



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Evaluación de la Eficiencia de Humedales Artificiales  
Horizontales empleando *Guadua Angustifolia* para el  
tratamiento de aguas residuales domésticas – Piura

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Peña Godos, Ana Fabiola ([orcid.org/0000-0002-1771-9447](https://orcid.org/0000-0002-1771-9447))

**ASESOR:**

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom ([orcid.org/0000-0002-0803-1261](https://orcid.org/0000-0002-0803-1261))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :**

Calidad de Gestión de los Recursos Naturales

**Línea de responsabilidad social universitaria:**

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

LIMA – PERÚ

2021

### **Dedicatoria**

En primer lugar, a Dios por cuidar de mi en todo momento permitiéndome culminar mi carrera profesional sin ningún inconveniente.

Con mucho amor, respeto, admiración y gratitud se lo dedico a mis padres, mi familia quienes me dieron siempre lo mejor, y en memoria de mi prima Mixy.

### **Agradecimiento**

Agradecimiento especial a mis tíos Rodoberto, Evaristo y Cristóbal Godos, que me apoyaron en la ejecución de la tesis, al igual que mis amigos y compañeros de trabajo, mis asesores; que siempre han estado conmigo en cada ciclo y etapa de mi vida universitaria.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	12
3.2. Variables y Operacionalización .....	13
3.3. Población, muestra y muestreo.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimientos .....	17
3.6. Métodos de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS	55
ANEXOS	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables.....	14
<b>Tabla 2</b> Resultados de muestras de la <i>Guadua Angustifolia</i> "Bambú" .....	30
<b>Tabla 3</b> Parámetros Microbiológicos y fisicoquímicos LMP D.S 003-2010 MINAM .....	35
<b>Tabla 4</b> Parámetros fisicoquímicos de referencia – Primer monitoreo .....	40
<b>Tabla 5</b> Parámetros microbiológicos de referencia – Primer monitoreo .....	40
<b>Tabla 6</b> Parámetros fisicoquímicas y microbiológicos LMP D.S 003-2010 MINAM .....	41
<b>Tabla 7</b> Parámetros fisicoquímicos de referencia – Segundo monitoreo .....	46
<b>Tabla 8</b> Parámetros microbiológicos de referencia – Segundo monitoreo .....	47
<b>Tabla 9</b> Eficiencia entre humedal con vegetación y sin vegetación (referencial) .....	48

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Límites del distrito de El Alto .....	17
<b>Figura 2</b> Visita In Situ a las lagunillas de oxidación .....	18
<b>Figura 3</b> Imagen satelital de la ubicación de las lagunillas de oxidación .....	18
<b>Figura 4</b> Excavación para instalar el Humedal No natural.....	19
<b>Figura 5</b> Humedal preparado.....	22
<b>Figura 6</b> Paredes del humedal no natural.....	23
<b>Figura 7</b> Instalación de geomembrana .....	24
<b>Figura 8</b> Colocación de tuberías.....	24
<b>Figura 9</b> Tuberías instaladas .....	25
<b>Figura 10</b> Colocación de caja de registro manual.....	25
<b>Figura 11</b> Perforado de macetas .....	26
<b>Figura 12</b> Colocación de puño de algarrobo, arena dulce y aserrín .....	27
<b>Figura 13</b> Selección de la <i>Guadua Angustifolia</i> “Bambú” .....	27
<b>Figura 14</b> Medición aproximada de 80cm de <i>Guadua Angustifolia</i> “Bambú” ...	28
<b>Figura 15</b> <i>Guadua Angustifolia</i> “Bambú” listas para ser sembradas.....	28
<b>Figura 16</b> <i>Guadua Angustifolia</i> instaladas en humedal no natural.....	29
<b>Figura 17</b> Datos comparativos del rizoma .....	31
<b>Figura 18</b> Datos comparativos del tallo .....	32
<b>Figura 19</b> Datos comparativos de las hojas.....	33
<b>Figura 20</b> <i>Guadua Angustifolia</i> después del proceso de purificación de agua	34
<b>Figura 21</b> Monitoreo inicial de coliformes termotolerantes .....	36
<b>Figura 22</b> Monitoreo inicial de demanda bioquímica de oxígeno.....	36
<b>Figura 23</b> Monitoreo inicial de demanda química de oxígeno .....	37
<b>Figura 24</b> Monitoreo inicial de pH.....	38
<b>Figura 25</b> Monitoreo inicial de sólidos totales suspendidos.....	38
<b>Figura 26</b> Monitoreo inicial de temperatura .....	39
<b>Figura 27</b> Monitoreo final de los coliformes termotolerantes .....	42
<b>Figura 28</b> Monitoreo final de demanda bioquímica de oxígeno .....	43
<b>Figura 29</b> Monitoreo de demanda química de oxígeno .....	43
<b>Figura 30</b> Monitoreo final de pH .....	44
<b>Figura 31</b> Monitoreo final de sólidos totales suspendidos .....	45
<b>Figura 32</b> Monitoreo final de temperatura.....	45
<b>Figura 33</b> Monitoreo final de aceites y grasas .....	46

## **Resumen**

El tratamiento inadecuado de las aguas domésticas residuales se ha transformado en una cuestión ambiental de alcance mundial, con consecuencias negativas en la salud humana y la ecología. En la región Piura, específicamente en el distrito de El Alto, se enfrentan problemas de contaminación y malestar en la población debido a la falta de un adecuado sistema de tratamiento de aguas servidas. Para abordar este desafío, se ha propuesto una solución innovadora: la construcción de un humedal no natural de flujo horizontal utilizando la especie de bambú *Guadua Angustifolia* para el tratamiento de las aguas servidas. Con el propósito de evaluar la eficiencia de este humedal, se realizó un estudio cuasiexperimental que analizó los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos antes y después del procesamiento de mejora. Los resultados revelaron que el humedal logró una disminución significativa en los valores de estos parámetros, superando los parámetros pretratamiento y obteniendo una eficiencia del 99%. Específicamente, se apreciaron altas tasas de eliminación de coliformes termotolerantes, sólidos totales suspendidos y metales pesados. La implementación de esta tecnología permite la reutilización de los efluentes tratados, lo que evita la contaminación del ecosistema marino y mejora la calidad de vida de los habitantes de El Alto. En resumen, esta investigación contribuye de manera importante al conocimiento científico sobre el uso de humedales no naturales con *Guadua Angustifolia* para el tratamiento de las aguas servidas de hogares.

**Palabras clave:** Humedal no natural, eficiencia, aguas servidas de hogares.

## **Abstract**

The disposal of domestic wastewater has become a global environmental problema, affecting human health and ecology. In the El Alto district in the Piura región domestic wastewater does not receive adequate treatment leading to pollution and discomfort among the population. To address this issue the construction of an artificial horizontal flow wetland using the *Guadua Angustifolia* species, commonly known as “Bamboo” is proposed for wastewater treatment. The research evaluated the efficiency of this wetland through a quasi-experimental design, analyzing physicochemical and microbiological parameters before and after treatment. The results revealed that the wetland significantly reduced the parameter values, surpassing pretreatment standards and achieving an efficiency of 99%. Specifically high removal rates of thermotolerant coliforms, total suspended solids, and heavy metals were obtained. The implementation of this technology allows for the reuse of treated effluents, preventing marine ecosystem pollution and improving the quality of life for residents in El Alto. In conclusion, this research contributes to scientific knowledge on the use of artificial wetlands with *Guadua Angustifolia* for domestic wastewater treatment.

**Keywords:** Constructed wetland, efficiency, domestic Wastewater.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la problemática global se centra en la gestión de aguas servidas de hogares. Estas aguas, en su mayoría, se vierten sin adecuado tratamiento en cuerpos de agua como ríos, lagos y mares, lo que ocasiona graves daños a los ecosistemas y afecta directamente actividades clave como la agricultura, la ganadería y la pesca. Además, suponen un riesgo para la salud tanto humana como animal. Por consiguiente, es de suma importancia aplicar un tratamiento eficiente que admita la reutilización de las aguas servidas de hogares.

En nuestro país, la preocupación se centra en el inadecuado tratamiento de las aguas servidas procedentes de los hogares. No obstante, nos enfrentamos a dificultades financieras que obstaculizan el desarrollo de plantas de tratamiento de aguas servidas (PETAR) debido a su alto costo. Por esta razón, en Perú se promueve el diseño y la construcción de alternativas viables, económicas y ecológicas.

El enfoque de esta investigación se dirige al distrito de El Alto, ubicado en el Departamento de Piura, donde las aguas domésticas residuales producidas por la población carecen de adecuado tratamiento, lo que genera una fuente de contaminación ambiental en la zona. Además, esta situación provoca malestar e incomodidad entre la población debido a la emisión de olores desagradables en ciertos momentos del día. En este contexto, se propone una opción para el adecuado tratamiento de las aguas servidas a través de un humedal no natural de flujo horizontal que utiliza la especie de bambú conocida como *Guadua Angustifolia*, también llamada Bambú.

Con base en la problemática expuesta anteriormente, el problema principal planteado es: ¿Cuál es la eficiencia de los humedales artificiales horizontales utilizando la especie *Guadua Angustifolia* para el tratamiento de aguas residuales domésticas en Piura? Los problemas específicos de investigación abordados son los siguientes: ¿Cómo se puede cultivar la especie *Guadua Angustifolia* para el proceso de tratamiento de aguas residuales, observando su adaptación a dicha planta? ¿Cuál es el estado de la especie *Guadua Angustifolia* antes de ser plantada y regada con las aguas residuales? ¿Qué

importancia tiene el monitoreo en la especie *Guadua Angustifolia* después del proceso purificación del agua para determinar la eficiencia del humedal artificial en el vertido de aguas residuales?

El motivo de esta indagación se halla en la dificultad mencionada previamente, dado que la adopción de un pantano no natural de bambú para el manejo de estas aguas permitiría la reutilización de los desechos líquidos actualmente arrojados al mar con niveles de contaminación elevados. Esta situación afecta tanto al ecosistema marino como a la salud de los residentes en el distrito.

Además, la justificación de esta exploración se sustenta en la metodología utilizada, que se basa en el enfoque de biotecnología ambiental. Este enfoque involucra la implantación de un pantano no natural para el manejo de aguas servidas, y los resultados conseguidos posibilitarían la reutilización de dichas aguas para el riego de áreas verdes en el distrito u otros usos en el ámbito público.

En este sentido, el objetivo principal de esta investigación es evaluar la eficiencia de los humedales artificiales horizontales utilizando *Guadua Angustifolia* “Bambú” para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de El Alto, Piura, Perú.

Los objetivos específicos de la investigación son los siguientes: en primer lugar, construir un humedal artificial utilizando la especie *Guadua Angustifolia* “Bambú” para el tratamiento de aguas residuales domésticas, observando su adaptación y mecanismo de acción. En segundo lugar, realicé un monitoreo de las aguas residuales antes de aplicar el tratamiento mediante el humedal artificial construido. Y, por último, llevar a cabo un segundo monitoreo de las aguas residuales después de aplicar el tratamiento para determinar la eficiencia del humedal artificial en el vertido de las aguas utilizando la especie *Guadua Angustifolia* “Bambú” en el distrito de El Alto, Piura, Perú.

Como hipótesis general, se sostiene que la *Guadua Angustifolia* es eficiente en los humedales artificiales horizontales utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

En resumen, esta investigación se propone abordar la problemática ambiental relacionada con el tratamiento inadecuado de las aguas residuales domésticas en el distrito de El Alto, Piura. El enfoque principal es la implementación de un humedal artificial de flujo horizontal utilizando la especie *Guadua Angustifolia* como método de tratamiento. Los resultados obtenidos serán relevancia para la reutilización de las aguas tratadas y contribuirán tanto al ecosistema marino como a la mejora de la calidad de vida de la población local.

## II. MARCO TEÓRICO

En este estudio, se recolectaron datos de varios autores que llevaron a cabo trabajos en el centro poblado de Santa Catalina, situado en el distrito y provincia de Moyobamba. Su enfoque consistió en hallar una solución de manejo para las aguas domésticas residuales mediante la creación de un pantano no natural utilizando la especie *Guadua Angustifolia*, también conocida como "Bambú". El objetivo primordial de esta investigación fue determinar la efectividad de la *Guadua Angustifolia* en el manejo de las aguas servidas, con el propósito de disminuir la contaminación generada por la inapropiada disposición de estas aguas y mejorar la calidad ambiental y sanitaria en la zona. Para llevar a cabo el diseño experimental, se construyeron tres pantanos no naturales, utilizando las aguas servidas generadas por dos viviendas en el centro poblado de Santa Catalina. El primer pantano fue sembrado con 5 ejemplares de *Guadua Angustifolia*, el segundo pantano no tuvo plantas y el tercer pantano se sembró con 10 ejemplares de *Guadua Angustifolia*. La evaluación de los pantanos se realizó durante los meses de marzo, abril, mayo y junio. Los resultados conseguidos mostraron una disminución significativa en la cantidad de los parámetros evaluados, lo que indica una eficiente eliminación de contaminantes. El enfoque de manejo propuesto resalta por su rentabilidad y gran capacidad de eliminación de contaminantes, garantizando el cumplimiento de los máximos límites permitidos (LMP) determinados (Herrera Ramos, 2018). El estudio se realizó utilizando una metodología aplicada que empleó la técnica de concentración explicativa-experimental. Se recopilaron un total de 36 muestras durante el estudio, tanto en la entrada como en la salida del humedal, con el propósito de obtener información relevante sobre la eficacia del proceso de tratamiento. Estas muestras, de 0,625 litros cada una, se recolectaron en intervalos específicos para capturar las variaciones temporales y evaluar la calidad del elemento vital en distintas etapas del proceso (Herrera Ramos, 2018, p. 21-22). Durante el desarrollo de la indagación, que abarcó los meses de marzo, abril, mayo y junio, se realizó un estudio para valorar la eficacia del manejo. Los resultados conseguidos fueron positivos, mostrando altas tasas de disminución de contaminantes en

los pantanos estudiados. Específicamente, el pantano 2, que no contaba con plantas de *Guadua Angustifolia* "Bambú", sobresalió por su rendimiento destacado en contrastación con los pantanos 1 y 3, logrando una eliminación significativa de los parámetros analizados. La indagación logró disminuir los niveles de los parámetros evaluados para cumplir con los Máximos Límites Permitidos (LMP) determinados en las normas. Se comprobó y demostró la efectividad de la *Guadua Angustifolia* "Bambú" en la purificación física, química y biológica mediante la implementación de pantanos no naturales. Además, se enfatizó que esta alternativa de manejo es económica y presenta una alta eficacia en la disminución de concentraciones de contaminantes de los parámetros evaluados. Los análisis realizados durante la indagación evidenciaron que el pantano 2 sin plantas de *Guadua Angustifolia* "Bambú" obtuvo mejores resultados en contrastación con los pantanos 1 y 3. La indagación logró disminuir los parámetros evaluados para cumplir con los LMP determinados en las normas, validando la eficacia de los pantanos no naturales con *Guadua Angustifolia* "Bambú" como una opción de manejo económica y altamente eficiente en la disminución de contaminantes..(Herrera Ramos, 2018, p. 65).

De igual manera, el propósito de la indagación llevada a cabo por (Quinde Tapia, 2017) fue establecer el efecto depurador de la especie *Guadua Angustifolia* Kunth en las aguas servidas de la ciudad de Jaén, Cajamarca, Perú. Con ese fin, se implementó un sistema ecológico con un filtro natural para tratar los desechos de aguas servidas de hogares, con el propósito de favorecer su reutilización como una opción para el riego y fomentar el equilibrio ambiental. Se instalaron cuatro sistemas compuestos por cilindros de material metálico cubiertos con cemento. Cada cilindro contenía veinticuatro brotes de bambú, con una distancia de 15 cm entre ellos. El proceso consistió en la siembra de arena y tierra, acompañado de una capa de grava para filtrar y recolectar el agua residual tratada. De los cuatro cilindros, tres se emplearon para el tratamiento (con plantas), y uno se destinó como grupo de control (sin plantas). Durante cuatro meses, se regaron con agua procedente de la red pública para permitir la adaptación del material vegetativo al sistema. Posteriormente, durante tres meses, se utilizaron

aguas domésticas residuales procedentes de la planta de tratamiento para el riego. Los resultados del estudio demostraron que la *Guadua Angustifolia* Kunth tiene la capacidad de eliminar y depurar coliformes fecales o termotolerantes en el sistema de tratamiento con material vegetativo. Sin embargo, mostró una mayor eficiencia en la eliminación de nitratos. Los sistemas de tratamiento lograron cumplir con los parámetros nacionales de calidad ambiental de categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), de acuerdo lo establecido por el D.S. N° 015-2015 MINAM. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar la *Guadua Angustifolia* Kunth como una opción de bajo costo para el tratamiento de aguas servidas, lo que contribuye a la reutilización de las aguas tratadas y al equilibrio medioambiental. En conclusión, la indagación muestra un impacto positivo en la eliminación y depuración de coliformes fecales en tratamientos de aguas domésticas residuales a través del uso de un sistema de filtro natural con material vegetativo.

La existencia activa de vegetación en el sistema de purificación, con sus raíces, conlleva el traslado de aguas servidas hacia la atmósfera a través del proceso de evaporación. Esto implica la pérdida de agua en forma de vapor debido a la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas. En general, para lograr una eliminación adecuada de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas servidas, se requiere el uso de métodos adicionales sin causar daños al entorno o la salud pública. En síntesis, la especie *Guadua Angustifolia* Kunth ha demostrado ser resistente a las aguas servidas procedentes de las lagunas de autenticidad con revestimiento impermeable, adaptándose gradualmente al efluente de la laguna facultativa en la ciudad de Jaén. Por ende, se concluye que su propagación es viable con propósitos económicos y de reforestación en la localidad (Quinde Tapia 2017, p. 73-74).

En el mismo contexto (Macedo Gonzales y Vela Pinedo, 2020) se centraron en desarrollar un proyecto para mejorar la erradicación de coliformes fecales en Tarapoto mediante una planta de tratamiento de aguas servidas que incorporara humedales no naturales. La indagación se enmarca en el ámbito de diseño de obras hidráulicas y saneamiento. El objetivo general fue proponer y diseñar una planta de tratamiento de aguas servidas utilizando

humedales no naturales, partiendo de un diagnóstico exhaustivo del efluente vertido al entorno. Este diagnóstico permitió identificar los parámetros contaminantes existentes en el efluente, lo cual fue crucial para establecer los requisitos de las obras hidráulicas necesarias para la planta. El diseño resultante de la planta de tratamiento de aguas servidas cumpliría con los máximos límites permitidos determinados por la normativa, permitiendo así mitigar los malos olores presentes en la localidad de Las Palmas.

En el marco de su estudio titulado "Optimización de la Eliminación de Coliformes Fecales en Aguas servidas mediante un Humedal No natural en Tarapoto en 2020," los autores (Macedo Gonzales y Vela Pinedo 2020) se propusieron diseñar una planta de tratamiento de aguas servidas que incorporara humedales no naturales. Para lograrlo, llevaron a cabo un análisis exhaustivo del efluente vertido al ambiente, lo que les permitió identificar los parámetros contaminantes existentes y, en función de esta información, determinaron las obras hidráulicas necesarias para la planta. (Macedo Gonzales y Vela Pinedo 2020, p. 9) emplearon una metodología descriptiva-correlacional con un diseño no experimental en su investigación. Se enfocaron en el manejo de aguas servidas en la localidad urbana de Las Palmas, aplicando herramientas estadísticas como Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 25 para el procesamiento de datos (Macedo Gonzales y Vela Pinedo 2020, p. 14).

En el mismo contexto, (Aguilar Saldaña, 2021) realizó una investigación enfocada en la edificación de humedales no naturales para el tratamiento de aguas servidas en unidades básicas de saneamiento en Campo Alegre - Bagua Grande. El sistema de humedal no natural empleado fue el de flujo horizontal subsuperficial, y se construyeron un total de noventa y nueve humedales de distintas dimensiones, ajustados a la cantidad de habitantes por familia o institución. Para familias con hasta cinco habitantes, se edificaron humedales de 1.50 m de ancho por 2.90 m de largo y una profundidad de 0.60 m. Para familias con 5 a 10 habitantes, se utilizaron humedales de 2.00 m de ancho por 4.20 m de largo y 0.60 m de profundidad. Finalmente, para instituciones con 10 a 52 alumnos, se construyeron humedales de 2.00 m de ancho por 4.50 m de largo y 0.60 m de profundidad.

Tras cuatro meses de uso de los humedales, se efectuaron análisis que evidenciaron resultados eficaces en cuanto a la eliminación de contaminantes. Los parámetros analizados incluyeron aceites y grasas (quince puntos nueve mg/L), DQO (ciento noventa y ocho mg/L), sólidos totales suspendidos (doce mg/L), pH (7.2), DBO (noventa y seis mg/L) y Coliformes termotolerantes (mil cuatrocientos NMP/100ml). En resumen, los humedales no naturales utilizados en la indagación presentaron una mejora considerable en el tratamiento de las aguas servidas, logrando alcanzar los objetivos determinados.

Las evaluaciones realizadas sobre el agua tratada en los humedales no naturales evidenciaron que es apta para ser reutilizada con propósitos de riego, lo que convierte al sistema de humedales no naturales en unidades básicas de saneamiento en una opción viable para este tipo de terrenos. Después de efectuar los cálculos y análisis adecuados, se han diseñado tres tipos de humedales no naturales basándose en los valores conseguidos. Para viviendas con 5 habitantes, las dimensiones de los humedales serán de 3,60 metros de largo, 1,60 metros de ancho y 0,75 metros de profundidad. Para viviendas con 10 habitantes, las dimensiones serán de 4,40 metros de largo, 2,10 metros de ancho y 0,75 metros de profundidad. Y para viviendas o instituciones educativas primarias y secundarias con hasta 20 estudiantes, las dimensiones serán de 4,60 metros de largo, 2,10 metros de ancho y 0,75 metros de profundidad. Todas las estructuras tendrán una inclinación del 1% en la losa de fondo. Los estudios y análisis posteriores sobre el agua tratada en los humedales no naturales confirmaron que es adecuada para ser reutilizada con fines de riego. Por lo tanto, el sistema de humedales no naturales en unidades básicas de saneamiento se muestra como una eficiente alternativa de solución en este tipo de terrenos. (Aguilar Saldaña 2021, p. 44).

Por lo tanto (Rodríguez-Miranda et al. 2010) el sistema de humedales no naturales muestra un comportamiento hidráulico similar a un modelo de flujo de pistón, lo que indica que el flujo de agua a través del sistema es uniforme y constante, sin que la eficiencia del procesamiento de mejora se vea afectada por el tipo de planta acuática presente en el humedal. En el siguiente

análisis, se enfoca en los resultados conseguidos al tratar aguas domésticas residuales mediante dos tipos de humedales no naturales: los de flujo superficial y los de flujo libre. Se abarcan los avances realizados en las etapas de diseño, construcción, puesta en marcha y seguridad de estos humedales no naturales. Además, se ejecuta una evaluación de su desempeño y eficacia en la eliminación de contaminantes, utilizando dos especies de plantas que han demostrado ser resistentes a las condiciones ambientales presentes en el entorno: el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna minor*) (Rodríguez-Miranda et al. 2010, p. 59). Los hallazgos de la indagación revelaron que, durante el lapso de operación del sistema, el reactor diseñado con buchón de agua mostró un desempeño superior. Durante su período de funcionamiento, este reactor logró eliminar entre el 70% y el 86% de DBO5. En contraste, el reactor con lenteja de agua alcanzó una eliminación promedio del 58% durante el mismo período. Es relevante resaltar que el reactor con lenteja de agua contribuyó al aumento del pH del agua, llegando a valores máximos de 11 debido a las condiciones biológicas propias de la planta. Por otro lado, el reactor con buchón de agua mantuvo un pH en el rango de 6 a 8, lo cual favoreció el funcionamiento adecuado del sistema y una óptima eliminación de la materia orgánica. Para lograr remociones óptimas en el reactor con lenteja de agua, es necesario operar el sistema por un período de tiempo más prolongado hasta alcanzar su pleno rendimiento. Estos resultados demuestran que el reactor con buchón de agua requiere lapsos de tiempo más cortos para alcanzar el rendimiento esperado (Rodríguez-Miranda et al. 2010, p. 66-67).

En un estudio llevado a cabo por (González Barreto, 2004) el propósito primordial fue desarrollar un sistema de depuración radicular de flujo subsuperficial empleando la especie *Guadua Angustifolia*, con el fin de suprimir los parámetros de DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y SST (Sólidos totales suspendidos). Los resultados conseguidos se compararon con los mecanismos naturales ya existentes.

El análisis sugirió una metodología específica para diseñar y adaptar un filtro radicular, y se efectuaron modificaciones durante la puesta en marcha del sistema. Los resultados desvelaron que el sistema logró una disminución del 38% del DBO5 total, 16% del DBO5 soluble, 68% del DBO5 suspendido, 54% de la DQO y 77% de los SST. Además, se demostró que se alcanzó una depuración del 98% del DBO5 en un período de retención de 4 días. En consecuencia, se concluyó que es viable mejorar la eficacia del sistema al incrementar el tiempo de retención e incluso considerar la instalación de mecanismos de tratamiento preliminares. Estas conclusiones sugieren que se pueden implementar medidas adicionales para optimizar la eliminación de los parámetros evaluados.

En su investigación, (Luna Santacruz y Pérez Ramírez, 2021) plantean propósitos enfocados en la evaluación estratégica de la recuperación del procesamiento de mejora de aguas servidas utilizando residuos de bambú, con tres objetivos específicos. En primer lugar, se centran en analizar la red de alcantarillado y su descarga crítica. En segundo lugar, evalúan los impactos derivados de la descarga de aguas servidas rurales. Por último, elaboran estrategias para mejorar el tratamiento de aguas servidas de hogares. Para llevar a cabo esta investigación, dividieron las etapas en función de los objetivos determinados, incluyendo la búsqueda de información primaria y secundaria, así como el análisis de la información recopilada. Los resultados del estudio revelaron el estado actual de la red de alcantarillado en relación con el vertido y tratamiento de aguas servidas de hogares. Se modificó la base ambiental del área de influencia de la localidad a través del uso de matrices ambientales. Los impactos se evaluaron a través del método Conesa. En conclusión, se desarrollaron cuatro programas como tácticas para optimizar el sistema de tratamiento de aguas servidas de hogares.

Y por último, (López R. 2016) se centra en evaluar la factibilidad de emplear humedales no naturales con flujo subterráneo como tratamiento secundario para efluentes agroindustriales. El efluente utilizado proviene de una fosa séptica conectada a un filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), el cual trata las aguas servidas generadas por plantas hortofrutícolas, pos cosecha

y miel de EAP en Zamorano. El estudio se realizó mediante pruebas en humedales no naturales replicados y en condiciones naturales. Para simular un humedal, se empleó la especie vegetal *Heliconia psittacorum*. Los resultados conseguidos demostraron que los humedales no naturales pueden ser eficaces como tratamiento secundario para aguas servidas de origen agroindustrial. Los humedales no naturales son sistemas de tratamiento de aguas servidas poco profundos, contruidos por el ser humano, en los que se siembran plantas acuáticas y se aprovechan los procesos naturales para tratar el agua residual (Chafloque y Gómez 2006, p. 89)

Los humedales no naturales de flujos horizontales son diseñados para que el flujo del afluente se mueva de un extremo al otro, permitiendo que las aguas circulen bajo la superficie del humedal (Morales Mira 2008, p. 85).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de la Investigación

El propósito principal de esta investigación aplicada es mejorar la calidad de vida de las personas y generar nuevos conocimientos para abordar problemas específicos que afectan a individuos, organizaciones, empresas e industrias. Se busca dar soluciones seguras a estos problemas, basándose en análisis críticos y evidencia científica disponible. En este sentido, se identificó como problema central la no adecuada disposición final de aguas domésticas residuales en el distrito de El Alto. Para enfrentar este desafío, se implementó la construcción de un humedal no natural como una opción para el tratamiento de aguas servidas. Se eligió la especie *Guadua Angustifolia* como componente vegetativo del humedal debido a su capacidad para purificar el agua. Se siguieron los parámetros determinados por la norma ISO 690 para asegurar la confiabilidad y calidad de los resultados conseguidos.

El estudio actual adopta un enfoque cuantitativo, siguiendo las directrices de (Sampieri, Fernández y Baptista 2014, p. 4), Este enfoque se basa en el recojo de datos para poner a prueba teorías y establecer patrones de comportamiento mediante cálculos numéricos y análisis. Asimismo, implica seguir una secuencia ordenada de procesos, en la que ninguna etapa puede ser omitida. La indagación desarrollada siguió rigurosamente el orden propuesto por este enfoque, desde la formulación de la idea hasta la identificación del problema relacionado con la no adecuada disposición final de las aguas servidas, llegando finalmente a la etapa de elaboración de los resultados, donde se evaluó la eficiencia del humedal no natural creado.

En lo que respecta al diseño de la indagación, se optó por una metodología cuasiexperimental, que, de acuerdo con (Bono Cabré 2012, p. 3) tiene la intención de probar la existencia de una correlación causal entre variables. A diferencia de los estudios experimentales, donde es posible utilizar la probabilidad aleatoria, los cuasiexperimentos se emplean cuando no es factible la asignación aleatoria. Mediante los cuasiexperimentos, se busca estimar los impactos de un tratamiento o programa al establecer una base de contrastación adecuada. En conclusión, los diseños cuasiexperimentales

permiten obtener evidencia sobre la relación causal entre variables, aun cuando no es posible utilizar la probabilidad aleatoria.

En este contexto, los grupos de tratamiento están predefinidos y se refieren específicamente a las aguas domésticas residuales del distrito de El Alto. Como parte de la estrategia de diseño, se realizó una contrastación entre las condiciones previas y posteriores a la aplicación del procesamiento de mejora a través del humedal no natural con *Guadua Angustifolia*. Además, se utilizó un grupo de control externo representado por un humedal construido sin vegetación.

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **3.2.1. Variable dependiente:** Aguas de tipo residual de origen doméstico.

**Dimensión:** Calidad de agua.

**Indicadores:**

- Parámetros físico – químicos: Nitratos, Fósforos, Cobre, Nitritos, Fósforo total, Zinc, Plomo, Selenio, DQO, DBO<sub>5</sub>, pH, Sólidos totales suspendidos, Temperatura, Mercurio, Hierro, Manganeso, Níquel.
- Parámetros microbiológicos: Coliformes termotolerantes, Coliformes totales, E. coli, Bacterias heterotróficas, huevos y larvas helmitos.

#### **3.2.2. Variable independiente:** Humedal no natural con la variedad *Guadua Angustifolia* “Bambú”.

**Dimensión:** Diseño del Humedal No natural

**Indicadores:**

- Área superficial: Largo, Ancho y Profundidad.
- Componentes: Especie *Guadua Angustifolia*, Arena dulce, puño de algarrobo y aserrín.

**Dimensión:** Adaptación de la planta

**Indicadores:**

- Propiedades físicas de la planta: Rizoma, Tallo, Hojas, Altura.

**Tabla 1 Operacionalización de variables**

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	
<b>Variable dependiente:</b>  <b>Aguas residuales domésticas</b>	Son aquellas de origen residencial que contienen desechos fisiológicos, procedentes de las viviendas comerciales o instituciones. (El OEFA, 2014)	Los datos serán tomados en campo, para ser analizados en laboratorio.	Calidad de agua	Parámetros físicos - químicos	Nitratos	Mg/Lt (ppm)
					Nitritos	Mg/Lt (ppm)
					Fósforo	Mg/Lt (ppm)
					Cobre	Mg/Lt (ppm)
					Zinc	Mg/Lt (ppm)
					Plomo	Mg/Lt (ppm)
					Selenio	Mg/Lt (ppm)
					DQO	Mg/Lt (ppm)
					DBO <sub>5</sub>	Mg/Lt (ppm)
					pH	Unid.
					Sólidos totales suspendidos	Mg/Lt (ppm)
					Temperatura	C°
					Mercurio (Hg)	Mg/Lt (ppm)
					Hierro (fe)	Mg/Lt (ppm)
Manganeso (Mn)	Mg/Lt (ppm)					
Níquel (Ni)	Mg/Lt (ppm)					

						Coliforme termotolerantes	NPM/100ml a 44.5°C
						Coliformes totales	NPM/100ml a 35°C
						E.Coli	UFC/100 ml a 44.5°C
						Bacterias heterotróficas	UFC/ml a 35°C
						Huevos y larvas Helmitos	N°org/L
<b>Variable Independiente:</b>	El sistema de fitodepuración es una técnica que utiliza la habilidad de las plantas para purificar las aguas residuales, mediante su paso por áreas artificiales húmedas. En estos espacios, las plantas realizan el proceso de depuración de las aguas de origen residual, logrando mejorar su calidad.. (Works 2010)	Se construyó un humedal natural de acuerdo con las características de la variedad <i>Guadua Angustifolia</i> , a la cual se analizaron sus propiedades físicas.	Diseño del Humedal no natural	Adaptación de la planta	del no Área superficial	Largo	M
<b>Humedal no natural con la especie <i>Guadua Angustifolia</i></b>						Ancho	M
						Profundidad	Cm
						Componentes	Especie <i>Guadua Angustifolia</i> Und.
							Arena dulce, puño aserrín Kg
						Propiedades físicas de la planta	Rizoma Ppm
							Tallo Ppm
							Hojas Ppm

Fuente: Elaborado por el autor

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

Para la población, de acuerdo (Sampieri, Fernández y Baptista 2014, p. 174) hacen referencia al conjunto de componentes o individuos que se hallan dentro de un ámbito espacial en dónde se desarrolla el estudio. En el presente trabajo de indagación, la población que se identificó fueron las lagunillas de oxidación domésticas que almacenan las aguas de origen residual de los domicilios del distrito de El Alto, el cual tiene una capacidad aproximada de 5,102 m<sup>3</sup>.

El término "muestra", tal como lo define (Sampieri, Fernández y Baptista 2014, p. 173) hace referencia a un subconjunto o una parte representativa de la población o universo sobre el cual se ejecuta la indagación. En el presente estudio, la muestra utilizada consistió en el vertido de aguas servidas procedentes de las lagunillas de oxidación. Concretamente, se recolectaron un total de 11 muestras: 4 antes de que el agua residual pasara por el proceso de tratamiento en el humedal no natural construido, y 4 muestras adicionales después de que el agua residual pasara por dicho humedal de tratamiento, 1 muestra a la *Guadua Angustifolia* antes de ser trata, luego 1 muestra más a la *Guadua Angustifolia* después de ser tratada con las aguas servidas, y por último 1 muestra recolectada después que el agua residual pasara por un segundo humedal sin vegetación, cada muestra contiene 1 litro de agua residual.

Respecto al muestreo, (Sampieri, Fernández y Baptista 2014, p. 172) hace referencia al método utilizado para seleccionar los componentes de una muestra que representa a toda la población. Implica seguir una serie de procedimientos, reglas y normas para garantizar la representatividad y validez de la muestra seleccionada. Además, se destaca que el demostrado es una herramienta que permite conocer y comprender lo que ocurre en el conjunto de la sociedad.

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

#### **3.4.1. Técnicas utilizadas:**

- Selección de área para la construcción del humedal.
- Observación sistemática.

- Construcción del humedal no natural.
- Recolección de muestras.
- Análisis microbiológicos y fisicoquímicos.
- Ensayos de laboratorio.

### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

- Envases rotulados:  
Sirvieron para el recojo de muestras.
- Cooler:  
Se utilizó para conservar la temperatura ambiente las muestras.
- Tablas:  
Utilizadas para ayudar al registro de datos y de resultados alcanzados.

### 3.5. Procedimientos

El texto menciona la localización geográfica de las lagunillas de oxidación monitoreadas en el distrito de El Alto, provincia de Talara, departamento de Piura. El distrito de El Alto se halla a una altitud de 271 metros sobre el nivel del mar, y sus coordenadas UTM son Norte: 9'528.300.04 y Este: 475'880.02. Este distrito abarca un área total de 491,33 Km<sup>2</sup> y se halla delimitado por fronteras específicas.

**Figura 1** Límites del distrito de El Alto

➤ Por el Norte	:	Con el distrito de Órganos
➤ Por el Sur	:	Con el distrito de Lobitos
➤ Por el Este	:	Con la Provincia de Sullana
➤ Por el Oeste	:	Con el Océano Pacífico

*Fuente: Elaborado por el autor*

El día 04 de septiembre se realizó la primera visita a las lagunillas de oxidación, las cuales se hallan ubicadas al suroeste del distrito, como se muestra en la figura 02. Inicialmente, se realizó un estudio para evaluar el estado de las lagunas y se mostró si había algún cultivo en sus alrededores. Se pudo constatar la presencia de arbustos en la zona, así como la existencia de pozos de petróleo a intervalos regulares en las proximidades de las lagunas.

**Figura 2** Visita In Situ a las lagunillas de oxidación



*Fuente: Elaborado por el autor*

Se realizó la búsqueda satelital de la zona, a través de la herramienta Google Earth, como se puede visualizar en la figura 03.

**Figura 3** Imagen satelital de la ubicación de las lagunillas de oxidación



*Fuente: Elaborado por el autor*

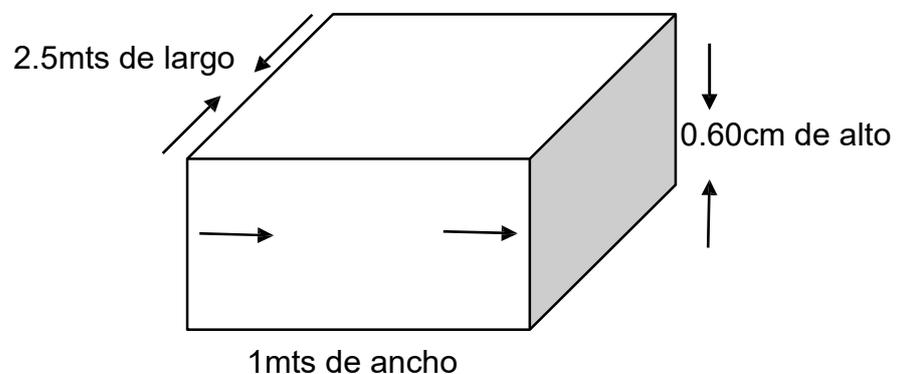
Posteriormente, se procedió a la creación del humedal no natural siguiendo los pasos detallados en la figura 04.

**Figura 4** Excavación para instalar el Humedal No natural



*Fuente: Elaborado por el autor*

- Se procedió a limpiar y mejorar el terreno.
- Luego, se realizó un proceso de refinamiento y nivelación del terreno, tomando en cuenta una pendiente del 0.5%.
- Excavación de hueco para humedal no natural con las siguientes medidas: Largo 2mts; ancho 1.30mts, altura 0,6m



- Se construyeron paredes de humedal no natural utilizando maderas como materia principal.
- Se coloca una geomembrana para prevenir filtraciones hacia el exterior.
- Se instalaron tuberías de PVC de 2" en el humedal no natural, conectadas a una caja de registro manual realizada con un balde de 20 litros.

- Se creó una caja de registro manual utilizando un balde de plástico de 1 litro para recolectar el agua tratada en el humedal no natural.
- Una vez que la geomembrana estaba en su lugar, se procedió a mezclar los materiales necesarios, como arena dulce, aserrín y puño de algarrobo.
- Se recolectaron muestras de agua de las lagunillas de oxidación.
- Posteriormente, se realizó un análisis en laboratorio para evaluar y estudiar la especie *Guadua Angustifolia*.
- Con el propósito de cumplir uno de los objetivos planteados, se realizó el primer monitoreo del agua residual doméstica en las lagunillas de oxidación con el apoyo de un experto de EPS – Grau.
- Para crear el humedal no natural, se prepararon baldes de plástico que se utilizaron como maceteros para las plantas de *Guadua Angustifolia* "Bambú".
- Se seleccionaron y prepararon las plantas de *Guadua Angustifolia* "Bambú" con las características adecuadas para ser plantadas en el humedal no natural, tomando las medidas necesarias.
- Las dimensiones de los plántones de *Guadua Angustifolia* "Bambú" fueron las siguientes: 70 cm, 55 cm, 90 cm, 50 cm, 63 cm, 93 cm, 60 cm, 93 cm, 46 cm.
- Luego, se procedió a la instalación de las plantas de *Guadua Angustifolia* "Bambú" en el humedal no natural.
- Utilizando la mezcla de materiales y el agua recolectada de las lagunas, se realizó el riego adecuado del humedal.
- Se colocan estacas y cintas de seguridad para señalar el área de estudio.
- Después de varios días de riego constante, se demostró un cambio en el estado físico de la planta, con las hojas mostrando un aspecto más seco.

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

Para el análisis de los datos, se realizaron ensayos de laboratorio para medir los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de las aguas servidas y de la especie *Guadua Angustifolia* "Bambú", antes y después de someterlas al tratamiento a través del humedal no natural. Los resultados conseguidos se tabularon y registraron en una hoja de Excel, lo que facilitó su visualización y contrastación. Estas tablas dieron información detallada sobre los cambios y mejoras observadas en los parámetros analizados, lo que permitió evaluar la efectividad del humedal no natural como sistema de tratamiento.

### **3.7. Aspectos éticos**

En este estudio, el recojo de datos se realizó con el consentimiento de la población del distrito de El Alto, donde se identificó la falta de adecuado tratamiento y la disposición no adecuada de aguas servidas de hogares. Durante el proceso de indagación, se siguieron las pautas establecidas por la norma ISO 690 y por el diseño de indagación cuantitativa de la Universidad César Vallejo, garantizando así la rigurosidad y validez de los resultados conseguidos. Esta propuesta busca abordar el problema existente de la disposición final inapropiada de las aguas servidas, y se fundamenta en los hallazgos y resultados conseguidos durante todo el estudio.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Contraste de hipótesis entre la variable independiente, hacia la variable dependiente.

El humedal no natural con la variedad *Guadua Angustifolia* “Bambú” se consideró como la variable independiente en este estudio, lo que significa que fue la condición manipulada y considerada como la causa del análisis. Por otro lado, las aguas servidas de origen doméstico fueron la variable dependiente, representando el resultado o efecto que se midió o analizó en relación a la variable independiente.

Los resultados conseguidos demostraron que el humedal no natural implementado con la variedad *Guadua Angustifolia* “Bambú” fue exitoso y mostró una alta resistencia frente a las aguas servidas de hogares. Esto implica que el humedal fue eficiente en el tratamiento de dichas aguas y que la elección de la especie de bambú fue adecuada para este propósito.

**Figura 5** Humedal preparado



*Fuente: Elaborado por el autor*

**4.1.1. Cumplimiento del objetivo uno, construir un humedal no natural con la variedad *Guadua Angustifolia* “Bambú” para el tratamiento de aguas servidas, observando la adaptación y el mecanismo de acción de la especie.**

Este punto, se hace referencia a una serie de actividades llevadas a cabo para cumplir con el objetivo específico uno, que es cultivar la especie *Guadua Angustifolia* y observar cómo se adapta y reacciona ante el sistema hídrico contaminado. Para lograr esto, se realizaron muestras de análisis a la *Guadua Angustifolia* antes de ser sembrada y regada con las aguas servidas, y luego de haber pasado por el proceso de purificación de aguas. Además, para poder cultivar la especie, se construyó un humedal no natural. Este humedal fue rodeado por trozos de madera, como se muestra en la figura 6, con el propósito de brindar un soporte y mayor resistencia a la *Guadua Angustifolia* frente a posibles eventos naturales.

**Figura 6** Paredes del humedal no natural



*Fuente: Elaborado por el autor*

Para que se pueda continuar con la construcción del humedal no natural, se procedió a instalar la geomembrana, como se muestra en la figura 7, de esa forma, se evitó la filtración de las aguas hacía el suelo natural dónde se construyó el humedal no natural.

**Figura 7** Instalación de geomembrana



*Fuente: Elaborado por el autor*

Luego de la instalación exitosa de la geomembrana, se procedió a colocar las tuberías, tal como se puede apreciar en la figura 8 y 9. Estas tuberías permitirán el flujo del agua residual procedente de todas las macetas que contenían la especie de interés, con el propósito de facilitar la evaluación y monitoreo posteriormente.

**Figura 8** Colocación de tuberías



*Fuente: Elaborado por el autor.*

**Figura 9** Tuberías instaladas



*Fuente: Elaborado por el autor*

Una vez finalizada la colocación de las tuberías en la parte posterior del humedal, se realizó la instalación de una caja de registro manual, como se muestra detalladamente en la figura 10. Esta caja de registro manual desempeña un papel crucial en el sistema, ya que cumple la función de almacenar el agua filtrada. La caja de registro manual se cosecha estratégicamente para permitir una recolección eficiente de agua filtrada. Su ubicación en la parte posterior del humedal garantiza un acceso conveniente y facilita el monitoreo y control del flujo de agua. De esta manera, se asegura que no haya ninguna alteración al momento de realizar los análisis dentro del laboratorio.

**Figura 10** Colocación de caja de registro manual



*Fuente: Elaborado por el autor*

El proceso de siembra de la especie *Guadua Angustifolia* se realizó utilizando baldes medianos de pintura. Para asegurar un drenaje adecuado, se realizó una pequeña perforación en la parte inferior de los baldes, tal como se muestra en la figura 11. De esta forma, el agua filtrada puede pasar a través de los baldes y ser transportada por las cañerías que fueron instaladas previamente, como se aprecia en la figura anterior. Esta configuración permite un suministro eficiente de agua a las plantas y facilita el monitoreo y evaluación de las mismas.

**Figura 11** Perforado de macetas



*Fuente: Elaborado por el autor*

Luego, las macetas fueron implementadas de arena dulce, aserrín y puño de algarrobo, como se muestra en la figura 12.

**Figura 12** Colocación de puño de algarrobo, arena dulce y aserrín



*Fuente: Elaborado por el autor*

Después de haber colocado el material de filtración en las aguas servidas, se procedió a seleccionar cuidadosamente las plantas que serían cultivadas en el humedal no natural, como se muestra en la figura 13. Además, se realizó una meticulosa medición de las plantas, como se ilustra en la figura 14, para evaluar su desarrollo antes de ser dañadas en el humedal no natural y luego, poder verificar su capacidad de purificación del agua residual.

**Figura 13** Selección de la *Guadua Angustifolia* “Bambú”



*Fuente: Elaborado por el autor*

**Figura 14** Medición aproximada de 80cm de *Guadua Angustifolia* “Bambú”



*Fuente: Elaborado por el autor*

Una vez finalizada la construcción de la estructura del humedal no natural, se procedió a llenar las macetas con el material necesario y se plantaron las especies seleccionadas. Cada maceta fue colocada cuidadosamente en su ubicación correspondiente dentro del humedal, tal y como se muestran en las figuras 15 y 16, siguiendo un diseño previamente establecido.

**Figura 15** *Guadua Angustifolia* “Bambú” listas para ser sembradas



*Fuente: Elaborado por el autor*

**Figura 16** *Guadua Angustifolia* instaladas en humedal no natural



*Fuente: Elaborado por el autor*

#### **4.1.2. Observar la adaptación y mecanismo de acción de la *Guadua Angustifolia* “Bambú”**

El propósito de este estudio es analizar y comparar los resultados de los análisis efectuados en la *Guadua Angustifolia*, tanto antes de ser sembrada y regada con las aguas servidas del distrito de El Alto, como después de someterse al proceso de depuración de dichas aguas. El objetivo es evaluar la adaptación de la especie al entorno y examinar su capacidad para purificar las aguas servidas.

La tabla 2 presenta de forma detallada los resultados conseguidos en los análisis realizados antes y después de exponer la *Guadua Angustifolia* a las aguas servidas. Estos análisis abarcaron los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos relevantes para evaluar la calidad del elemento vital y establecer la eficacia del proceso de depuración. Mediante la contrastación de los datos, se identificaron cambios significativos en los niveles de contaminantes y otros indicadores de calidad del elemento vital. Además, se examinaron los efectos en el crecimiento, desarrollo y salud de la especie *Guadua Angustifolia*, así como su capacidad para absorber y filtrar los contaminantes existentes en las aguas servidas.

Los hallazgos conseguidos respaldaron la viabilidad de utilizar la *Guadua Angustifolia* en tratamientos de aguas servidas y dieron bases sólidas para posteriores indagaciones y aplicaciones en el campo de la purificación de aguas.

**Tabla 2** Resultados de muestras de la *Guadua Angustifolia* "Bambú"

Escala de medición		Resultado inicial			Resultado final		
		Rizoma	Tallo	Hojas	Rizoma	Tallo	Hojas
Hierro (Fe)	Mg/Lt (ppm)	0.36	0.08	0.56	6.85	0.12	10.56
Manganeso (Mn)	Mg/Lt (ppm)	0.12	0.01	0.00	4.76	0.04	1.65
Aluminio (Al)	Mg/Lt (ppm)	0.69	0.23	0.12	0.87	2.45	0.23
Cobre (Cu)	Mg/Lt (ppm)	0.48	0.14	0.02	0.66	0.19	4.83
Zinc (Zn)	Mg/Lt (ppm)	0.23	0.04	0.01	7.92	0.68	3.74
Plomo (Pb)	Mg/Lt (ppm)	0.16	0.06	0.01	12.14	0.36	1.46
Selenio (Se)	Mg/Lt (ppm)	0.20	0.01	0.01	1.32	0.73	1.07
Magnesio (Mg)	Mg/Lt (ppm)	2.16	0.31	0.06	2.51	0.97	6.67
Fósforo (P)	Mg/Lt (ppm)	1.35	0.46	0.03	6.93	0.62	1.85

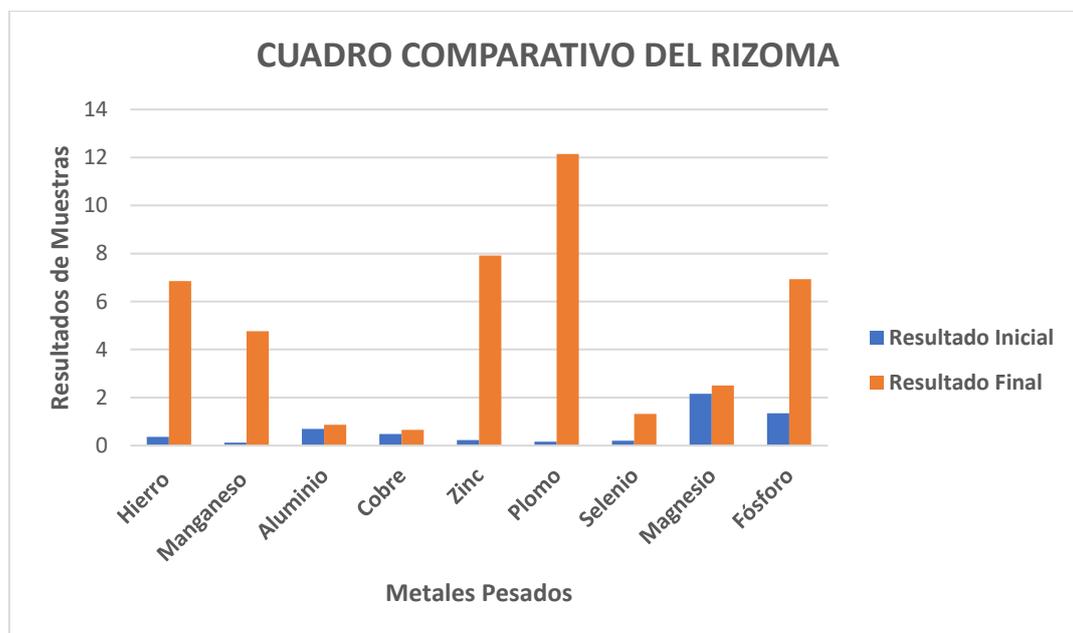
*Fuente: Elaborado por el autor*

En la tabla 2, se realizó un análisis y contrastación de metales pesados en la especie estudiada. Estos análisis permitieron observar variaciones en las diferentes partes de la planta, como el rizoma, el tallo y las hojas. Se encontró que los metales pesados se distribuyen en toda la planta, aunque con concentraciones variables. Algunos metales produjeron concentraciones más altas que otros. Esta información proporciona una comprensión más detallada de la absorción y la distribución de los metales pesados en la especie y su posible efecto sobre su desarrollo y comportamiento a

condiciones ambientales adversas, lo cual es fundamental para el tratamiento de las aguas.

En la figura 17 se aprecian los resultados específicos, del recojo de datos de la muestra inicial y muestra final del rizoma.

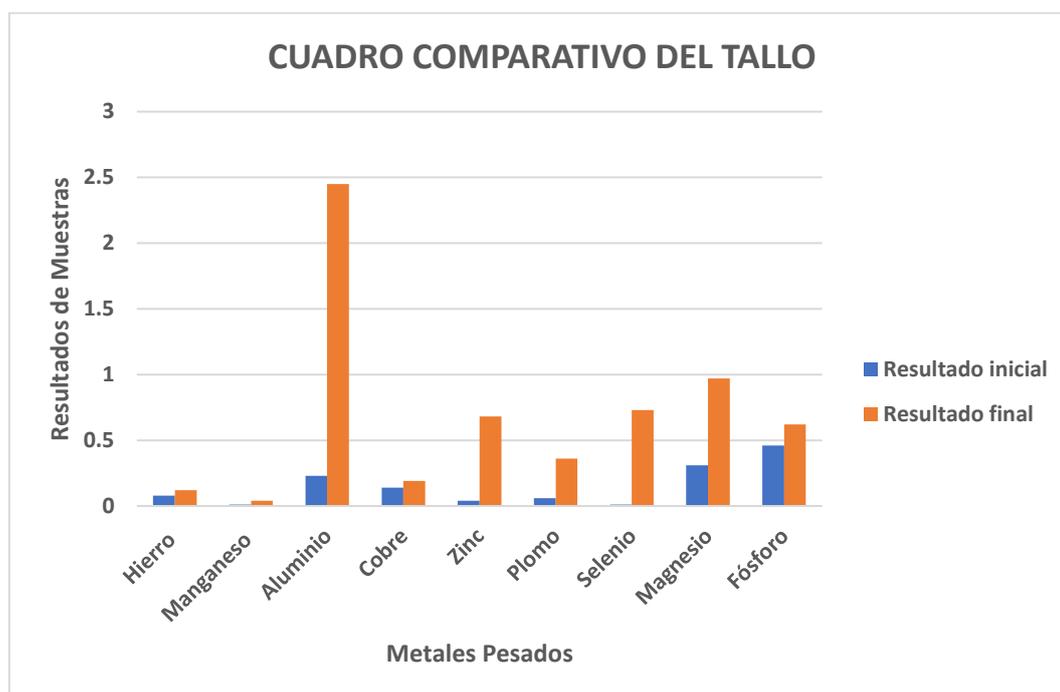
**Figura 17** Datos comparativos del rizoma



*Fuente: Elaborado por el autor*

Estos resultados indican un aumento significativo en las concentraciones de hierro, manganeso, zinc, plomo y selenio en el rizoma después del procesamiento de mejora, lo cual puede deberse a la capacidad de la planta para acumular y retener estos metales. Por otro lado, las concentraciones de aluminio, cobre y fósforo han demostrado cambios menos o no significativos. Es importante destacar que los niveles de metales en el rizoma pueden estar influenciados por varios factores, como la composición del agua residual y las características del humedal no natural. Además, es fundamental realizar un monitoreo continuo de los niveles de metales para asegurar la efectividad del sistema de tratamiento y garantizar que las concentraciones estén dentro de los límites aceptables por el D.S 003-2010 MINAM. Estos resultados resaltan la importancia de implementar sistemas de adecuado tratamiento y realizar un seguimiento constante para garantizar la eliminación segura de metales y prevenir la contaminación del ambiente.

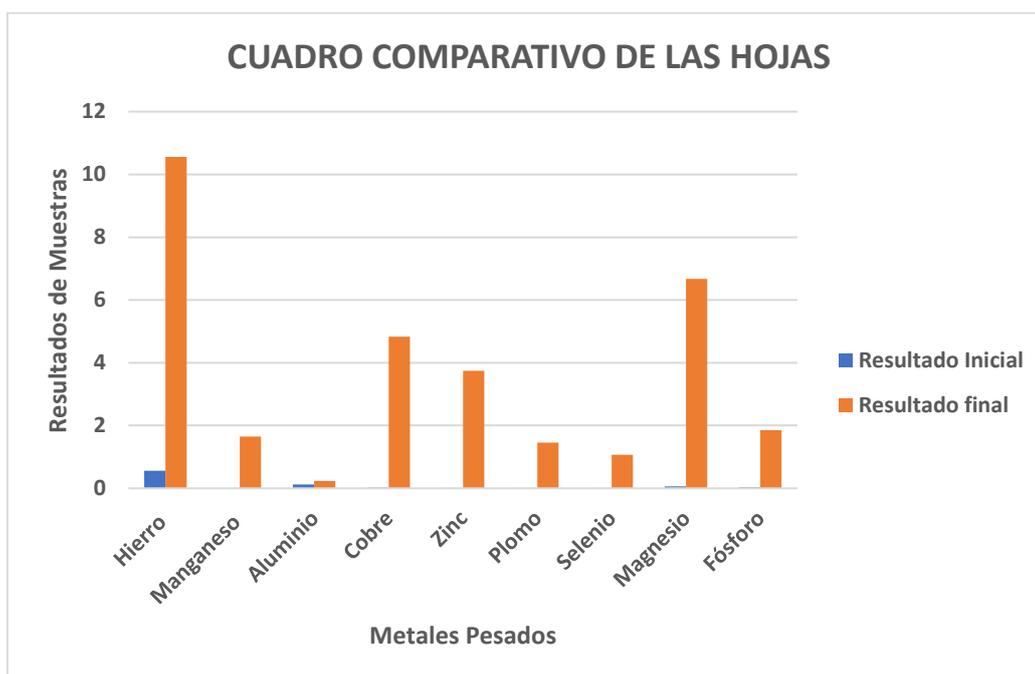
**Figura 18** Datos comparativos del tallo



*Fuente: Elaborado por el autor*

Los resultados de la especie con respecto al tallo muestran diferentes respuestas en la acumulación de metales pesados. Algunos metales como el hierro, cobre y zinc muestran incrementos ligeramente mayores en su concentración después del proceso de depuración, lo que podría deberse a su retención en el tallo durante el tratamiento. Por otro lado, el manganeso y el selenio presentan aumentos más notables en su concentración, indicando una acumulación significativa. El aluminio y el plomo también muestran incrementos marcados en su concentración, lo que sugiere una acumulación considerable en el tallo. El magnesio y el fósforo presentan aumentos más leves, indicando una retención moderada durante el tratamiento. Se deduce, que los resultados de las muestras del tallo, indican una variedad de respuestas en la acumulación de metales pesados durante el proceso de depuración. Estos hallazgos subrayan la importancia de monitorear cuidadosamente los niveles de metales pesados en las aguas servidas de hogares, ya que su acumulación en las plantas puede tener implicaciones tanto para la salud humana como para los ecosistemas acuáticos.

**Figura 19** Datos comparativos de las hojas



Fuente: Elaborado por el autor

Los análisis de las hojas de la planta *Guadua Angustifolia* reveló cambios significativos en la cantidad de varios metales, lo que indica la influencia de factores ambientales y procesos de adsorción de la planta. En particular se apreciaron incrementos sustanciales en la cantidad de hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), selenio (Se), y magnesio (Mg) en las hojas. El hierro experimentó un aumento considerable en su concentración, lo cual puede ser atribuido a la capacidad de la planta para poder adsorber y acumular hierro en el suelo, necesario para diversas funciones biológicas. El manganeso también mostró un incremento notable, siendo esencial para procesos metabólicos y protección contra el estrés oxidativo. El aluminio presentó un ligero aumento en su concentración, posiblemente relacionado con la composición del suelo y factores ambientales. Sin embargo, concentraciones más altas podrían tener efectos tóxicos para las plantas. Por otro lado, tanto el cobre como el zinc mostraron aumentos significativos en su concentración, indicando una mayor disponibilidad en el suelo o exposición a fuentes externas. El exceso de cobre puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas. La presencia de plomo en las hojas sugiere contaminación del suelo y del agua,

y su acumulación excesiva puede tener efectos tóxicos en las plantas y en los organismos que se alimentan en ellas. El selenio desempeña un papel importante como micronutriente y su presencia en las hojas puede contribuir a la protección contra el estrés oxidativo. Finalmente, el magnesio experimentó un incremento considerable en su concentración, siendo esencial para la síntesis de la clorofila y desempeñando un papel crucial en la fotosíntesis y otros procesos metabólicos de la planta.

**Figura 20** *Guadua Angustifolia* después del proceso de purificación de agua



*Fuente: Elaborado por el autor*

Lo que muestra la figura 20, es el resultado final de la *Guadua Angustifolia* después de haber sido regada con las aguas servidas del distrito de El Alto, se visualiza una transformación anómala entre el antes y después del proceso.

#### **4.2. Cumplimiento de los objetivos dos y tres, realizar un monitoreo de aguas servidas antes del procesamiento de mejora y después del procesamiento de mejora.**

Es esencial asegurar el cumplimiento de los máximos límites permitidos de acuerdo lo establecido en el D.S. 003-2010 MIANM para determinar la calidad del elemento vital y garantizar su adecuado tratamiento. Mediante la contrastación de los resultados antes y después del procesamiento de mejora, se podrá evaluar la eficacia del proceso de tratamiento de aguas

servidas y establecer si se ha logrado una mejora considerable en la calidad del elemento vital.

#### 4.2.1. Resultados del primer monitoreo de las aguas servidas

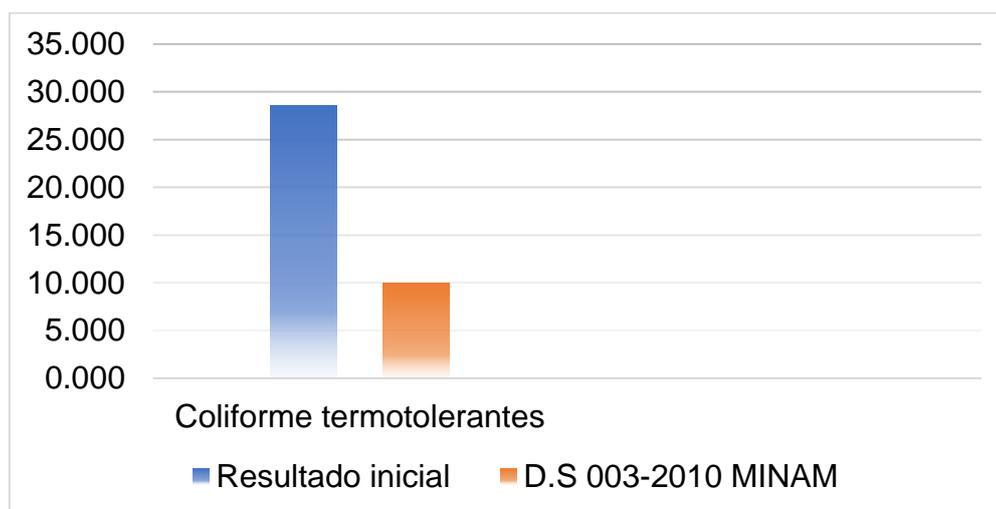
**Tabla 3** Parámetros Microbiológicos y fisicoquímicos LMP D.S 003-2010 MINAM

<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS</b>			
<b>Determinación de la muestra</b>	<b>Resultado inicial</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>D.S 003-2010 MINAM</b>
<b>Coliforme termotolerantes</b>	28.600	NMP/100 mL	10.000
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	410	mg/L	100
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	200	mg/L	200
<b>pH</b>	6.1	Unidad de medida	6.5 - 8.5
<b>Sólidos totales suspendidos</b>	580	mL/L	150
<b>Temperatura</b>	21	°C	<35

*Fuente: Elaborado por el autor*

De acuerdo los datos mostrados en la tabla 3, los resultados muestran la existencia de contaminación microbiológica, indicando una alta carga orgánica, un pH ligeramente ácido y una concentración elevada de sólidos suspendidos en el agua residual. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar un tratamiento apropiado que incluya procesos de desinfección, eliminación de materia orgánica, ajuste de pH y eliminación de sólidos suspendidos para mejorar la calidad del elemento vital y disminuir los riesgos para la salud y el ambiente. Asimismo, resulta crucial adoptar prácticas de gestión adecuadas para prevenir la contaminación y fomentar el uso sostenible del agua.

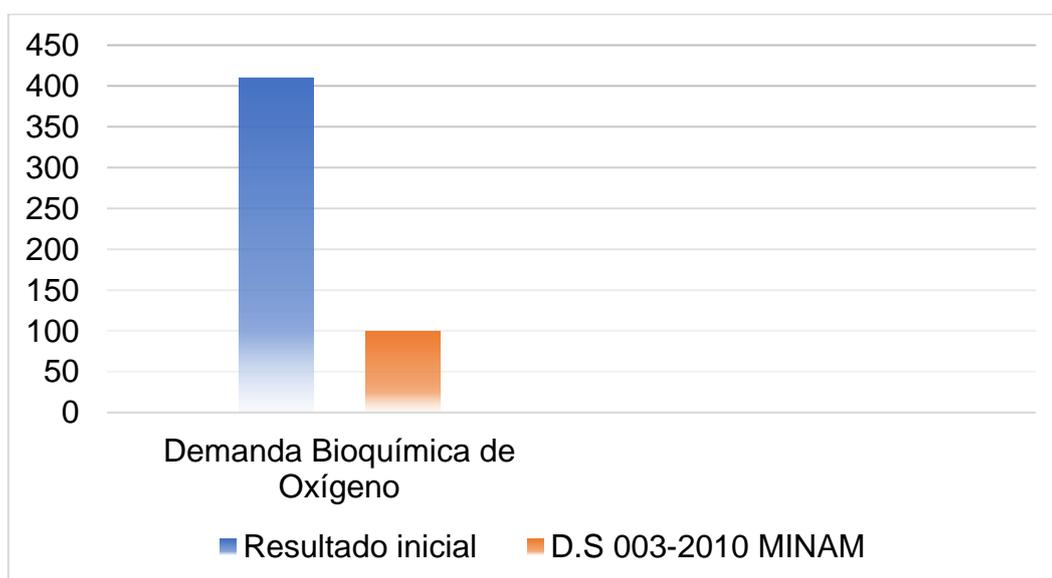
**Figura 21** Monitoreo inicial de coliformes termotolerantes



*Fuente: Elaborado por el autor*

En la figura 21, a diferencia del resultado inicial y el valor establecido por el D.S 003 – 2010 del MINAM, indican en la muestra inicial de coliforme termotolerantes 28.600 NPM/100 ml, en dónde indica la presencia de una alta carga de microorganismos coliformes, lo que puede ser indicativo de contaminación fecal y posibles riesgos para la salud humana y el ambiente.

**Figura 22** Monitoreo inicial de demanda bioquímica de oxígeno

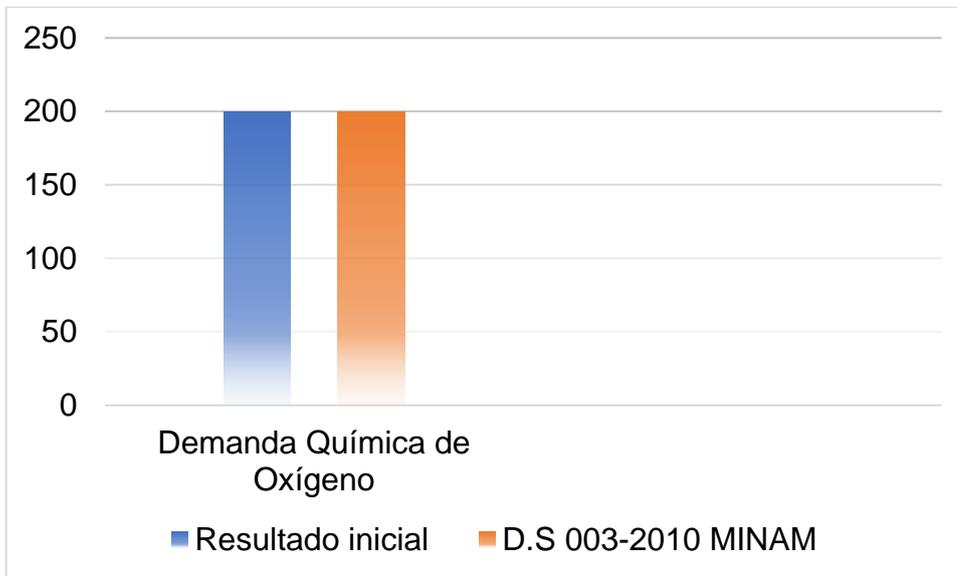


*Fuente: Elaborado por el autor*

En la figura 22 muestra en el resultado inicial del DBO<sub>5</sub> indica una concentración de 410 mg/l de DBO<sub>5</sub>, por el contrario, el valor establecido por

el D.S 003-2010 del MINAM es de 100 mg/l. Un valor alto de DBO indica una mayor carga de materia orgánica, el cuál es indicativo de descargas industriales o actividades agrícolas intensivas.

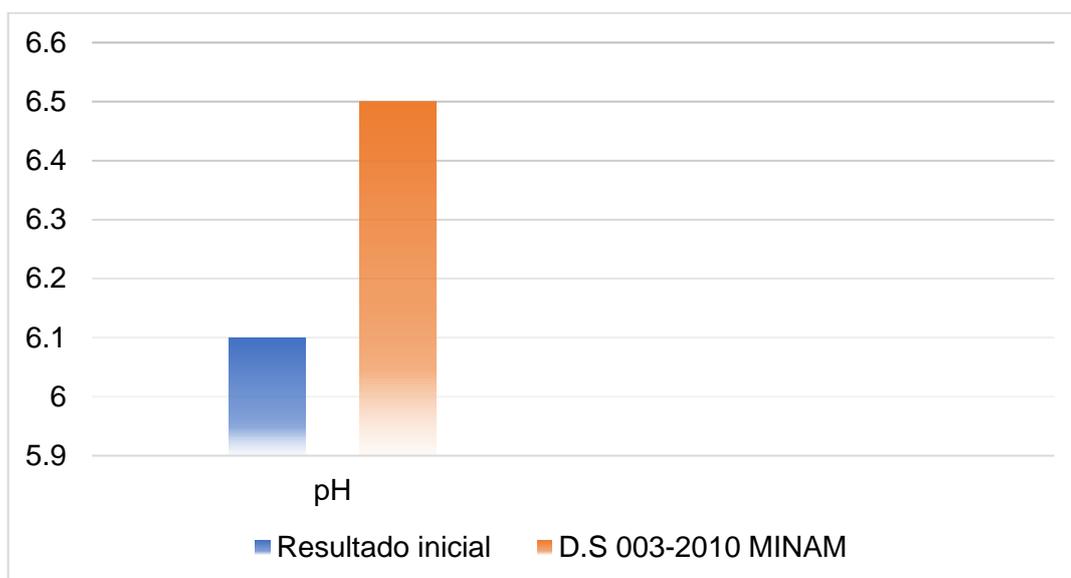
**Figura 23** Monitoreo inicial de demanda química de oxígeno



*Fuente: Elaborado por el autor*

En la figura 23 muestra en el resultado inicial de DQO indica la cantidad de 200 mg/l al igual que el D.S 003-2010 del MINAM, hay una coincidencia en ambos resultados, se considera que el agua cumple con los parámetros de calidad determinados.

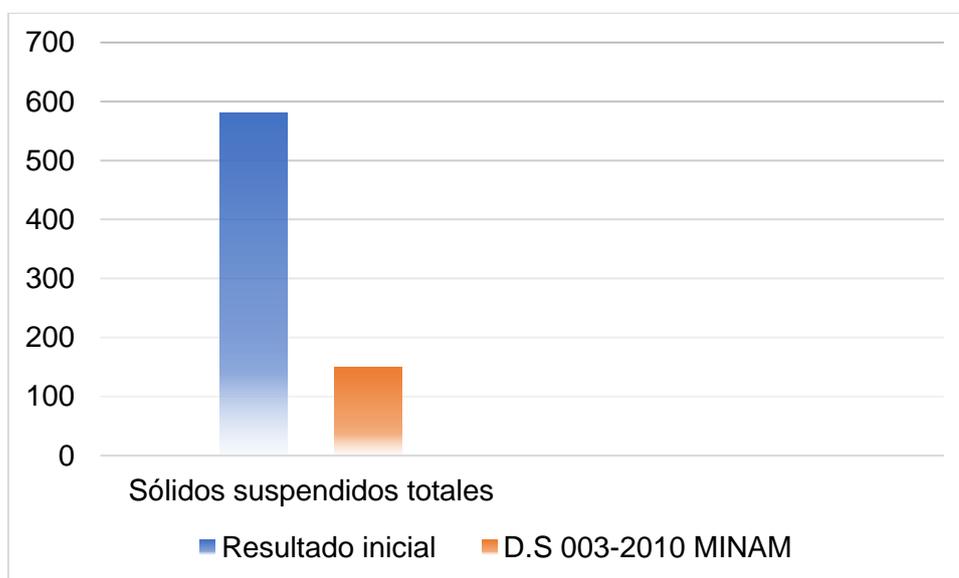
**Figura 24** Monitoreo inicial de pH



*Fuente: Elaborado por el autor*

En la figura 24 muestra en el resultado inicial de pH 6.1, mientras que en el D.S 003-2010 del MINAM es de 6.5 a 8.5, y comparando la muestra inicial con el D.S indica que el agua de las lagunillas de oxidación es ligeramente ácida.

**Figura 25** Monitoreo inicial de sólidos totales suspendidos

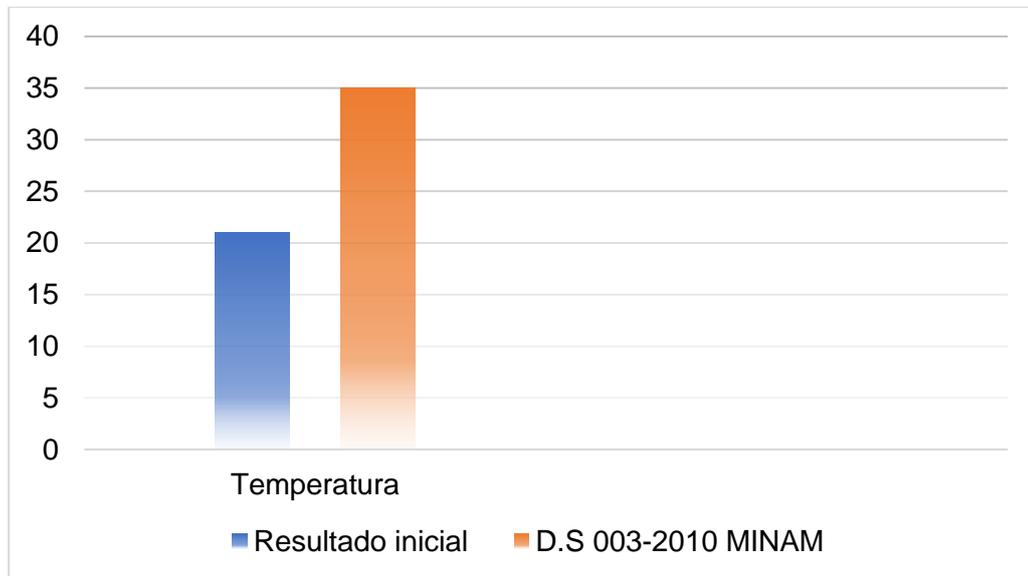


*Fuente: Elaborado por el autor*

De acuerdo la figura 25 muestra en el resultado inicial 580 mg/l y de acuerdo el D.S. es de 150 mg/l. Por consiguiente, se visualiza que las aguas servidas

presentar una concentración elevada de partículas en suspensión que incluyen materia orgánica, sedimentos microorganismos, productos químicos y otros materiales en suspensión.

**Figura 26** Monitoreo inicial de temperatura



*Fuente: Elaborado por el autor*

De acuerdo en la figura 26, los resultados brotaron 21°C, y en el D.S. es de 35°C. Por lo tanto, la temperatura del agua residual se halla dentro del rango permitido por las normas y no excede los límites determinados. La temperatura puede variar dependiendo de varios factores, como la estación del año, la ubicación geográfica y las actividades humanas cercanas al cuerpo de agua. Es importante destacar que una temperatura elevada en el agua puede tener efectos perjudiciales en los organismos acuáticos, como la disminución de los niveles de oxígeno disuelto, el aumento de la proliferación de ciertas especies y la alteración de los procesos biológicos y químicos en los ecosistemas acuáticos.

**Tabla 4** Parámetros fisicoquímicos de referencia – Primer monitoreo**PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS**

N°	Determinación de la muestra	Muestra inicial	Unidad de medida
1	Nitritos	20.2	mg/l (ppm)
2	Nitratos	85.3	mg/l (ppm)
3	Fósforo total (P)	5.9	mg/l (ppm)
4	Cobre (Cu)	6.4	mg/l (ppm)
5	Zinc (Zn)	4.6	mg/l (ppm)
6	Plomo (Pb)	1.3	mg/l (ppm)
7	Selenio (Se)	0.3	mg/l (ppm)
8	Conductividad (25°C)	4900	uScm
9	Cloruros (Cl)	580	mg/l (ppm)
10	Sulfatos (SO <sub>2</sub> )	490	mg/l (ppm)
11	Sólidos totales en suspensión	580	mg/l (ppm)
12	Mercurio (Hg)	0	mg/l (ppm)
13	Hierro (Fe)	6.5	mg/l (ppm)
14	Manganesio (Mn)	0.6	mg/l (ppm)
15	Níquel (Ni)	0.0	mg/l (ppm)

*Fuente: Elaborado por el autor*

**Tabla 5** Parámetros microbiológicos de referencia – Primer monitoreo**PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS**

N°	Determinación de la muestra	Muestra inicial	Unidad de medida
1	Coliformes totales	34500	Nmp/a 35°C
2	E. Coli	4500	Nmp/100ml a 44.5 °C
3	Bacterias heterotróficas	6800	UFC/100ml a 44.5°C
4	Huevos y larvas helmitos	35	N° org/L

*Fuente: Elaborado por el autor*

Los resultados que se muestran en la tabla 4 y 5, desempeñan un papel crucial en el análisis de la capacidad de la especie para hacer frente a los contaminantes existentes; ambas tablas contienen información detallada sobre los diferentes parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del agua.

#### 4.2.2. Resultados del segundo monitoreo de las aguas servidas

**Tabla 6** Parámetros fisicoquímicas y microbiológicos LMP D.S 003-2010  
MINAM

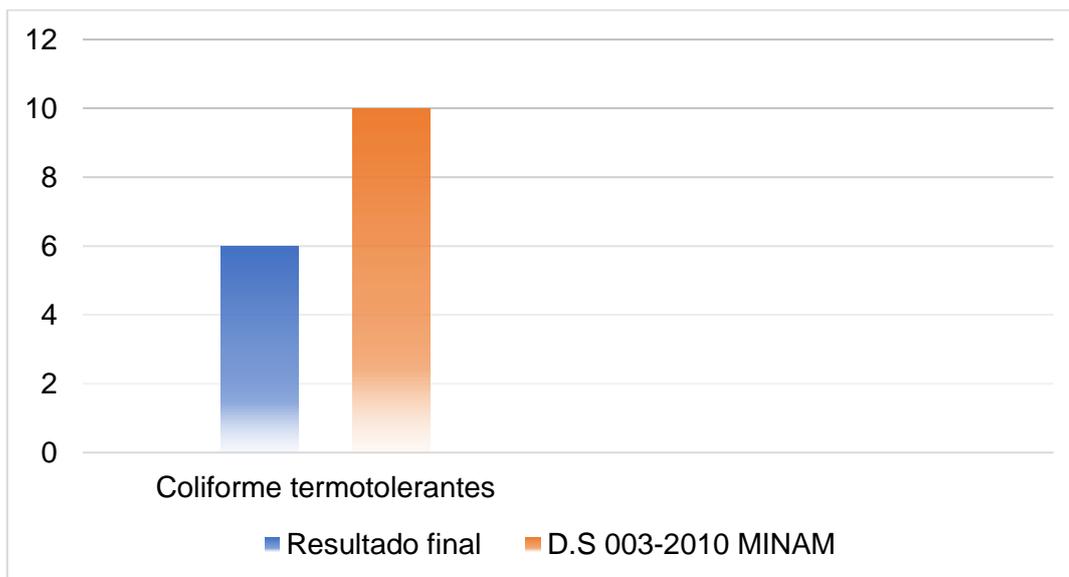
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS</b>			
<b>Determinación de la muestra</b>	<b>Resultado final</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>D.S 003-2010 MINAM</b>
<b>Coliforme termotolerantes</b>	6	NMP/100 mL	10.000
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	12	mg/L	100
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	30	mg/L	200
<b>pH</b>	7.0	Unidad de medida	6.5 - 8.5
<b>Sólidos totales suspendidos</b>	10	mL/L	150
<b>Temperatura</b>	25	°C	<35
<b>Aceites y grasas</b>	<1	mg/Lt-1 (ppm)	20

*Fuente: Elaborado por el autor*

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 6, se puede observar que los resultados finales difieren de los límites determinados por el D.S. 003-2010 del MINAM. Los valores conseguidos para los siete parámetros evaluados son menores que los límites determinados, lo que indica que el tratamiento aplicado a las aguas servidas ha logrado disminuir las concentraciones de contaminantes y ajustar los parámetros dentro de los rangos aceptables. Se ha observado disminuciones significativas en los niveles de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno, lo que sugiere una disminución en la carga microbiológica y orgánica del agua tratada. Además, el pH del agua tratada se halla dentro del rango óptimo establecido por las normas, lo que demuestra que el agua tratada presenta una acidez adecuada, los sólidos totales suspendidos también se ha reducido significativamente, habiendo una disminución en las partículas sólidas presentes en el agua, la temperatura del agua tratada se mantiene por debajo del límite establecido, y en cuanto a los aceites y grasas, la concentración es muy baja, logrando una eficiente eliminación de los contaminantes durante el tratamiento.

En resumen, el empleo de la especie *Guadua Angustifolia* "Bambú" como tratamiento de aguas servidas ha demostrado ser segura en la disminución de los contaminantes y en la adecuación de los parámetros dentro de los límites determinados por el D.S. 003-2010 MINAM.

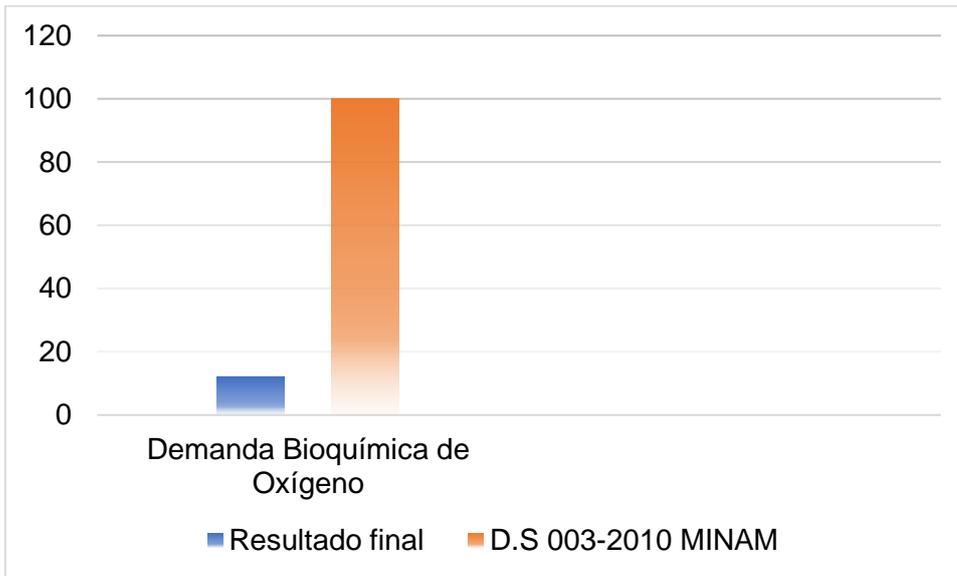
**Figura 27** Monitoreo final de los coliformes termotolerantes



*Fuente: Elaborado por el autor*

En la figura 27, se tuvo una concentración de coliformes termotolerantes como resultado final 60 NMP/100 ml; por el contrario, en el D.S 003-2010 del MINAM el resultado es del 10.000 NPM/100 ml. Por lo que se demostró que la cantidad de coliformes termotolerantes en el agua analizada está por debajo de los límites permitidos por las normas, el agua evaluada presenta un nivel aceptable de contaminación microbiológica en cuanto a la presencia de coliformes termotolerantes.

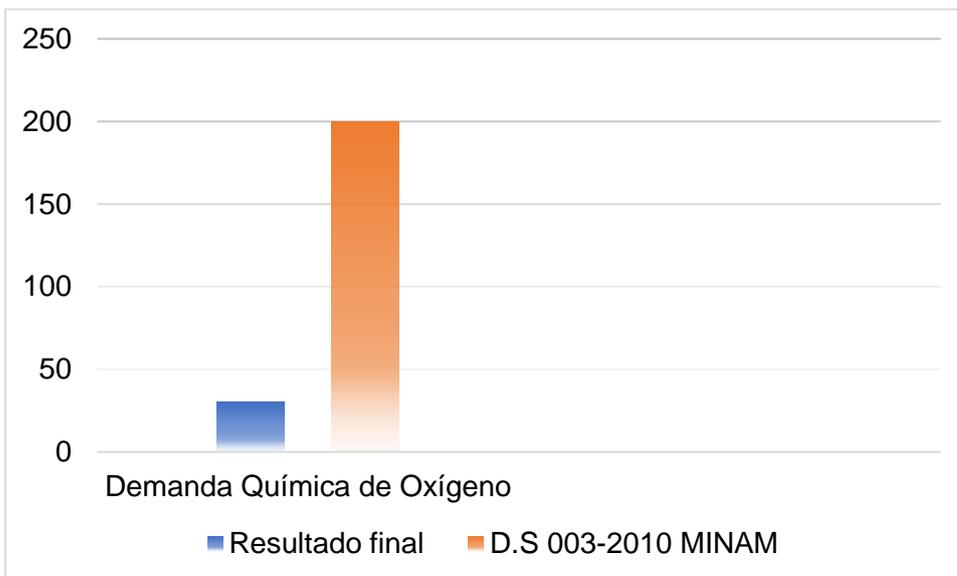
**Figura 28** Monitoreo final de demanda bioquímica de oxígeno



*Fuente: Elaborado por el autor*

Se aprecia en la figura 28 se tuvo una concentración de 12 mg/l y lo que indica el D.S 003-2010 del MINAM es de 100 mg/l. Por lo que se demostró que la carga orgánica en el agua ha sido reducida seguramente a través del procesamiento de mejora aplicado.

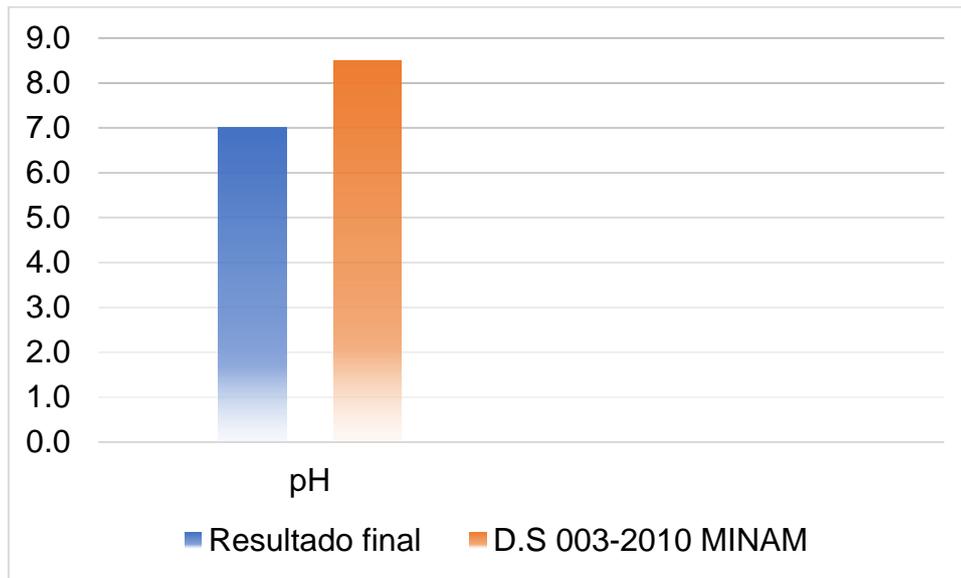
**Figura 29** Monitoreo de demanda química de oxígeno



*Fuente: Elaborado por el autor*

Se aprecia en la figura 29, se tuvo una concentración de 30 mg/l y lo que indica en el D.S 003-2010 del MINAM es de 200 mg/l. Por lo que se demostró que se ha logrado una disminución segura de la carga de contaminantes químicos presentes en el agua a través del procesamiento de mejora de purificación de agua.

**Figura 30** Monitoreo final de pH



*Fuente: Elaborado por el autor*

Se aprecia en la figura 30, se tuvo una concentración de 7.0 y lo que indica el D.S 003-2010 del MINAM es de 6.5 a 8.5 und. Por lo que se demostró fue que los resultados se consideran neutro, lo que demuestra que el agua tiene una acidez equilibrada.

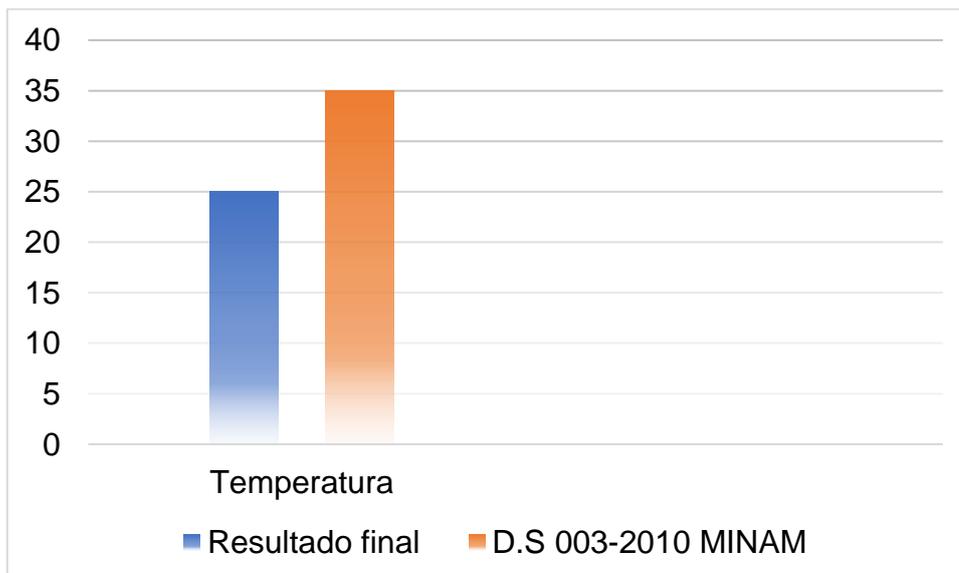
**Figura 31** Monitoreo final de sólidos totales suspendidos



*Fuente: Elaborado por el autor*

Se aprecia en la figura 31, se tuvo una concentración de 10 mg/l y lo que indica el D.S 003-2010 del MINAM es de 150 mg/l. Por consiguiente, el tener una menor concentración de sólidos totales suspendidos, implica un agua más clara y con menor carga material particulado, permitiendo una mayor penetración de luz solar, mejorar la disponibilidad de oxígeno disuelto y disminuir el riesgo de sedimentación en el lecho de los cuerpos de agua.

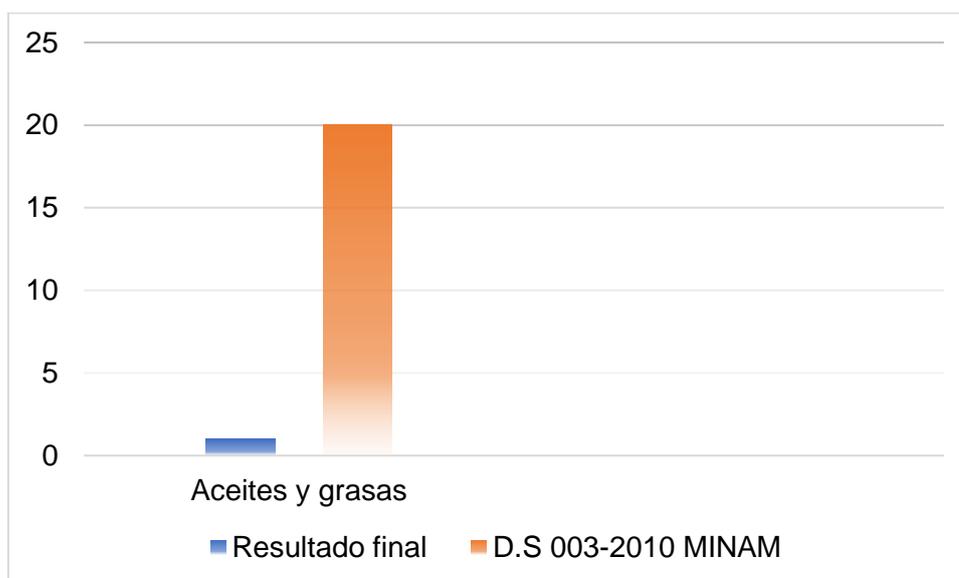
**Figura 32** Monitoreo final de temperatura



*Fuente: Elaborado por el autor*

Se aprecia en la figura 32, se tuvo una concentración de 25°C y lo que indica el D.S 003-2010 del MINAM es el resultado tiene que ser menor de 35°C. Se demostró que la temperatura del agua tratada se encontraba dentro de los límites determinados.

**Figura 33** Monitoreo final de aceites y grasas



*Fuente: Elaborado por el autor*

En la figura 33, se tuvo una concentración de 1 mg/Lt-1 (ppm) y lo que indica el D.S 003-2010 del MINAM el resultado es de 20 mg/Lt-1 (ppm). Se logró disminuir significativamente la cantidad de aceites y grasas del humedal no natural, cumpliendo con los máximos límites permitidos del MINAM.

Tabla 7

**Tabla 7** Parámetros fisicoquímicos de referencia – Segundo monitoreo

### PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

N°	Determinación de la muestra	Muestra final	Unidad de medida
1	Nitritos	<1	mg/l (ppm)
2	Nitratos	8	mg/l (ppm)
3	Fósforo total (P)	<0.5	mg/l (ppm)
4	Cobre (Cu)	0.8	mg/l (ppm)

5	Zinc (Zn)	1	mg/l (ppm)
6	Plomo (Pb)	0.03	mg/l (ppm)
7	Selenio (Se)	0.02	mg/l (ppm)
8	Conductividad (25°C)	400	uScm
9	Cloruros (Cl)	40	mg/l (ppm)
10	Sulfatos (SO <sub>2</sub> )	60	mg/l (ppm)
11	Sólidos totales en suspensión	10	mg/l (ppm)
12	Mercurio (Hg)	0	mg/l (ppm)
13	Hierro (Fe)	<1	mg/l (ppm)
14	Manganesio (Mn)	<0.01	mg/l (ppm)
15	Níquel (Ni)	0	mg/l (ppm)

Fuente: Elaborado por el autor

**Tabla 8** Parámetros microbiológicos de referencia – Segundo monitoreo

### PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

N°	Determinación de la muestra	Muestra final	Unidad de medida
1	Coliformes totales	0.8	Nmp/100ml a 35°C
2	E. Coli	0.3	Nmp/100ml a 44.5°C
3	Bacterias heterotróficas	0.3	UFC/100ml a 44.5°C
4	Huevos larvas y hemiltos	2	N° org/l

Fuente: Elaborado por el autor

Los resultados de las muestras de las tablas 7 y 8, demuestran un panorama altamente positivo en relación al tratamiento de aguas servidas. En contrastación con los resultados de los primeros análisis, se visualizó que la especie *Guadua Angustifolia* desempeñó de manera segura la función de adsorber una cantidad significativa de metales pesados, lo que ha llevado a una purificación, casi en su totalidad.

#### 4.3. Variable control: Eficiencia entre humedal con vegetación y sin vegetación

En el contexto del estudio, con el propósito de confirmar la efectividad del humedal no natural, se realizó la construcción de un humedal sin la presencia de la especie *Guadua Angustifolia* "Bambú". Este humedal sin vegetación se utilizó como variable de control, permitiendo realizar comparaciones con el humedal no natural que cuenta con la presencia de la especie.

Los resultados del análisis de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de las aguas servidas, tanto previos como posteriores al tratamiento realizado en los humedales no naturales, se presentan en la tabla 9. Estos resultados proporcionan información relevante sobre los cambios y mejoras logradas en calidad del elemento vital a través del proceso de tratamiento.

Tabla 9

**Tabla 9** Eficiencia entre humedal con vegetación y sin vegetación (referencial)

Escala de medición		Resultado inicial	Humedal con vegetación		Humedal sin vegetación	
			Resultado final	Eficiencia	Resultado final	Eficiencia
Cobre	Mg/Lt (ppm)	6.4	0.1	98.44%	6.34	0.94%
Fósforo	Mg/Lt (ppm)	5.9	<0.1	98.31%	5.88	0.34%
Zinc	Mg/Lt (ppm)	4.6	1	78.26%	4.62	-0.43%
Plomo	Mg/Lt (ppm)	1.3	0.03	97.69%	1.29	0.77%
Selenio	Mg/Lt (ppm)	0.3	0.02	93.33%	0.32	-0.67%
Hierro (Fe)	Mg/Lt (ppm)	6.5	<1	84.62%	6.83	-0.50%
Manganeso (Mn)	Mg/Lt (ppm)	0.6	<0.1	83.33%	0.59	1.67%

Fuente: Elaborado por el autor

Tras realizar el análisis inicial antes del procesamiento de mejora, se apreciaron valores elevados de los parámetros que excedían los máximos límites permitidos. No obstante, luego de aplicar el tratamiento utilizando tanto el humedal no natural con la variedad *Guadua Angustifolia* como el humedal no natural sin vegetación, se pudo apreciar una notoria mejora en la calidad del elemento vital. En el caso del humedal no natural con *Guadua Angustifolia*, se obtuvo una eficiencia impresionante, que varió entre el 84% y el 99%. Esto indica que la mayoría de los parámetros analizados experimentaron una disminución significativa, aproximándose o incluso cumpliendo con los parámetros de calidad determinados.

En contraste, el humedal no natural sin vegetación también presentó mejoras en los resultados después del procesamiento de mejora; sin embargo, la eficacia obtenida no fue concluyente, ya que en algunos casos los valores no disminuyeron y, de hecho, mostraron variaciones negativas. Además, en lo que respecta a los metales pesados como el plomo, selenio y cobre, se logró

alcanzar una eficiencia promedio del 70% al 75%, lo que indica una disminución significativa en la cantidad de estos elementos en el agua tratada. Estos hallazgos destacan la eficacia del humedal no natural con la variedad *Guadua Angustifolia* como una opción viable y segura para el tratamiento de aguas servidas, ofreciendo resultados más consistentes y favorables en contrastación con el humedal sin vegetación.

## V. DISCUSIÓN

La intención de esta indagación es demostrar la efectividad de la especie *Guadua Angustifolia* en los procesos de tratamiento de aguas servidas, logrando así alcanzar los objetivos determinados. Inicialmente, se define el concepto de humedales no naturales de flujo subsuperficial, los cuales, de acuerdo (González Barreto, 2004) son diseñados con el propósito de dar tratamientos secundarios o avanzados, mediante canales o zanjas con fondos no permeables, rellenos de un medio rocoso y otro tipo de suelo apropiado para el crecimiento de emergente vegetación. En dónde, la presente pesquisa, utiliza la especie *Guadua Angustifolia* para poder generar la purificación de aguas servidas. En ese sentido, hay una semejanza con los porcentajes de eficiencia con este proyecto de indagación, con otros proyectos de indagación, en dónde (Herrera Ramos, 2018) los parámetros de coliformes termotolerantes le dieron como resultado una eficiencia del 92.09%, en cambio, en el porcentaje de eficiencia que se obtuvo de este proyecto de indagación, la eliminación de eficiencia es del 99.79%. En lo que respecta a los parámetros, sólidos totales suspendidos, de acuerdo (Herrera Ramos 2018a) tiene como porcentaje de eficiencia el 81.20% a diferencia de este proyecto de indagación, la eficiencia de eliminación es de 98.28%. Es ahí dónde podemos decir, que este proyecto de indagación ha tenido resultados muy favorables, a contrastación de otros proyectos de indagación. Los metales pesados y de más parámetros evaluados en el siguiente proyecto de indagación, han variado significativamente con los primeros análisis de laboratorio, lo que quiere decir, que la eficiencia que se da en un humedal no natural con la variedad *Guadua Angustifolia*, es del 99.50%. Por los buenos resultados que se han obtenido en este primer objetivo específico, empezaremos a evaluar el segundo objetivo específico. Realizar un monitoreo de las aguas servidas, antes de aplicar el tratamiento a través del humedal no natural construido con la variedad *Guadua Angustifolia* (bambú), en el distrito de el alto – Piura Perú.

En relación al objetivo específico segundo, se planteó realizar un monitoreo de las aguas servidas del distrito de El Alto en Piura, Perú, antes de

someterlas al tratamiento a través del humedal no natural construido con la variedad *Guadua Angustifolia* (bambú).

Los resultados conseguidos en el monitoreo fueron altamente positivos, ya que las aguas servidas originales procedentes de las lagunillas de oxidación del distrito presentaban un alto contenido de metales pesados que excedía los máximos límites permitidos determinados por el Ministerio del Ambiente. Sin embargo, tras la implementación del humedal no natural con la variedad *Guadua Angustifolia*, se pudo apreciar una significativa disminución en los niveles de contaminantes, mostrando una clara diferencia entre los análisis iniciales y los posteriores.

Finalmente, cumpliendo con los objetivos planteados en este proyecto de indagación, se logró determinar la eficiencia del humedal no natural construido con la variedad *Guadua Angustifolia* (bambú) en el tratamiento de las aguas servidas del distrito de El Alto en Piura, Perú. Se pudo evaluar la eficiencia de los humedales no naturales horizontales empleando *Guadua Angustifolia* para tratar las aguas servidas de origen doméstico, alcanzando un impresionante 99.50% de eficiencia en la eliminación de metales pesados.

## VI. CONCLUSIONES

1. El humedal no natural construido con la variedad *Guadua Angustifolia* “Bambú” resultó eficiente para los tratamientos de las aguas de tipo residual de origen doméstico del distrito de El Alto. Se mostró una eficiencia del 99% tanto en parámetros físicos- químicos, microbiológicos y metales pesados, evidenciando la importancia de la utilización de este tipo de humedales para el tratamiento y la correcta disposición final de las aguas de tipo residual de origen doméstico del distrito.
2. El humedal no natural construido con la variedad *Guadua Angustifolia* “Bambú” resultó eficiente para los tratamientos de las aguas de tipo residual de origen doméstico del distrito de El Alto. Se mostró una eficiencia del 99% tanto en parámetros físicos- químicos, microbiológicos y metales pesados, evidenciando la importancia de la utilización de este tipo de humedales para el tratamiento y la correcta disposición final de las aguas de tipo residual de origen doméstico del distrito.
3. El monitoreo realizado a las aguas de origen residual antes de aplicar el tratamiento mostró valores que se exceden los Máximos límites Permitidos de acuerdo el D.S. 003-2010 del Ministerio de Ambiente, así se evidenció que, respecto a los parámetros físicos – químicos, los Nitritos mostraron un resultado de 900 Mg/Lt, el DBO5 mostró un resultado de 410 y los Sólidos totales suspendidos se arrojó un resultado de 580 Mg/Lt; y, respecto a los parámetros Microbiológicos, los Coliformes Termo tolerantes mostraron un valor de 28,600 NPM/100ml a 44.5°C, evidenciando que, las aguas de origen residual poseen alto grado de contaminación y no se hallan aptas para su disposición final.
4. El monitoreo realizado a las aguas de origen residual después de aplicar el tratamiento mostró valores muy por debajo de los Máximos límites Permitidos de acuerdo el D.S. 003-2010 del Ministerio de Ambiente, así se evidenció que, respecto a los parámetros físicos – químicos, los Nitritos mostraron un resultado de 8 Mg/Lt, el DBO5 mostró un resultado de 12 y los Sólidos totales suspendidos se arrojó un resultado de 10 Mg/Lt; y, respecto a los parámetros Microbiológicos, los Coliformes Termo tolerantes mostraron un valor de 60 NPM/100ml a 44.5°C, evidenciando

una eficiencia del 99%, lo que indica que, las aguas de origen residual poseen muy bajo grado de contaminación y se hallan totalmente aptas para su disposición final.

## VII. RECOMENDACIONES

1. El humedal no natural construido con la variedad *Guadua Angustifolia* “Bambú” resultó eficiente para los tratamientos de las aguas de tipo residual de origen doméstico del distrito de El Alto. Se mostró una eficiencia del 99% tanto en parámetros físicos- químicos, microbiológicos y metales pesados, evidenciando la importancia de la utilización de este tipo de humedales para el tratamiento y la correcta disposición final de las aguas de tipo residual de origen doméstico del distrito.
2. El humedal no natural construido con la variedad *Guadua Angustifolia* “Bambú” resultó eficiente para los tratamientos de las aguas de tipo residual de origen doméstico del distrito de El Alto. Se mostró una eficiencia del 99% tanto en parámetros físicos- químicos, microbiológicos y metales pesados, evidenciando la importancia de la utilización de este tipo de humedales para el tratamiento y la correcta disposición final de las aguas de tipo residual de origen doméstico del distrito.
3. El monitoreo realizado a las aguas de origen residual antes de aplicar el tratamiento mostró valores que se exceden los Máximos límites Permitidos de acuerdo el D.S. 003-2010 del Ministerio de Ambiente, así se evidenció que, respecto a los parámetros físicos – químicos, los Nitritos mostraron un resultado de 900 Mg/Lt, el DBO5 mostró un resultado de 410 y los Sólidos totales suspendidos se arrojó un resultado de 580 Mg/Lt; y, respecto a los parámetros Microbiológicos, los Coliformes Termo tolerantes mostraron un valor de 28,600 NPM/100ml a 44.5°C, evidenciando que, las aguas de origen residual poseen alto grado de contaminación y no se hallan aptas para su disposición final.
4. El monitoreo realizado a las aguas de origen residual después de aplicar el tratamiento mostró valores muy por debajo de los Máximos límites Permitidos de acuerdo el D.S. 003-2010 del Ministerio de Ambiente, así se evidenció que, respecto a los parámetros físicos – químicos, los Nitritos mostraron un resultado de 8 Mg/Lt, el DBO5 mostró un resultado de 12 y los Sólidos totales suspendidos se arrojó un resultado de 10 Mg/Lt; y, respecto a los parámetros Microbiológicos, los Coliformes Termo tolerantes mostraron un valor de 60 NPM/100ml a 44.5°C, evidenciando

una eficiencia del 99%, lo que indica que, las aguas de origen residual poseen muy bajo grado de contaminación y se hallan totalmente aptas para su disposición final.

## REFERENCIAS

- AGUILAR SALDAÑA, S., 2021. Tratamiento de aguas servidas en unidades básicas de saneamiento construyendo humedales no naturales, campo alegre – Bagua Grande - 2021. En: Accepted: 2021-08-03T13:31:33Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65696>.
- BONO CABRÉ, R., 2012. Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. En: Accepted: 2012-09-14T10:35:18Z [en línea], [consulta: 8 junio 2023]. Disponible en: <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/30783>.
- CHAFLOQUE, W.A.L. y GÓMEZ, E.G., 2006. Diseño de humedales no naturales para el tratamiento de aguas servidas en la UNMSM. , vol. 15, no. 17,
- El OEFA advierte problemática ambiental por déficit de tratamiento de las aguas servidas a nivel nacional. *OEFA* [en línea], 2014. [consulta: 8 junio 2023]. Disponible en: <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-advierte-problematica-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivel-nacional/ocac07/>.
- GONZÁLEZ BARRETO, J., 2004. Tratamiento de aguas domésticas residuales mediante humedales no naturales de flujo subsuperficial a base de *Guadua Angustifolia*. *Ingeniería Ambiental y Sanitaria* [en línea], Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1739](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1739).
- HERRERA RAMOS, H.J., 2018a. Eficiencia de la *Guadua Angustifolia* (Bambú) en tratamientos de aguas domésticas residuales mediante humedal no natural en el centro poblado Santa Catalina, distrito y provincia de Moyobamba, 2017. En: Accepted: 2019-04-04T15:24:58Z, *Repositorio - UNSM* [en línea], [consulta: 12 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3218>.
- HERRERA RAMOS, H.J., 2018b. *Eficiencia de la Guadua Angustifolia (Bambú) en tratamientos de aguas domésticas residuales mediante humedal no natural en el centro poblado Santa Catalina, distrito y provincia de*

*Moyobamba, 2017* [en línea]. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario. Moyobamba – Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3218>.

LÓPEZ R., C.B., 2016. *Evaluación de humedales no naturales a escala piloto para el tratamiento secundario de efluentes agroindustriales* [en línea]. S.I.: Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2016. [consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5734>.

LUNA SANTACRUZ, R.G. y PÉREZ RAMÍREZ, Y.M., 2021. *Evaluación del sistema de tratamiento de agua residual doméstica para su recuperación en la vereda el Bambú, municipio de Rionegro- Santander en el año 2020* [en línea]. S.I.: Unidades Tecnológicas de Santander. [consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/6290>.

MACEDO GONZALES, P.A. y VELA PINEDO, M., 2020. Diseño de planta de tratamiento de aguas servidas incorporando humedales no naturales para mejorar la disposición de coliformes fecales, Tarapoto 2020. En: Accepted: 2020-09-29T19:48:52Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [consulta: 2 junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47125>.

MORALES MIRA, G.E., 2008. *Tendencias de la indagación en ingeniería ambiental*. S.I.: Universidad de Medellín. ISBN 978-958-8348-33-9.

QUINDE TAPIA, C.M., 2017. Evaluación del efecto depurador de *Guadua Angustifolia* Kunth de aguas servidas de la ciudad de Jaén - Cajamarca. En: Accepted: 2018-04-09T14:07:23Z, *Universidad Nacional de Cajamarca* [en línea], [consulta: 2 junio 2023]. DOI 10/Q7-t/2017. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1708>.

RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.P., GÓMEZ, E., GARAVITO, L. y LÓPEZ, F., 2010. Estudio de contrastación del procesamiento de mejora de aguas domésticas residuales utilizando lentejas y buchón de agua en humedales

no naturales. *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 1, no. 1, ISSN 2007-2422.

SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, L., 2014. Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. *RH Sampieri, Metodología de la Investigación*, vol. 22,

WORKS, E., 2010. La Fitodepuración y Evapotranspiración para el tratamiento de las aguas servidas urbanas de ECODENA. [en línea]. [consulta: 3 junio 2023]. Disponible en:  
<https://www.aguasresiduales.info/revista/reportajes/fitodepuracion-y-evapotranspiracion-para-el-tratamiento-de-las-aguas-residuales-urbanas-e-industriales>.

## **ANEXOS**

Anexo 01: Evidencia del procedimiento de construcción de humedales no naturales

**Figura 34** Deterioro de la laguna de oxidación



**Figura 35** Ubicación del terreno del humedal no natural



**Figura 36** Preparación del terreno



**Figura 37** Paredes de humedal no natural



**Figura 38** Instalación de geomembrana



**Figura 39** Instalación de tuberías



**Figura 40** Mezclar material



**Figura 41** Recolección de muestras



**Figura 42** Recolección de muestras in situ



**Figura 43** Apoyo y colaboración de EPS – GRAU



**Figura 44** Perforado de macetas – baldes



**Figura 45** Colocación de puño, arena dulce y aserrín en las macetas



**Figura 46** Selección de *Guadua Angustifolia* “Bambú”



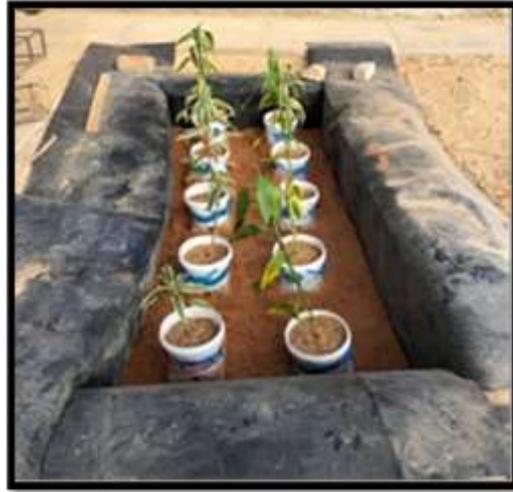
**Figura 47** Medición aproximada de *Guadua Angustifolia* “Bambú”



**Figura 48** *Guadua Angustifolia* “Bambú” listas para ser plantadas



**Figura 49** Humedal no natural preparado



**Figura 50** Riego de la especie *Guadua Angustifolia*



**Figura 51** Área de humedal no natural señalizada



Anexo 02: Muestra 01 – Aguas servidas antes del procesamiento de mejora –  
Parámetros fisicoquímicos



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°231-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : ANA FABIOLA PEÑA GODOS  
MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA  
NÚMERO DE MUESTRA : 01  
ANÁLISIS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS  
FECHA MUESTREO : 25 DE SETIEMBRE DEL 2021  
HORA DE MUESTREO : 11:10 AM  
FECHA DE ANÁLISIS : 25 DE SETIEMBRE DEL 2021.

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	900	200	SMEWW-5220-C.22nd.Edition
NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	20.2	---	SMEWW-4500 NO <sub>2</sub> B.22nd.Edition
NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	85.3	---	SMEWW-4500 NO <sub>3</sub> B.22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL (P)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	5.9	---	SMEWW-4500 P-E.22nd.Edition
Cobre (Cu)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	6.4	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4.4
Zinc (Zn)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	4.6	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4.4
PLOMO (Pb)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	1.3	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4.4
SELENIO (Se)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	0.3	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4.4

(\*) DS. N° 003-2010-MINAM. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.

PIURA, 27 DE SETIEMBRE DEL 2021



Anexo 03: Muestra 02 – Aguas servidas antes del procesamiento de mejora –  
Parámetros microbiológicos



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°232-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : ANA FABIOLA PEÑA GODOS  
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
 PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA  
 NÚMERO DE MUESTRA : 02  
 ANÁLISIS SOLICITADOS : MICROBIOLÓGICOS  
 FECHA MUESTREO : 25 DE SETIEMBRE DEL 2021  
 HORA DE MUESTREO : 11:10 AM  
 FECHA DE ANÁLISIS : 25 DE SETIEMBRE DEL 2021.

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml a 44.5°C	28.6x10 <sup>3</sup>	10,000	SM Part. 9221 E 22nd Edition.2012
Coliformes Totales.	NMP/100ml a 35°C	34.5x10 <sup>3</sup>	—	SM Part. 9221 B 22nd Edition.2012
E. Coli.	UFC/100 mL a 44.5°C	4.5x10 <sup>3</sup>	—	SM Part. 9221 G.22nd. Edition 2012.
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	6.8x10 <sup>3</sup>	—	SM Part. 9215 B 22nd Edition.2012
Huevos y larvas Helmintos.	N° org./L.	35	—	Microscopia

(\*) DS. N° 003-2010-MINAM. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.

PIURA, 27 DE SETIEMBRE DEL 2021



**C.P.I.Q.**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS

*Hernán Deoliz Fernand*  
PRESIDENTE  
PRINCIPAL CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

Página 1 de 1

Anexo 04: Muestra 03 – Aguas servidas antes del procesamiento de mejora –  
Parámetros fisicoquímicos



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°233-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR	:	ANA FABIOLA PEÑA GODO
MUESTRA	:	AGUA RESIDUAL
PROCEDENCIA	:	EL ALTO-TALARA
NÚMERO DE MUESTRA	:	03
ANÁLISIS SOLICITADOS	:	FISICOQUÍMICOS
FECHA MUESTREO	:	25 DE SETIEMBRE DEL 2021
HORA DE MUESTREO	:	11:10 AM
FECHA DE ANÁLISIS	:	25 DE SETIEMBRE DEL 2021.

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	410	100	SMEWW-5210-B, 22nd Edition
pH	Unid.	6.1	6,5 - 8,5	SMEWW-4500 H <sup>+</sup> - B, 22nd Edition
Conductividad (25°C)	µS/cm	4,900	—	SMEWW-2510 B, 22nd Edition
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	580	—	SMEWW-4500 Cl <sup>-</sup> - B, 22nd Edition
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	490	—	SMEWW-4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , E, 22nd Edit.

(\*) D.S. N° 003-2010-MINAM. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.

PIURA, 27 DE SETIEMBRE DEL 2021



**C.P.I.Q.**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
*Hernán De Dios Fernández*  
PRESIDENTE  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

Página 1 de 1

Anexo 05: Muestra 04 – Aguas servidas antes del procesamiento de mejora –  
Parámetros fisicoquímicos



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°234-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : ANA FABIOLA PEÑA GODOS  
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
 PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA  
 NÚMERO DE MUESTRA : 04  
 ANÁLISIS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS  
 FECHA MUESTREO : 25 DE SETIEMBRE DEL 2021  
 HORA DE MUESTREO : 11:10 AM  
 FECHA DE ANÁLISIS : 25 DE SETIEMBRE DEL 2021.

**RESULTADOS FISICOQUIMICOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
Sólidos Totales en Suspensión	mgL. <sup>1</sup> (ppm)	580	150	SMEWW-2540 D, 22nd.Edition
Temperatura	°C	21	<35	---
Mercurio (Hg)	mgL. <sup>1</sup> (ppm)	0.00	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Hierro (Fe)	mgL. <sup>1</sup> (ppm)	6.5	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Manganeso (Mn)	mgL. <sup>1</sup> (ppm)	0.6	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Niquel (Ni)	mgL. <sup>1</sup> (ppm)	0.00	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4

(\*) DS. N° 003-2010-MINAM, LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.



**C.P.I.Q.**  
PRESIDENTE  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

PIURA, 27 DE SETIEMBRE DEL 2021

Página 1 de 1

Anexo 06: Muestra 01 – Aguas servidas después del procesamiento de mejora  
– Parámetros fisicoquímicos



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°266-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR	: ANA FABIOLA PEÑA GODOS
MUESTRA	: AGUA RESIDUAL TRATADA
PROCEDENCIA	: EL ALTO-TALARA
NÚMERO DE MUESTRA	: 01
ANÁLISIS SOLICITADOS	: FÍSICOQUÍMICOS
FECHA MUESTREO	: 20 DE OCTUBRE DEL 2021
HORA DE MUESTREO	: 13:00 PM
FECHA DE ANÁLISIS	: 20 DE OCTUBRE DEL 2021

**RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	30	200	SMEWW-5220-C.22nd.Edition
NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	<1	—	SMEWW-4500 NO <sub>2</sub> ; B.22nd.Edition
NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	8	—	SMEWW-4500 NO <sub>3</sub> ; B.22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL (P)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	<0.1	—	SMEWW-4500 P.E.22nd.Edition
Cobre (Cu)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	0.1	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Zinc (Zn)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	1	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
PLOMO (Pb)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	0.03	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
SELENIO (Se)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	0.02	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4

(\*) D.S. N° 003-2010-MINAM. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.

PIURA, 21 DE OCTUBRE DEL 2021



**C.P.I.Q.**  
HERNÁN DEDIOS FERNANDES  
PRESIDENTE  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

Página 1 de 1

Anexo 07: Muestra 02 – Aguas servidas después del procesamiento de mejora  
– Parámetros fisicoquímicos



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°267-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : ANA FABIOLA PEÑA GODOS  
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL TRATADA  
 PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA  
 NÚMERO DE MUESTRA : 02  
 ANÁLISIS SOLICITADOS : MICROBIOLÓGICOS  
 FECHA MUESTREO : 20 DE OCTUBRE DEL 2021  
 HORA DE MUESTREO : 13:00 PM  
 FECHA DE ANÁLISIS : 20 DE OCTUBRE DEL 2021

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml a 44.5°C	0.6x10 <sup>3</sup>	10,000	SM Part. 9221 E 22nd Edition, 2012
Coliformes Totales.	NMP/100ml a 35°C	0.8x10 <sup>3</sup>	—	SM Part. 9221 B 22nd Edition, 2012
E. Coli.	UFC/100 mL a 44.5°C	0.2x10 <sup>3</sup>	—	SM Part. 9221 G.22nd. Edition 2012.
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	0.3x10 <sup>3</sup>	—	SM Part. 9215 B 22nd Edition, 2012
Huevos y larvas Helminetos.	N° org. /l.	2	—	Microscopía

(\*)DS. N° 003-2010-MINAM. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.



**C.P.I.Q.**  
PRESIDENTE  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA

PIURA, 21 DE OCTUBRE DEL 2021

Página 1 de 1

Anexo 08: Muestra 03 – Aguas servidas después del procesamiento de mejora  
– Parámetros fisicoquímicos



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°268-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : ANA FABIOLA PEÑA GODOS  
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL TRATADA  
 PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA  
 NÚMERO DE MUESTRA : 03  
 ANÁLISIS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS  
 FECHA MUESTREO : 20 DE OCTUBRE DEL 2021  
 HORA DE MUESTREO : 13:00 PM  
 FECHA DE ANÁLISIS : 20 DE OCTUBRE DEL 2021.

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	12	100	SMEWW-4210-B.22nd.Edition
pH	Unid.	7.0	6,5 – 8,5	SMEWW-4500 H <sup>+</sup> – B. 22nd.Edition
Conductividad (25°C)	µS/cm	400	—	SMEWW-2510 B. 22nd.Edition
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	40	—	SMEWW-4500 Cl <sup>-</sup> – B. 22nd.Edition
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mgL <sup>-1</sup> (ppm)	60	—	SMEWW-4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> . E. 22nd.Edit.

(\*) D.S. N° 003-2010-MINAM. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.



**C.P.I.Q.**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS DE INGENIERÍA QUÍMICA

PIURA, 21 DE OCTUBRE DEL 2021

Página 1 de 1

Anexo 09: Muestra 04 – Aguas servidas después del procesamiento de mejora  
– Parámetros fisicoquímicos



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°269-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : ANA FABIOLA PEÑA GODOS  
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL TRATADA  
 PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA  
 NÚMERO DE MUESTRA : 04  
 ANÁLISIS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS  
 FECHA MUESTREO : 20 DE OCTUBRE DEL 2021  
 HORA DE MUESTREO : 13:00 PM  
 FECHA DE ANÁLISIS : 20 DE OCTUBRE DEL 2021

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
Aceites y Grasas	mgL. <sup>+</sup> (ppm)	<1	20	EPA.821-R.001.MET. 1663.B
Sólidos Totales en Suspensión	mgL. <sup>+</sup> (ppm)	10	150	SM/WW-3540 D. 22nd.Edition
Temperatura	°C	25	<35	---
Mercurio (Hg)	mgL. <sup>+</sup> (ppm)	0.00	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Hierro (Fe)	mgL. <sup>+</sup> (ppm)	<1	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Manganeso (Mn)	mgL. <sup>+</sup> (ppm)	<0.1	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Níquel (Ni)	mgL. <sup>+</sup> (ppm)	0.00	---	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4

(\*) D.S. N° 003-2010-MINAM. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.

PIURA, 21 DE OCTUBRE DEL 2021




**Hernán Dedios Fernández**  
PRESIDENTE  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

Página 1 de 1

Anexo 10: Muestra 01 – Especie *Guadua Angustifolia* “Bambú” antes del procesamiento de mejora



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°235-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : ANA FABIOLA PEÑA CODOS  
 MUESTRA : BAMBÚ (*Guadua angustifolia*) antes de la Fitorremediación.  
 PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA  
 NÚMERO DE MUESTRA : 01  
 ANÁLISIS SOLICITADOS : Metales Pesados  
 MÉTODO : ICP-MS.  
 FECHA MUESTREO : 27 DE SETIEMBRE DEL 2021  
 HORA DE MUESTREO : 8:00 AM  
 FECHA DE ANÁLISIS : 27 DE SETIEMBRE DEL 2021.

**RESULTADOS**

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	(*)RESULTADOS			MÉTODO ENSAYO
		RIZOMA	TALLO	HOJAS	
Hierro (Fe)	(ppm)	0.36	0.08	0.56	ICP-MASAS
Manganeso (Mn)	(ppm)	0.12	0.01	0.00	ICP-MASAS
Aluminio (Al)	(ppm)	0.69	0.33	0.12	ICP-MASAS
Cobre (Cu)	(ppm)	0.45	0.14	0.02	ICP-MASAS
Zinc (Zn)	(ppm)	0.33	0.04	0.01	ICP-MASAS
Plomo (Pb)	(ppm)	0.16	0.06	0.01	ICP-MASAS
Selenio (Se)	(ppm)	0.02	0.01	0.01	ICP-MASAS
Magnesio (Mg)	(ppm)	2.16	0.31	0.06	ICP-MASAS
Fósforo (P)	(ppm)	1.35	0.46	0.03	ICP-MASAS

(\*) Promedio de tres repeticiones para cada una de las tres partes.

PIURA, 30 DE SETIEMBRE DEL 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.  
 PRESIDENTE  
 HENRIETA DECLAY FERNANDEZ

Página 1 de 1

Anexo 11: Muestra 02 – Especie *Guadua Angustifolia* “Bambú” después del procesamiento de mejora



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°350-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR : ANA FABIOLA PEÑA GÓDOS  
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL DESPUÉS DE PASAR POR EL LECHO SIN TENER EL BAMBÚ.  
 PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA  
 NÚMERO DE MUESTRA : 01  
 ANÁLISIS SOLICITADOS : Metales Pesados  
 MÉTODO : ICP-MS.  
 FECHA DE MUESTREO : 02 DE NOVIEMBRE DEL 2021  
 HORA DE MUESTREO : 10:00 AM  
 FECHA DE ANÁLISIS : 02 DE NOVIEMBRE DEL 2021

**RESULTADOS**

DETERMINACIÓN	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
FÓSFORO (P)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	5.88	—	ICP-MASAS
Cobre (Cu)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	6.34	—	ICP-MASAS
Zinc (Zn)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	4.62	—	ICP-MASAS
PLOMO (Pb)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	1.29	—	ICP-MASAS
SELENIO (Se)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	0.32	—	ICP-MASAS
HIERRO (Fe)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	6.83	—	ICP-MASAS
MANGANESO (Mn)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	0.59	—	ICP-MASAS



**C.P.I.Q.**



Herminia Dávila Fernández  
PRESIDENTE  
DIRECTORIO CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

PIURA, 03 DE NOVIEMBRE DEL 2021

Página 1 de 1

Anexo 12: Muestra 01 – Aguas servidas después del procesamiento de mejora sin especie *Guadua Angustifolia*



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2021**

**INFORME DE ANÁLISIS N°350-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR MUESTRA : ANA FABIOLA PEÑA GODOS  
: AGUA RESIDUAL DESPUÉS DE PASAR POR EL LECHO SIN TENER EL BAMBÚ.

PROCEDENCIA : EL ALTO-TALARA

NÚMERO DE MUESTRA : 01

ANÁLISIS SOLICITADOS : Metales Pesados

MÉTODO : ICP-MS.

FECHA DE MUESTREO : 02 DE NOVIEMBRE DEL 2021

HORA DE MUESTREO : 10:00 AM

FECHA DE ANÁLISIS : 02 DE NOVIEMBRE DEL 2021

**RESULTADOS**

DETERMINACIÓN	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(*) LMP D.S. 003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO REFERENCIAL
FÓSFORO (P)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	5.88	---	ICP-MASAS
Cobre (Cu)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	6.34	---	ICP-MASAS
Zinc (Zn)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	4.62	---	ICP-MASAS
PLOMO (Pb)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	1.39	---	ICP-MASAS
SELENIO (Se)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	0.32	---	ICP-MASAS
HIERRO (Fe)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	6.83	---	ICP-MASAS
MANGANESO (Mn)	mgL. <sup>-1</sup> (ppm)	0.59	---	ICP-MASAS



**C.P.I.Q.**



**Heriberto Dávila Fernández**  
PRESIDENTE  
DEPARTAMENTO CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

PIURA, 03 DE NOVIEMBRE DEL 2021

Página 1 de 1

Anexo 13: Solicitud de apoyo de EPS – GRAU

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

El Alto, 20 de Setiembre del 2021

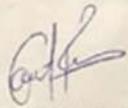
Sr. Evert Ramirez

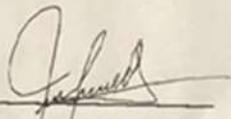
Adm. De EPS GRAU – El Alto

Me es grato dirigirme a usted, para expresarle un cordial saludo y a la vez, mediante su despacho solicitarle permiso respectivo, para poder ingresar a las lagunas de oxidación y así poder llevar a cabo mi proyecto de investigación de tesis. Dicho proyecto, beneficiará al distrito en el ámbito medio ambiental.

Por lo tanto sr. Evert Ramirez, disponga mi solicitud a quién corresponde se me agilice este trámite, la cual estaré muy agradecida.

ATTE

  
Evert P. Ramirez Pacheco  
Egresado de la Universidad Alas Peruanas  
EPS-GRAU  
El Alto

  
Ana Fabiola Peña Godos  
DNI 72545121

Egresada de la Universidad Alas Peruanas

RECIBIDO:  
20/09/2021  
01:00pm

## Anexo 14: Acceso y facilidades de apoyo por parte de EPS – GRAU

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Talara, 25 setiembre del 2021

CARTA N°023-2021-EPOS GRAU S.A.-460.

Srta. Ana Fabiola Peña Godos  
Ciudad.

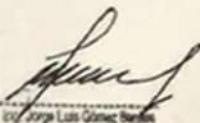
ASUNTO : FACILIDADES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE TESIS.

REF. : Su solicitud del 20-09-21

Tengo a bien dirigirme a usted para saludarle y atender su solicitud de la referencia enviada a nuestro representante en el distrito El Alto; al respecto este despacho autoriza su ingreso a las lagunas de estabilización en la localidad El Alto para la toma de muestras a fin de que usted pueda desarrollar su proyecto de investigación de tesis según lo manifiesta en su solicitud.

Nuestro representante Sr. Everth Ramirez Palomino, le brindará las facilidades del caso.

Atentamente,



Jorge Luis Gómez Benítez  
CIP N° 11010  
Jefe de Área  
EPS GRAU S.A.

Cc: COM  
Esp. El Alto.

AGB/baa

Anexo 15: Preparación de nuevo humedal (Sin *Guadua Angustifolia* – Bambú)

**Figura 52** Preparación de macetas



**Figura 53** Colocación de macetas sin especie



**Figura 54** Extracción de muestras de ensayo



**Figura 55** Obteniendo muestra de agua después del proceso



**Figura 56** Humedal sin especie *Guadua Angustifolia*





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, LOZANO SULCA YIMI TOM, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor de la Tesis titulada: Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales horizontales empleando *Guadua Angustifolia* para el tratamiento de aguas residuales domésticas – Piura, de la autora PEÑA GODOS ANA FABIOLA, constato que la investigación tiene el índice de similitud de 16% 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.

Lima, 16 de diciembre de 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LOZANO SULCA YIMI TOM <b>DNI:</b> 41134872 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0803-1261	