technologies in Wastewater Treatment Plant. *Waste Biomass Valor* [en línea] Irlanda, Springerlink: Vol.10, pp.1443 – 1458. [Consulta: 09 de diciembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0384-9>
- SAEED, Tanveer et al., 2019. Two-stage constructed wetland systems for polluted surface water treatment. *Journal of Environmental Management* [en línea] Bangladesh: Sciencedirect, Vol. 249 [Consulta: 14 de noviembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109379>
- SINGH, Rajneesh et al., 2019. Vermifiltration as a sustainable natural treatment technology for the treatment and reuse of wastewater: A review. *Journal of Environmental Management* [en línea] India: Sciencedirect, Vol. 247, pp. 140–151. [Consulta: 04 de mayo del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.075>

- SOHAIR I. Abou-Elela et al., 2019. Decentralized wastewater treatment using passively aerated biological filter. *Environmental Technology* [en línea] Egipto: Taylor and Francis online, Vol. 40, No.2, pp.250 – 260. [Consulta: 03 de mayo del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1385648>
- TEJEDOR, Jennifer, 2019. *Estudio del comportamiento de Eisenia foetida y Schoenoplectus californicus en biofiltros de cáscara de maní para el tratamiento de aguas residuales domésticas*. [en línea] Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Escuela Politecnica Nacional. [Consulta: 23 de noviembre del 2023] Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20430>
- THAKUR, Indu Shekar, y MEDHI, Kristina, 2019. Nitrification and denitrification processes for mitigation of nitrous oxide from waste water treatment plants for biovalorization: challenges and opportunities. *Bioresource Technology*. [en línea] India: Sciencedirect, Vol. 282, pp. 502 – 513. [Consulta: 03 de mayo del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.069>
- VELASCO, F., MOLANO, A., y PRAMPARO, L. 2019. Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas para la remoción de carga orgánica en industria de bebidas no alcohólicas. *Entre Ciencia e Ingeniería* [en línea] Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, Vol.13, No. 26, pp. 17-26.
- VERGARA TINEO, Rosa. 2021. *Diseño De Biofiltros Para Mejorar El Manejo De Aguas Residuales Domésticas*. [en línea] Tesis para optar el título profesional de: Ingeniera Ambiental. Perú: Universidad Privada del Norte [Consulta: 23 de octubre del 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/28629>
- WAŁĘGA, Andrzej, CHMIEŁOWSKI, Krzysztof, MŁYŃSKI, Dariusz. 2019. Nitrogen and Phosphorus Removal from Sewage in Biofilter – Activated Sludge Combined Systems. *Polish Journal of Environmental Studies* [en línea] Polonia, Vol. 28, No. 3, pp. 1939 – 1947. [Consulta: 04 de mayo del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.15244/pjoes/89898>
- YAMASHIRO, Sandra et al., 2019. Giardia spp. And Cryptosporidium spp. removal efficiency of a combined fixed-film system treating domestic wastewater receiving hospital effluent. *Environ Sci Pollut Res* [en línea] Brasil:



Springerlink, Vol. 26, pp. 22756–22771 [Consulta: 23 de noviembre del 2023]

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05500-8>

ZHANG, Liang et al., 2019. Enhanced removal of pharmaceuticals in a biofilter:

Effects of manipulating co-degradation by carbon feeding. *Chemosphere* [en línea] China: Sciencedirect, Vol. 236 [Consulta: 04 de mayo del 2023]

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.034>

# ANEXOS

## Anexo 1:

### Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN DEL CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>Independiente:</b> Efecto de un sistema de biofiltros	Los biofiltros son dispositivos utilizados para la remoción de contaminantes en el agua. Su uso contribuye a evitar la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, causada por verter directamente el agua residual. (García et al. 2019)	Se realizó la construcción del sistema de biofiltros para la disminución de contaminantes presentes en aguas de efluentes domésticos. Se obtuvo evaluaciones de manera quincenal.	Sistema de biofiltros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biofiltro -<i>Pistia stratiotes</i></li> <li>Biofiltro -<i>Lemna minor</i></li> <li>Biofiltro -<i>Pistia stratiotes</i> y <i>Lemna minor</i></li> </ul>	Nominal
			Tiempo optimo del sistema de biofiltro	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 días</li> <li>15 días</li> <li>30 días</li> </ul>	Razón
<b>Dependiente:</b> Tratamiento de agua de efluentes domésticos	Es la recolección del agua residual a través de fosas sépticas en las cuales se realiza el primer paso de depuración. En esta parte del proceso se da un efecto anaeróbico para asentar los residuos sólidos presentes que facilita su filtrado posterior. (Vergara, 2021)	Se realizó análisis iniciales y finales del agua de efluentes domésticos para determinar la eficiencia del sistema de biofiltros en cuanto a la disminución de concentración de contaminantes.	Características fisicoquímicas iniciales del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>OD</li> <li>Temperatura</li> <li>pH</li> <li>CE</li> <li>Aceites y grasas</li> <li>DBO</li> <li>DQO</li> <li>SDT</li> </ul>	Intervalo

			<p>Características fisicoquímicas finales del agua</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• OD</li><li>• Temperatura</li><li>• pH</li><li>• CE</li><li>• Aceites y grasas</li><li>• DBO</li><li>• DQO</li><li>• SDT</li></ul>	<p>Intervalo</p>
--	--	--	--	---	------------------

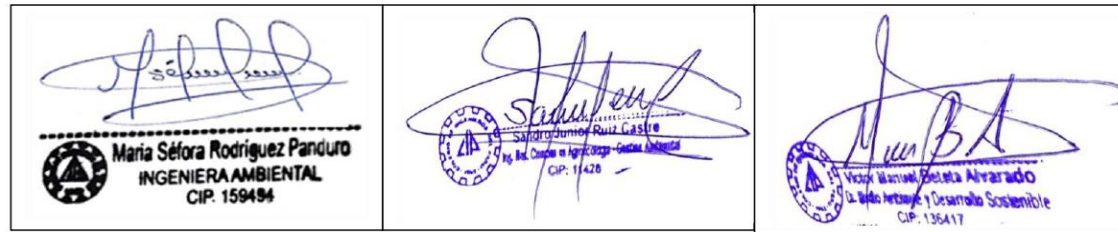
**Anexo 2:**

**Instrumentos de recolección de datos: Parámetros físicos/químicos del agua**

LUGAR DE ESTUDIO: .....RESPONSABLE POR: .....

FECHA: .....

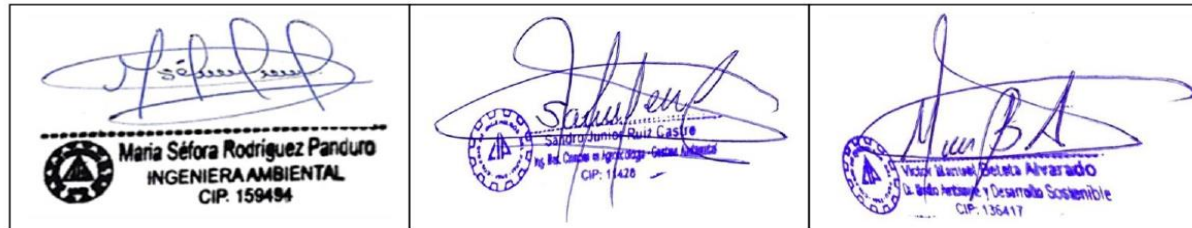
"Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023 "											
Tiempo de evaluaciones	Coordenadas		Características fisicoquímicas iniciales del agua								Observaciones
	Norte	Este	OD	Temperatura	pH	CE	AyG	DBO	DQO	SST	
M-01											
M-02											
M-03											



LUGAR DE ESTUDIO: .....RESPONSABLE POR: .....

FECHA: .....

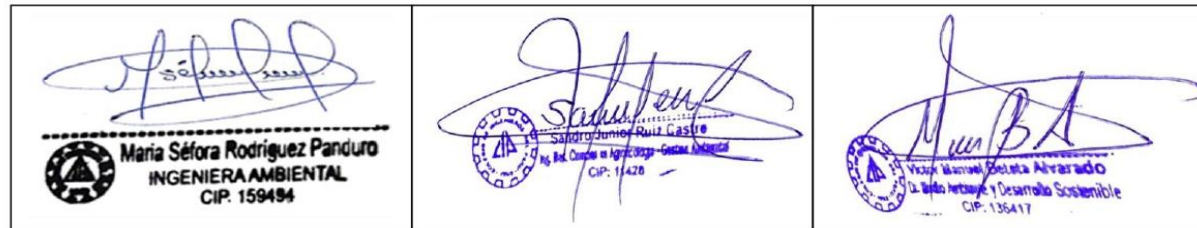
"Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023 "												
Tiempo de evaluaciones	Coordenadas		Características fisicoquímicas del agua residual domésticas a 15 días								Observaciones	
	Norte	Este	OD	Temperatura	pH	CE	AyG	DBO	DQO	SST		
BF01- testigo												
BF02- <i>Pistia strotiotes</i>												
BF02- <i>Lemna minor</i>												
BF02- <i>Pistia strotiotes</i> <i>Lemna minor</i>												



LUGAR DE ESTUDIO: .....RESPONSABLE POR: .....

FECHA: .....

"Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023"											
Tiempo de evaluaciones	Coordenadas		Características fisicoquímicas del agua residual domésticas a 30 días								Observaciones
	Norte	Este	OD	Temperatura	pH	CE	AyG	DBO	DQO	SST	
BF01- Testigo											
BF02- <i>Pistia strotiotes</i>											
BF03- <i>Lemma minor</i>											
BF04- <i>Pistia strotiotes</i> <i>Lemma minor</i>											



## Anexo 3:

### Juicio de expertos

#### CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023

Señor (a)

Msc. MARIA SÉFORA RODRIGUEZ PANDURO

Presente

Asunto: **Evaluación de instrumento**

La presente para expresarles nuestro cordial saludo e informarle que estamos desarrollando y elaborando mi tesis titulada: **“Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023”**, a fin de optar el grado o título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estamos desarrollando un estudio en el cual se incluye instrumentos de recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito tenga a bien realizar la validación de este instrumento de investigación, que adjunto los siguientes resultados, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

.....  
Paredes Pérez, Keyssi Maylee  
DNI: 73760251

.....  
Sandoval Sandoval, Alanis Kiara  
DNI: 71882060

## CONSTANCIA

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: **“Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023”**, de las autoras Paredes Pérez, Keyssi Maylee y Sandoval Sandoval, Alanis Kiara; estudiantes de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo aplicada, que realizarán a través de la recolección de información de los experimentos y análisis de ensayos en laboratorio, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables de la investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023



Maria Sefora Rodriguez Panduro  
INGENIERA AMBIENTAL  
CIP. 159494

---



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados. para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.


## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados. para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.


## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados. para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.


*CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO*

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023

Señor (a)

Msc. SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRO

Presente

Asunto: **Evaluación de instrumento**

La presente para expresarles nuestro cordial saludo e informarle que estamos desarrollando y elaborando mi tesis titulada: **“Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023”**, a fin de optar el grado o título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estamos desarrollando un estudio en el cual se incluye instrumentos de recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito tenga a bien realizar la validación de este instrumento de investigación, que adjunto los siguientes resultados, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

.....  
Paredes Pérez, Keyssi Maylee  
DNI: 73760251

.....  
Sandoval Sandoval, Alanis Kiara  
DNI: 71882060

## CONSTANCIA

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: **“Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023”**, de las autoras Paredes Pérez, Keyssi Maylee y Sandoval Sandoval, Alanis Kiara; estudiantes de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo aplicada, que realizarán a través de la recolección de información de los experimentos y análisis de ensayos en laboratorio, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables de la investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023



Handwritten signature: *Sandoval*  
Circular official stamp: U.C.V. Tarapoto  
Text below stamp: Sandoval Junior Ruiz Castro  
Prof. Competente en Agrar. (Gestión - Gestión Ambiental)  
CIP: 11428

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.


  
**Salvador Junio Ruiz Castro**
  
 Mag. en Agronomía - CIP: 11426

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	(1) INACEPTABLE						(2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			(3) ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

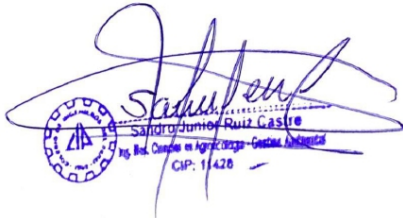
Si


No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.




  
**Saldador**  
 Sr. Ing. Agr. César Ruiz Castro  
 Ing. Biol. Ciencias en Agr. (Castaño - Gestión Agrícola)  
 CIP: 11428

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	(1) INACEPTABLE					(2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			(3) ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.


  
**Salvador Junio Ruiz Castro**
  
 Ing. Biol. Especialista en Agronomía - Gestión Ambiental
   
 CIP: 11428



*CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO*

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023

Señor (a)

Msc. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO

Presente

Asunto: **Evaluación de instrumento**

La presente para expresarles nuestro cordial saludo e informarle que estamos desarrollando y elaborando mi tesis titulada: **“Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023”**, a fin de optar el grado o título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estamos desarrollando un estudio en el cual se incluye instrumentos de recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito tenga a bien realizar la validación de este instrumento de investigación, que adjunto los siguientes resultados, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

.....  
Paredes Pérez, Keyssi Maylee  
DNI: 73760251

.....  
Sandoval Sandoval, Alanis Kiara  
DNI: 71882060

## CONSTANCIA

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: **“Tratamiento de aguas de efluentes domésticas, con sistemas de biofiltros, Chontamuyo, Banda de Shilcayo, 2023”**, de las autoras Paredes Pérez, Keyssi Maylee y Sandoval Sandoval, Alanis Kiara; estudiantes de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo aplicada, que realizarán a través de la recolección de información de los experimentos y análisis de ensayos en laboratorio, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables de la investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023


Victor Manuel Delata Alvarado  
D. Investigación y Desarrollo Sostenible  
CIP: 136417

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados. para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


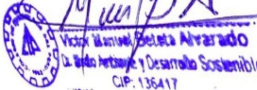
Si

No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	(1) INACEPTABLE						(2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			(3) ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


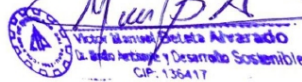
Si

No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento:

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados. para lograr probar las												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


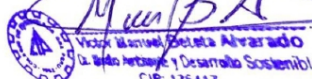
Si

No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Tarapoto, 18 de septiembre de 2023.

## Anexo 4:

### Fichas de laboratorio - Análisis de laboratorio de agua residual doméstica pre y post tratamiento



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

TESTING LABORATORY  
ACCREDITED  
BY INTERNATIONAL  
ACCREDITATION  
SERVICE, INC.  
CERTIFICATE: TL-1911



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA CON  
REGISTRO N° LE-008



#### INFORME DE ENSAYO N° A2022/23

**Solicitante** : Keyssi Maylee Paredes Pérez y Alanis Kiara Sandoval Sandoval  
**Dirección** : Morales – San Martín

**Procedencia** : Banda de Shilcayo  
**Provincia:** San Martín - **Departamento:** San Martín

**Matriz de la muestra** : Agua Superficial

**Fecha de Muestreo** : 08 - septiembre - 2 023  
**Responsable del muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante

**Fecha y Hora de Recepción** : 09 - septiembre - 2 023 / 15:33 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 09 al 02 - octubre - 2 023  
**Muestra:** Aguas residuales domésticas.

Código Interno: L2016/23

PARÁMETROS	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
	M01 - A (b) (16:00 h)	M02 - A (b) (16:00 h)	M03 - A (b) (16:00 h)		
Aceites y Grasas	2.8	2.7	2.5	mg/L	APHA 5520 D (-)
pH	5.8	6.1	5.8	Unidad de pH	APHA 4500 NH3 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6.1	5.8	6.0	mg/L	APHA 5210 B (*)
Demanda Química de Oxígeno	22	21	22	mg/L	APHA 5220 D (*)
Conductividad eléctrica	1700	1700	1710	µS/cm	APHA 4500-P E (-)
Oxígeno disuelto	6	6.5	6.2	mg/L	EPA 354.1 (*)
Sólidos disueltos totales	1100	1100	1100	mg/L	APHA 2130 B (*)
Temperatura	26	27	26	°C	Magnitudes termométricas

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

#### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 354.1, 1971
- (-) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

#### ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -

- Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

#### OBSERVACIONES -

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 02 de octubre de 2 023.

**EQUAS S.A.**  
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra diviniendo para los ensayos de metales, la solicitud de diviniencia ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

Código: F01-P. DIR 04

Revisión: 01

Fecha 02-11-10 023

Dirección de Laboratorio: Mz. J. Lote 74, Urb. Naranjito - Puente Piedra, alt. del Km. 28,5 de la Pan. Norte

Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

## INFORME DE ENSAYO N° A2034/23

**Solicitante** : Keyssi Maylee Paredes Pérez y Alanis Kiara Sandoval Sandoval  
**Dirección** : Morales – San Martín

**Procedencia** : Banda de Shilcayo  
**Provincia: San Martín - Departamento:**  
**San Martín**

**Matriz de la muestra** : Agua Superficial

**Fecha de Muestreo** : 02 - octubre - 2 023  
**Responsable del muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante

**Fecha y Hora de Recepción** : 03 - octubre - 2 023 / 18:33 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 03 al 21 - octubre - 2 023  
**Muestra:** Aguas residuales domésticas.

Código Interno: L2011/23

PARÁMETROS	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
	M01 - A (b) (11:00 h)	M02 - A (b) (11:07 h)	M03 - A (b) (11:14 h)	M04 - A (b) (11:14 h)		
Aceites y Grasas	1.52	1.32	1.02	0.56	mg/L	APHA 5520 D (-)
pH	8.44	7.88	7.88	7.71	Unidad de pH	APHA 4500 NH3 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	4.06	3.09	2.99	2.02	mg/L	APHA 5210 B (*)
Demanda Química de Oxígeno	19.56	14.60	12.40	11.20	mg/L	APHA 5220 D (*)
Conductividad eléctrica	993.67	1007.00	912.63	942.67	µS/cm	APHA 4500-P E (-)
Oxígeno disuelto	5.66	5.01	4.66	3.36	mg/L	EPA 354.1 (*)
Sólidos disueltos totales	1022.30	999.32	812.60	653.01	mg/L	APHA 2130 B (*)
Temperatura	31.60	31.88	31.37	31.99	°C	Magnitudes termométricas

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS, -**

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed, APHA, AWWA WEF, 2017.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 354.1,1971
- (-) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA, -**

- Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

**OBSERVACIONES, -**

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 21 de octubre de 2 023.

**EQUAS S.A.**  
  
**Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo**  
 Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra divirmente para los ensayos de metales, la solicitud de divirmente ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P-DIR-04

Revisión: 01

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, añ. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Fecha: 21-10-2023

Página 1 de 1





**INFORME DE ENSAYO N° A2018/23**

**Solicitante** : Keyssi Maylee Paredes Pérez y Alanis Kiara Sandoval Sandoval  
**Dirección** : Morales – San Martín

**Procedencia** : Banda de Shilcayo  
**Provincia:** San Martín - **Departamento:** San Martín

**Matriz de la muestra** : Agua Superficial

**Fecha de Muestreo** : 18 - octubre - 2 023  
**Responsable del muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante

**Fecha y Hora de Recepción** : 19 - octubre - 2 023 / 18:33 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 19 al 28 - octubre - 2 023  
**Muestra:** Aguas residuales domésticas.

Código Interno: L2014/23

PARÁMETROS	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	2007 - 1 <sup>(*)</sup>	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
	M01 - A (b) (10:00 h)	M02 - A (b) (10:07 h)	M03 - A (b) (10:14 h)	M04 - A (b) (10:14 h)		
Aceites y Grasas	1.67	1.52	1.58	1.42	mg/L	APHA 5520 D (-)
pH	8.30	8.00	8.10	7.60	Unidad de pH	APHA 4500 NH3 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	5.02	4.96	4.23	3.56	mg/L	APHA 5210 B (*)
Demanda Química de Oxígeno	20.17	19.60	18.20	14.30	mg/L	APHA 5220 D (*)
Conductividad eléctrica	899.70	999.00	863.30	926.70	µS/cm	APHA 4500-P E (-)
Oxígeno disuelto	6.01	5.70	5.20	4.90	mg/L	EPA 354.1 (*)
Sólidos disueltos totales	1072.00	1001.56	962.30	876.30	mg/L	APHA 2130 B (*)
Temperatura	25.10	25.40	25.10	25.50	°C	Magnitudes termométricas

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed, APHA, AWWA WEF, 2017.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 354, 1, 1971
- (-) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**

- Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

**OBSERVACIONES. -**

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 28 de octubre de 2 023.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra divirmente para los ensayos de metales, la solicitud de divirmente ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.



## Anexo 5:

### *Evidencias fotográficas*



Preparación del terreno para el acondicionamiento del sistema de biofiltros.

Reconocimiento de las descargas de aguas residuales domesticas distrito de la Banda de Shilcayo.



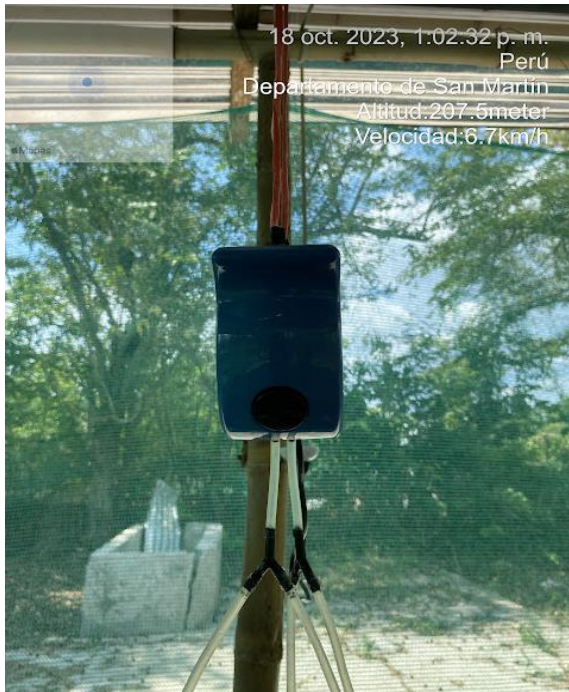


Identificación de los humedales donde se obtuvieron las plantas fitorremediadoras con *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*.

Acondicionamiento de biofiltros para inicio de tratamiento a aguas residuales domésticas.







Instalación de la bomba de oxígeno para el funcionamiento del sistema de los biofiltros.

Colocación de especies fitorremediadoras a sistema de biofiltro con *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*.





Sistema de tratamiento 1 ó T01: Testigo sin presencia de especies fitorremediadoras.

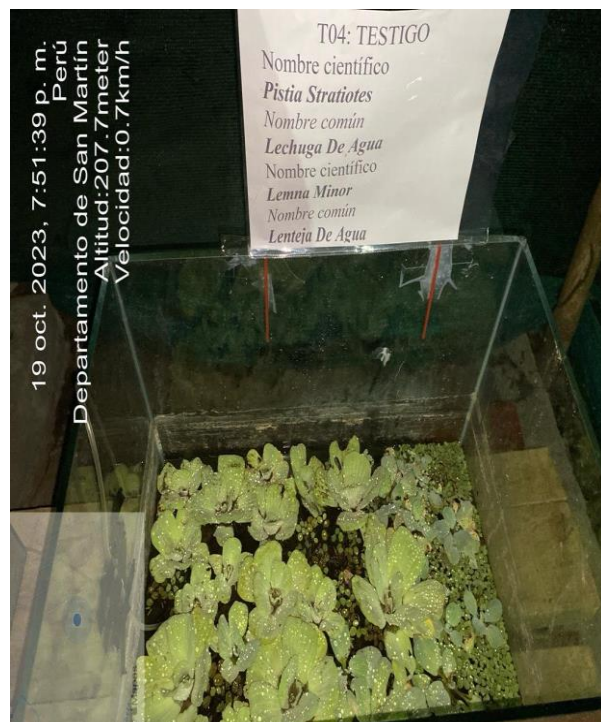
Sistema de tratamiento 02, ó T02: Tratamiento con *Pistia stratiotes*.





Sistema de tratamiento 03 ó  
T03: Tratamiento con *Lemna minor*.

Sistema de tratamiento 04 ó  
T04: Tratamiento con *Pistia Stratiotes* y *Lemna minor*.







Evaluación de los indicadores conductividad eléctrica, pH y temperatura.

Toma de muestras finales para los análisis fisicoquímicos.

