

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES  
TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES  
DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI-MARCARA-  
2023”**

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

**PRESENTADO POR  
Br. CAMILO ONCOY CHRISTIAN CARLIN**

**ASESOR:  
Dr. Ing. KIKO FELIX DEPAZ CELI**

**HUARAZ-ANCASH-PERÚ  
2024**





**ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS, PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium de la FCAM-UNASAM, para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta el Bachiller: **CHRISTIAN CARLIN CAMILO ONCOY**.

Tesis Titulada: **“REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI-MARCARA-2023”**

En seguida, después de haber atendida la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

..... **APROBADO** .....

Con el calificativo de:

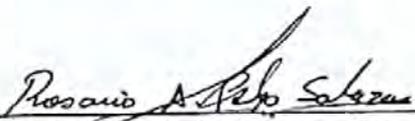
..... **QUINCE (15)** .....

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:

**INGENIERO SANITARIO**

De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 432-2016-UNASAM del 28-12-2016).

Huaraz, ..... **26** ..... de ..... **Marzo** ..... del 2024.

  
.....  
**M.Sc. Rosario Adriana Polo Salazar**  
**Presidente**

  
.....  
**M.Sc. Yolaina Mali Macedo Rojas**  
**Primer Miembro**

  
.....  
**M.Sc. Elyis Jesús Espiritu Espiritu**  
**Segundo Miembro**

  
.....  
**Dr. Kiko Félix Depaz Celi**  
**Asesor**



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis titulada "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI-MARCARA-2023", presentado por el bachiller en ciencias de la ingeniería sanitaria CHRISTIAN CARLIN CAMILO ONCOY, sustentada el día 26 de Marzo del 2024, lo cual el proyecto de tesis fue aprobado con RESOLUCIÓN DECANAL N° 370 - 2023 - UNASAM-FCAM de fecha 05 de Julio de 2023, la declaramos **CONFORME**.

En consecuencia, queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 26 de Marzo del 2024.

  
M.Sc. Rosario Adriana Polo Salazar  
Presidente

  
M.Sc. Yolaina Mali Macedo Rojas  
Primer Miembro

  
M.Sc. Elvis Jesús Espiritu Espiritu  
Segundo Miembro

  
Dr. Kiko Félix Depaz Celi  
Asesor



Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM  
ANEXO 1  
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

“Remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales tratadas con *zantedeschia aethiopica* en humedales de flujo horizontal y vertical, tuyu ruri-maricara-2023”

Presentado por: Camilo Oncoy Christian Carlin

con DNI N°: 72313395

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Sanitario

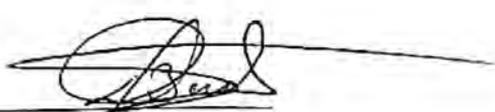
Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : 20% de similitud.

**Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. I).**

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda <input checked="" type="radio"/>
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 08/04/2024

  
FIRMA  
Apellidos y Nombres: DEPAZ CELI KIKO FELIX

DNI N°: 31663735

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

## DEDICATORIA

A Dios por brindarme fuerza y sabiduría,  
para afrontar todos los desafíos con  
valentía y esmero.

A mi Padre Victoriano Camilo Nazario  
por no rendirse conmigo y alentarme a  
ser mejor cada día, a mi madre Gregoria  
Oncoy Rosales por enseñarme lo que es  
la humildad y la superación.

A mis hermanos Diana, Giomar y Cris;  
por su apoyo incondicional.

A la vida por darme la oportunidad de ser  
mejor y crecer en este camino llamado  
conocimiento.

## AGRADECIMIENTOS

A la escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo”, por brindarme formación exigente y sobre todo por enseñarme a ser solidario.

Al Dr. Ing. Kiko Felix Depaz Celi, por la excelente guía y el asesoramiento, que fue esencial para culminar este proceso llamado “tesis”.

A los malos momentos, que me enseñaron que sin penurias y tropiezos no hay éxito.

A mis padres y hermanos, que tienen el corazón demasiado grande, gracias por confiar en mí.

¡Muchas Gracias!



## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RELACION DE TABLAS .....	ix
RELACION DE GRAFICOS.....	xii
RELACION DE FIGURAS .....	xiv
RELACION DE ECUACIONES.....	xvi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos .....	2
1.1.1. Objetivo General .....	2
1.1.2. Objetivos Especificos.....	2
1.2. Hipótesis .....	2
1.2.1. Hipótesis de Investigación.....	2
1.2.2. Hipótesis Especificas .....	3
1.3. Variables .....	3
1.3.1. Variable Independiente .....	3
1.3.2. Variable Dependiente.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes .....	6

2.1.1. Internacional .....	6
2.1.2. Nacional .....	9
2.1.3. Local .....	11
2.2. Bases Teóricas .....	12
2.2.1. Humedales Artificiales.....	12
2.2.1.1. Humedal artificial de flujo Subsuperficial.....	13
2.2.1.2. Humedal de Flujo Horizontal .....	13
2.2.1.3. Humedal de Flujo Vertical.....	14
2.2.2. Vegetación Depuradora en Humedales .....	15
2.2.2.1. Zantedeschia Aethiopica.....	16
2.2.3. Sustrato Filtrante de Humedales.....	18
2.2.4. Parámetros Físico-Químicos.....	20
2.2.4.1. Fosforo .....	20
2.2.4.2. Nitrógeno.....	20
2.2.5. Remoción de Contaminantes en Humedales Artificiales.....	20
2.2.5.1. Nitrato.....	20
2.2.5.2. Fosfato .....	21
2.3. Definición de Términos Básicos .....	22
III. MARCO METODOLÓGICO.....	24
3.1. Tipo de Investigación .....	24
3.2. Diseño de Investigación .....	24

3.3. Métodos de Investigación .....	25
3.4. Población y muestra.....	27
3.5. Instrumentos validados de recolección de datos.....	27
3.6. Instrumento de Manejo Estadístico.....	28
IV. RESULTADOS .....	30
4.1. Resultados de la fase de Preadaptación de la especie <i>Zantadeschia Aethiopica</i> .....	30
4.2. Resultados de la Fase de Adaptación de la especie <i>Zantadeschia Aethiopica</i> en humedal de flujo vertical y horizontal .....	31
4.3. Resultados de la Evaluación de Temperatura .....	34
4.4. Resultados de la Evaluación de pH .....	37
4.5. Resultados de la Evaluación de Conductividad .....	40
4.6. Resultados de la Evaluación de Sólidos Disueltos .....	43
4.7. Resultados de la Evaluación de Turbiedad.....	46
4.8. Resultados de la Evaluación de Caudal .....	49
4.9. Resultados de la Evaluación del Tiempo de Retención Hidráulico en Humedal de flujo Horizontal y Vertical .....	53
4.10. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE FOSFATO (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL .....	58

4.11. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE FOSFATO ( $\text{PO}_4^{3-}$ P) EN HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL.....	60
4.12. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE NITRATO ( $\text{NO}_3^-$ ) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL .....	62
4.13. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE NITRATO ( $\text{NO}_3^-$ ) EN HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL.....	64
4.14. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE NITROGENO TOTAL (N) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL.....	66
4.15. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE NITROGENO TOTAL (N) EN HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL .....	67
4.16. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO EN SUELOS DE FOSFATO ( $\text{mg/kg PO}_4^{3-}$ P) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL .....	68
4.17. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO EN SUELOS DE NITRATO ( $\text{mg/l NO}_3^-$ ) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL .....	69
4.18. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO .....	70
4.18.1. CONCENTRACION DE FOSFATO ( $\text{PO}_4^{3-}$ P).....	70
4.18.2. CONCENTRACION DE NITRATO ( $\text{NO}_3^-$ ).....	75
4.18.3. CONCENTRACION DE NITROGENO TOTAL(N) .....	79
4.18.4. CONCENTRACION DE FOSFATO ( $\text{PO}_4^{3-}$ P) EN SUSTRATO ..	83
4.18.5. CONCENTRACION DE NITRATO ( $\text{NO}_3^-$ ) EN SUSTRATO .....	87

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	91
VI. CONCLUSIONES.....	93
VII. RECOMENDACIONES .....	95
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

## ANEXOS

### Anexo 1: PLANOS DEL TRATAMIENTO

- Plano de Sectorización y Ubicación del Tratamiento
- Plano Humedal Horizontal
- Plano Humedal Vertical
- Plano de Esquema y Diseño

### Anexo 2: Panel Fotográfico

### Anexo 3: Reportes de laboratorio

## RELACION DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de Variables Humedal Vertical.....	4
Tabla 2.	Operacionalización de Variables Humedal Horizontal .....	5
Tabla 3.	Instrumentos de validación de datos.....	28
Tabla 4.	Ensayo Estadístico de acuerdo al modelo de estudio.....	29
Tabla 5.	Temperatura en el transcurso del tratamiento .....	34
Tabla 6.	pH en el transcurso del tratamiento .....	37
Tabla 7.	Conductividad en el transcurso del tratamiento .....	40
Tabla 8.	Solidos Disueltos en el transcurso del tratamiento .....	43
Tabla 9.	Turbiedad en el transcurso del tratamiento.....	46
Tabla 10.	Caudal en el transcurso del tratamiento.....	49
Tabla 11.	Caudal en el transcurso del tratamiento.....	51
Tabla 12.	TRH en el transcurso de la evaluación .....	53
Tabla 13.	TRH en el transcurso de la evaluación en humedal vertical .....	54
Tabla 14.	TRH en el transcurso de la evaluación en humedal horizontal ....	56
Tabla 15.	Fosfato en 16 semanas de evaluación en humedal horizontal ....	58
Tabla 16.	Fosfato en 16 semanas de evaluación en humedal vertical.....	60
Tabla 17.	Nitrato en 16 semanas de evaluación en humedal horizontal .....	62
Tabla 18.	Nitrato en 16 semanas de evaluación en humedal vertical .....	64

Tabla 19. Nitrógeno Total en la primera y última semana de evaluación en humedal horizontal.....	66
Tabla 20. Nitrógeno Total en la primera y última semana de evaluación en humedal vertical.....	67
Tabla 21. Fosfato en suelo en la primera y última semana de evaluación...68	
Tabla 22. Nitrato en suelo en la primera y última semana de evaluación. ...69	
Tabla 23. Resultados de Remoción de concentración de Fosfato humedal horizontal. ..... .....	70
Tabla 24. Resultados de Remoción de concentración de Fosfato humedal vertical. 71	
Tabla 25. Humedal Horizontal en remoción de Fosfato.....	72
Tabla 26. Humedal Vertical en remoción de Fosfato.....	72
Tabla 27. Resultados de Remoción de concentración de Nitrato humedal horizontal. ..... 75	
Tabla 28. Resultados de Remoción de concentración de Nitrato humedal vertical. 76	
Tabla 29. Humedal Horizontal en remoción de Nitrato. ....	77
Tabla 30. Humedal Vertical en remoción de Nitrato. ....	77
Tabla 31. Resultados de Remoción de concentración de Nitrógeno total humedal horizontal. ....	79

Tabla 32. Resultados de Remoción de concentración de Nitrógeno total humedal vertical. ....	80
Tabla 33. Resumen de Remoción de Nitrógeno total en humedal horizontal y humedal vertical.....	80
Tabla 34. Varianzas iguales de Nitrógeno total en humedal horizontal y humedal vertical. ....	81
Tabla 35. Resultados de Fosfato en sustrato del humedal horizontal y vertical....	83
Tabla 36. Resultados de Retención de Fosfato en sustrato del humedal horizontal y vertical.....	84
Tabla 37. Varianzas iguales de Fosfato en sustrato en humedal horizontal y humedal vertical.....	84
Tabla 38. Resultados de Nitrato en sustrato del humedal horizontal y vertical. ....	87
Tabla 39. Resultados de Retención de Nitrato en sustrato del humedal horizontal y vertical. ....	87
Tabla 40. Varianzas iguales de Nitrato en sustrato en humedal horizontal y humedal vertical.....	88

## RELACION DE GRAFICOS

Gráfico 1: Temperatura promedio con respecto al tiempo.....	35
Gráfico 2: Temperatura promedio con respecto al tiempo.....	36
Gráfico 3: pH promedio con respecto al tiempo.....	38
Gráfico 4: pH promedio con respecto al tiempo.....	39
Gráfico 5: Conductividad promedio con respecto al tiempo .....	41
Gráfico 6: Conductividad promedio con respecto al tiempo .....	42
Gráfico 7: Conductividad promedio con respecto al tiempo .....	44
Gráfico 8: Conductividad promedio con respecto al tiempo .....	45
Gráfico 9: Turbiedad promedio con respecto al tiempo .....	47
Gráfico 10: Turbiedad promedio con respecto al tiempo.....	48
Gráfico 11: Caudal promedio con respecto al tiempo.....	50
Gráfico 12: Caudal promedio con respecto al tiempo.....	52
Gráfico 13: Tiempo de Retención Hidráulico con respecto al tiempo. ....	55
Gráfico 14: Tiempo de Retención Hidráulico con respecto al tiempo. ....	57
Gráfico 15: : Remoción de fosfato con respecto al tiempo. ....	59
Gráfico 16: Remoción de fosfato con respecto al tiempo. ....	61
Gráfico 17: Remoción de Nitrato con respecto al tiempo. ....	63
Gráfico 18: Remoción de Nitrato con respecto al tiempo. ....	65

Gráfico 19: Remoción de Nitrógeno total con respecto al tiempo.....	66
Gráfico 20: Remoción de Nitrógeno total con respecto al tiempo.....	67
Gráfico 21: Retención de fosfato en sustrato con respecto al tiempo. ....	68
Gráfico 22: Retención de Nitrato en sustrato con respecto al tiempo.....	69



## RELACION DE FIGURAS

Figura 1: humedal de flujo horizontal (Kröpfelová & Vymazal, 2008).....	14
Figura 2: Humedal de flujo Vertical (Stefanakis y otros, 2014) .....	15
Figura 3: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He1 en humedal horizontal y vertical. ....	73
Figura 4: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He1 en el humedal horizontal. ....	73
Figura 5: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He1 en el vertical. ....	74
Figura 6: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He2 en humedal horizontal y vertical. ....	78
Figura 7: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He2 en el humedal horizontal. ....	78
Figura 8: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He2 en el vertical. ....	79
Figura 9: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He3 en humedal horizontal y vertical. ....	82
Figura 10: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He3 en el humedal horizontal y vertical. .	83
Figura 11: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He4 en humedal horizontal y vertical. ....	86
Figura 12: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He4 en el humedal horizontal y vertical. .	86

- Figura 13: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He5 en humedal horizontal y vertical. .... 89
- Figura 14: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He5 en el humedal horizontal y vertical. . 90

## RELACION DE ECUACIONES

Ecuación 1: Determinación de la desviación de muestra de dos varianzas iguales.....	81
Ecuación 2: Determinación de la desviación de poblacional de dos varianzas iguales.....	81
Ecuación 3: valor critico aceptación de He3 en humedal horizontal y vertical. 82	
Ecuación 4: Determinación de la desviación de muestra de dos varianzas iguales.....	85
Ecuación 5: Determinación de la desviación de poblacional de dos varianzas iguales.....	85
Ecuación 6: valor critico aceptación de He4 en humedal horizontal y vertical. 85	
Ecuación 7: Determinación de la desviación de muestra de dos varianzas iguales.....	88
Ecuación 8: Determinación de la desviación de poblacional de dos varianzas iguales.....	88
Ecuación 9: valor critico aceptación de He5 en humedal horizontal y vertical. 89	

## RESUMEN

Esta investigación se centró en la evaluación de la eficiencia de los humedales de flujo horizontal y vertical con *Zantedeschia aethiopica* en la remoción de contaminantes específicos, como el nitrato y el fosfato, en aguas residuales del área de Tuyu Ruri - Marcará durante el 2023. Respecto al nitrato, los humedales demostraron variabilidad en su capacidad de remoción: el humedal horizontal exhibió porcentajes que oscilaron entre 8.33% y 47.06%, con un promedio del 23.61%, mientras que el humedal vertical mostró una eficiencia fluctuante entre 5.26% y 66.67%, con un promedio del 21.02%. En cuanto al fosfato, se observó una diversidad aún mayor: el humedal horizontal presentó porcentajes de remoción que variaron entre 6.18% y 70.27%, con una media del 31.44%; mientras que el humedal vertical mostró una eficiencia entre 6.95% y 59.72%, con un promedio del 15.75%. Además de estos resultados, se analizaron diversos parámetros ambientales en ambos humedales, como la temperatura (entre 18.47°C y 20.72°C), pH (entre 7.16 y 7.79), conductividad (entre 0.47 ms y 0.79 ms), sólidos disueltos (entre 0.19 ppt y 0.43 ppt), turbiedad (entre 0.25 NTU y 43.22 NTU), caudal (manteniéndose en 3.71 m<sup>3</sup>/día en ambos humedales), y el tiempo de retención hidráulica (variando desde 0.46 ms hasta 11.33 ms). Estos resultados ofrecen una visión completa y detallada de la eficacia del tratamiento de aguas residuales con humedales a base de *Zantedeschia aethiopica* en la remoción de Nutrientes.

**Palabras clave:** Remoción, Nitrato, Fosfato, *Zantedeschia Aethiopica* y Nutrientes.

## ABSTRACT

This research focused on the evaluation of the efficiency of horizontal and vertical flow wetlands with *Zantedeschia aethiopica* in the removal of specific contaminants, such as nitrate and phosphate, in wastewater from the Tuyu Ruri area - It will mark during 2023. Regarding to nitrate, the wetlands demonstrated variability in their removal capacity: the horizontal wetland exhibited percentages that ranged between 8.33% and 47.06%, with an average of 23.61%, while the vertical wetland showed a fluctuating efficiency between 5.26% and 66.67%, with an average of 21.02%. Regarding phosphate, an even greater diversity was observed: the horizontal wetland presented removal percentages that varied between 6.18% and 70.27%, with an average of 31.44%; while the vertical wetland showed an efficiency between 6.95% and 59.72%, with an average of 15.75%. In addition to these results, various environmental parameters were analyzed in both wetlands, such as temperature (between 18.47°C and 20.72°C), pH (between 7.16 and 7.79), conductivity (between 0.47 ms and 0.79 ms), dissolved solids (between 0.19 ppt and 0.43 ppt), turbidity (between 0.25 NTU and 43.22 NTU), flow (maintaining 3.71 m<sup>3</sup>/day in both wetlands), and hydraulic retention time (varying from 0.46 ms to 11.33 ms). These results offer a complete and detailed view of the effectiveness of wetland wastewater treatment based on *Zantedeschia aethiopica* in the removal of Nutrients.

**Keywords:** Removal, Nitrate, Phosphate, *Zantedeschia Aethiopica* and Nutrients.

## I. INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de aguas superficiales se ven afectados severamente gracias al vertimiento indiscriminado de agua residual proveniente de las descargas del ser humano, las cuales tienen agentes contaminantes de diversos tipos, por ello es importante implementar un sistema que pueda combatir el vertimiento indiscriminado a los cuerpos superficiales bajando los niveles de contaminación para que el vertimiento no pueda generar problemas al curso natural del agua.

El presente trabajo de investigación contribuye al desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de agua residual, asegurando un bajo costo y promoviendo a una cultura del cuidado hídrico de nuestros cuerpos superficies de agua, ello conlleva a la reducción de agentes contaminantes como son el Nitrato y Fosfato presentes en el agua residual haciendo uso *Zantedeschia Aethiopica* en humedal de flujo horizontal y vertical.

Los nitratos y fosfatos en las aguas residuales son contaminantes comunes que pueden tener efectos negativos en la calidad del agua, la vida silvestre y la salud humana. El tratamiento convencional de aguas residuales puede ser costoso y consumir mucha energía. En cambio, la utilización de humedales de flujo horizontal y vertical con *Zantedeschia aethiopica* ofrece una solución de bajo costo para la eliminación de estos contaminantes. Además, la implementación de humedales de flujo horizontal y vertical con *Zantedeschia aethiopica* también puede tener beneficios a largo plazo, ya que estos humedales pueden funcionar durante muchos años con un mantenimiento mínimo, lo que reduce los costos operativos a largo plazo en comparación con otros sistemas de tratamiento convencionales.

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales tratadas con *Zantedeschia aethiopica* en humedales de flujo horizontal y vertical en el sector de Tuyu Ruri - Marcará durante el año 2023.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Comparar la eficiencia de remoción de nitrato y fosfato entre humedales de flujo horizontal y vertical con *Zantedeschia aethiopica*.
- Evaluar la influencia de las condiciones ambientales, como temperatura, pH y conductividad en la remoción de nitrato y fosfato en humedales de flujo horizontal y vertical con *Zantedeschia aethiopica*.
- Analizar la remoción de Nitrato y Fosfato, mediante el *Zantedeschia Aethiopica* en humedal de flujo horizontal y vertical.
- Realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos del análisis del efluente según ECA-DS 004-2017-MINAM.

## 1.2. Hipótesis

### 1.2.1. Hipótesis de Investigación

**Hi:** La *Zantedeschia aethiopica* utilizada en humedales de flujo horizontal y vertical es efectiva en la remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales en un 45%.

### 1.2.2. Hipótesis Específicas

**He1:** Si es efectiva la *Zantedeschia Aethipica* en un 45% de remoción de Fosfato aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical

**He2:** Si es efectiva la *Zantedeschia Aethipica* en un 45% de remoción de Nitrato aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical

**He3:** Si es efectiva la *Zantedeschia Aethipica* en la remoción de Nitrógeno total aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical

**He4:** Si es efectiva la retención de Fosfato en el sustrato del humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

**He5:** Si es efectiva la retención de Nitrato en el sustrato del humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

### 1.3. Variables

En el presente estudio es evaluar la capacidad de la planta *Zantedeschia aethiopica* en el sector de Tuyu Ruri - Marcará durante el año 2023, para bajar el porcentaje de contaminantes nitrato y fosfato presentes en las aguas residuales tratadas. Los humedales construidos, tanto de flujo horizontal como vertical, se utilizan como sistemas de tratamiento para simular y mejorar los procesos naturales de purificación del agua.

#### 1.3.1. Variable Independiente

La capacidad de remoción natural de la planta:

- Uso del *Zantedeschia Aethiopica* en humedal de flujo horizontal y vertical.

#### 1.3.2. Variable Dependiente

Es una variable que expresa la remoción de los nutrientes:

- Remoción de Nitrato y Fosfato

**Tabla 1. Operacionalización de Variables Humedal Vertical**

Variable	Tipo de Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Tipo de dato
Tipo de humedal	Variable independiente	capacidad de remoción del humedal utilizado en el tratamiento vertical	Observación del comportamiento del humedal	condición física	Caudal	L/s	Numérico
					TRH	Horas	Numérico
					Sección	Area	Numérico
Remoción de nitrato y fosfato	Variable dependiente	Reducción de la concentración de nitrato y fosfato usando la zantedeschia aethiopica en el agua residual	Medición de la concentración de nitrato y fosfato; antes y después del tratamiento.	Condiciones fisicoquímicas en el afluente y efluente.	PH	und	Numérico
					Conductividad	μS/cm	Numérico
					Temperatura	T°	Numérico
					Turbiedad	UNT	Numérico
					Nitrato	mg/L	Numérico
Fosfato	mg/L	Numérico					

*Nota: Los parámetros principales de la variable dependiente Nitrato y Fosfato será realizado en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM*

**Tabla 2. Operacionalización de Variables Humedal Horizontal**

Variable	Tipo de Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Tipo de dato
Tipo de humedal	Variable independiente	capacidad de remoción del humedal utilizado en el tratamiento horizontal	Observación del comportamiento del humedal	condición física	Caudal	L/s	Numérico
					TRH	Horas	Numérico
					Sección	Area	Numérico
Remoción de nitrato y fosfato	Variable dependiente	Reducción de la concentración de nitrato y fosfato usando la zantedeschia aethiopica en el agua residual	Medición de la concentración de nitrato y fosfato; antes y después del tratamiento.	Condiciones fisicoquímicas en el afluente y efluente.	PH	und	Numérico
					Conductividad	μS/cm	Numérico
					Temperatura	T°	Numérico
					Turbiedad	UNT	Numérico
					Nitrato	mg/L	Numérico
Fosfato	mg/L	Numérico					

*Nota: Los parámetros principales de la variable dependiente Nitrato y Fosfato será realizado en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM*

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Internacional

**CARRILLO LIBANO, (2022)** En su estudio titulado "Evaluación técnica y ambiental de la eliminación de fósforo en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales", la finalidad es evaluar la eliminación de fósforo en sistemas de monocultivo y policultivo situados en un humedal para el tratamiento de aguas residuales. A pesar de estar en plena temporada, todos los tratamientos tuvieron un afluente con niveles de fósforo de 14,12,1 mg/L y el estudio no encontró diferencias en la remoción. Además, no hubo diferencias perceptibles entre los tratamientos. Las concentraciones de fósforo en los efluentes de HSSF disminuyeron de 12,9, 11,5 y 10,3 mg/L para las plantas Phr, Sch a 9,7 mg/20:1, seguidas por Cyp/Zant u otras plantas ornamentales. Estos hallazgos superaron la literatura sobre HSSF, que tenía un rango de 1,9 mg/L. Se determinó que las especies ornamentales Cyp/Zant fueron las más efectivas en términos de eficiencia de remoción cuando se sembraron en este sistema de policultivo, seguidas por los monocultivos Phr y Sch. Entre 9 18% y 30 33%, respectivamente. Las estaciones cálidas y frías no tuvieron un impacto significativo en el rendimiento. Las plantas representaron el 4,26% de la asimilación de fósforo, mientras que los HSSF y los microorganismos retuvieron el 13,31%) y el 57,79% del fosfato total absorbido en los efluentes de las plantas. Los factores operativos, incluida la carga de entrada de fósforo y la tasa de carga hidráulica, desempeñaron un papel importante en la determinación de la eficacia de la eliminación de fosfato. La investigación indica que la utilización de fósforo en ambientes húmedos con policultivos de plantas ornamentales es una técnica eficaz para el tratamiento de aguas residuales. Este es un avance significativo.

**OJEDA MEJIA (2014)** En su estudio titulado "Eliminación de lindano en agua mediante un humedal artificial de flujo subsuperficial con recirculación bajo condiciones controladas", el objetivo fue determinar la capacidad de un humedal artificial para eliminar el agente físico-químico lindano contenido en el agua residual. El autor utilizó una metodología experimental basada en procesos y encontró que, en ocho humedales artificiales, se logró una eliminación del 80% de nitratos, lo que indica que la recirculación del agua tiene un efecto beneficioso debido al aumento del oxígeno disuelto. Además, el sistema eliminó más del 90% de fosfatos gracias a la recirculación del agua. El autor concluyó que los reactores que incluían *Sagittaria lancifolia* y *Pseudomonas aeruginosa* en su arreglo tuvieron los porcentajes más altos de remoción de nutrientes, con un 91% (2,7 mg/L de nitrógeno total y 5,9 mg/L de fósforo). Un hallazgo importante de este estudio es la eficacia de las raíces de las plantas para eliminar eficazmente los nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, contenidos en el agua residual cuando se adiciona lindano.

**MERINO SOLIS (2017)** En su investigación titulada "Mecanismos de eliminación de materia orgánica y nutrientes en un sistema de tratamiento pasivo de aguas residuales municipales", el objetivo fue revisar y analizar los modelos y/o mecanismos existentes para la eliminación de nitrógeno y fósforo en aguas residuales municipales utilizando un HHFSS. Para ello, se construyó un sistema prototipo a escala piloto integrado por FAFA y HHFSS mediante un enfoque experimental. Los resultados indicaron que el nitrógeno orgánico y amoniacal eran los principales componentes del agua residual municipal, correspondiendo al 60% y 40% respectivamente. Las concentraciones promedio de N<sub>Org</sub> y NH<sub>4</sub>-N en el influente (M1) fueron de  $14 \pm 7.0$  y  $26 \pm 6.4$  mg/L respectivamente, representando el 35% y 65% del nitrógeno total. La eliminación del fósforo total (PT) se logró principalmente a través de procesos de adsorción en el medio filtrante utilizado. El tratamiento integrado de agua residual utilizando HHFSS como pretratamiento alcanzó una eficiencia global del sistema de tratamiento completo del 16.8% para el nitrógeno total. En el HHFSS, se lograron eficiencias de remoción de nitrógeno del 30% en tiempos

de residencia máximos de tres y cuatro días, observándose que un tiempo de residencia más prolongado permitía una mayor eliminación del nitrógeno. Para el fósforo total, se obtuvo una eficiencia de remoción del  $24.2\% \pm 17.7\%$ . Estos resultados demuestran la posibilidad de eliminar el nitrógeno y fósforo total presentes en las aguas residuales municipales utilizando HHFSS como pretratamiento.

**RINCON MEDINA & MILLAN BALLEEN (2013)** En su investigación titulada "Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales de la Universidad Libre", se propuso examinar cómo las variables físico-químicas del nitrato y el fosfato total afectan la eficacia de un humedal de flujo subsuperficial en el tratamiento de aguas residuales generadas por la Universidad Libre. Para llevar a cabo el estudio, se utilizó una metodología experimental que incluyó la creación de un humedal plantado (HV) y un humedal control (HC) durante cuatro meses. Los resultados indicaron que, al inicio del estudio, el HC no logró eliminar los nitratos debido a la falta de plantas que pudieran absorber este compuesto, mientras que el HV alcanzó una remoción de hasta el 70% gracias a la carga aplicada y al uso de plantas. Al final del estudio, el HV superó al HC con una remoción del 49%. En cuanto a la eliminación del fosfato total, el HC fue más eficaz con una remoción de hasta el 81%, mientras que el HV logró una eliminación máxima del 72%. La investigación concluyó que las especies *Zantedeschia aethiopica* (cartucho) y *Schoenoplectus californicus* (junco) demostraron una mayor adaptación y que la planta *Zantedeschia aethiopica* es eficaz en la eliminación de nitratos y fosfato en aguas residuales. En resumen, el estudio demostró la importancia del uso de plantas en el tratamiento de aguas residuales y la adaptabilidad de ciertas especies en humedales de flujo subsuperficial.

### 2.1.2. Nacional

**PORTILLA BENAVENTE (2019)** El estudio titulado "Sistema integrado tanque séptico y humedal de flujo horizontal para el tratamiento de agua residual doméstica" tuvo como objetivo el desarrollo de un diseño experimental para un prototipo de sistema combinado que incorpora plantas de tratamiento de aguas residuales y un humedal artificial para tratar aguas residuales domésticas utilizando *Zantedeschia aethiopica*. Esto implicó un enfoque experimental que incluyó examinar la calidad del agua restante en la entrada y salida del sistema, el comportamiento hidráulico y las adaptaciones de la vegetación en el humedal. El sistema de tratamiento fue ajustado antes del monitoreo y el análisis reveló que el efluente del sistema tenía una concentración promedio de nitrato de 4,93 mg/l. También se observó que los ortofosfatos, que representaban aproximadamente el 25% del fósforo total presente en las aguas residuales domésticas, estaban disponibles para el metabolismo biológico inmediato. Esto se debió a varios procesos. En cuanto al aprovechamiento de la depuradora, la concentración de fosfato orgánico es más significativa que la de fósforo total, con niveles medios de ph de 24,40 mg/l en el afluente y 15,55 mg/2 = 0,5% por unidad de superficie. El sistema logró una eficiencia del 36,21% en la eliminación de fosfatos. Concluyó que, en general, "el humedal es un buen lugar para tratar las aguas residuales domésticas ya que ha absorbido el 36,2% de sus subproductos fosfatados". Se destacó el uso de *Zantedeschia aethiopica* como agente de eliminación eficaz en aguas residuales domésticas como indicador de un precedente ejemplar para el tratamiento exitoso de aguas residuales domésticas con nitrato y fosfato.

**NUÑEZ BURGA (2016)** estudio titulado "Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente *Cyperus Papyrus* (Papiro)" fue evaluar la eficiencia de Eliminación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de aguas residuales domésticas mediante humedales y plantas de papiro diseñados con flujo subterráneo horizontal. Para ello, se utilizó un enfoque experimental durante todo el proceso de tratamiento del humedal. Los resultados mostraron que la concentración total de nitrógeno de las aguas residuales

domésticas que ingresan al humedal fue de 27,96 mg/L. Después de un análisis similar, la concentración total de nitrógeno fue de 6,27 mg/L, lo que mostró una gran reducción. Esta separación está relacionada con la síntesis de nitrógeno total por parte de las bacterias nitrificantes, convirtiéndolo en nitrito ( $\text{NO}_2$ ), que es volátil y se pierde a la atmósfera por evaporación (alrededor del 15% del nitrógeno), y también se utiliza en el proceso de crecimiento y evolución para producir la energía necesaria para su supervivencia. En cuanto al fósforo, el contenido de fósforo total del agua al inicio del proceso de tratamiento era de 4,06 mg/L, pero luego de pasar por el humedal artificial subterráneo horizontal, la concentración de fósforo total disminuyó a 0,49 mg/L. En resumen, un sistema de humedales diseñado para el tratamiento horizontal del subsuelo puede eliminar eficazmente el 78% del nitrógeno total y el 88% del fósforo total en las aguas residuales domésticas. Este estudio proporciona evidencia de la efectividad del uso de plantas de papiro (*Papyrus*) como agente de tratamiento en humedales horizontales para la eliminación del nitrógeno total y el fósforo total de las aguas residuales domésticas.

**JOAQUIN TACUNAN (2021)** El trabajo de estudio titulado "Diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales en Chacapampa - Huancayo" tuvo como meta de trabajo, proponer un plan de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales con flujo superficial y determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales mediante este sistema. Se utilizó un enfoque experimental y el estudio se clasificó como aplicado porque tuvo como objetivo resolver problemas prácticos y monitorear situaciones de la vida real en la población. Los resultados obtenidos mostraron que la concentración de nitrógeno antes del tratamiento fue de 17.23 mg/L, después del tratamiento disminuyó a 8.38 mg/L. Para el fósforo, la concentración antes del tratamiento fue de 27,51 mg/l, después del tratamiento disminuyó a 9,21 mg/l. Se encontró que se eliminó el 51,36% del nitrógeno total y el 66,52% del fósforo total. Estos resultados demuestran la eficacia de los humedales artificiales para eliminar estos parámetros fisicoquímicos durante el tratamiento de aguas residuales. Este estudio proporciona información importante

sobre la eliminación total de nitrógeno y fósforo total mediante el uso de humedales artificiales como sistemas de tratamiento de aguas residuales. Estos resultados pueden ser útiles en el diseño e implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en otras zonas con condiciones similares, ayudando así a proteger el medio ambiente y mejorar la calidad del agua en la región de Chacapampa - Huancayo.

**GOMEZ LORDAN (2017)** En su investigación titulada "Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales utilizando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas residuales", el objetivo fue evaluar la eficacia de la eliminación Parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento con humedales artificiales verticales. Para lograr esto, se implementó una metodología experimental que constó de tres etapas: pre-operación, operación y evaluación, y mantenimiento del sistema. Se llevaron a cabo diferentes actividades en cada etapa, lo que permitió obtener valores promedio para el fósforo total y el nitrógeno total. Los resultados mostraron que el humedal de Paragüitas y Vetiver lograron una remoción del 91% y 89%, respectivamente, para el fósforo total, y una remoción del 48.2% y 42.3%, respectivamente, para el nitrógeno total. Estos valores indican que los humedales verticales utilizando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* son eficientes en el tratamiento de aguas residuales y lograron la remoción deseada de los parámetros físico-químicos.

### 2.1.3. Local

**JAMANCA ROSALES (2017)** En su investigación titulada "Eficiencia en la remoción de nutrientes (n, p) y sólidos suspendidos empleando la especie *Zantedeschia aethiopica* (cartucho) aplicado en el humedal de flujo horizontal piloto; en el centro poblado tuyu ruri-marcará", la meta de este estudio fue evaluar a escala piloto la efectividad de *Zantedeschia Aethiopica* (insumo) en el tratamiento de aguas residuales de la central localidad de Tuyururi mediante humedales de flujo cruzado (remoción de sólidos suspendidos, tejones y nutrientes). Resultados obtenidos tras la eliminación de *Zantedeschia Aethiopica* (revestimiento) aplicado a humedales artificiales de flujo cruzado. El contenido de eliminación de fósforo fue del 43,79 %, el nitrógeno fue del 42,38 % y el total de sólidos suspendidos fue del 49,58 %. Los humedales de flujo

horizontal como el pH oscilaron entre 7,19 y 6,89, la temperatura varió entre 19,1 y 18,05° C; Ideal para procesos biológicos que ocurren en humedales.

**VILLEGAS URBINA (2018)** En su Investigación titulada “Remoción de fósforo y nitrógeno de aguas residuales domésticas, mediante humedales artificiales de flujo vertical empleando antrasita y tereftalato de polietileno, en la localidad de toma, carhuaz - ancash”, el objetivo es la disminución de la concentración de fosforo y nitrógeno aplicando humedales de flujo vertical, dando como resultado la disminución de este parámetro en los HAFV de nitrógeno total, son inferiores al valor promedio de 42 %, el Fosfato obtuvo una eficiencia de 62% en un periodo de 3 meses.

**POLO SALAZAR y otros (2018)** en su Investigación titulada “Eficiencia de Instalaciones de Saneamiento Básico Utilizando Humedales Construidos con Especies Nativas Tuyu Ruri - Centro Experimental Marcara para el Tratamiento de Aguas Residuales y su Reutilización como Agua de Riego” tiene como objetivo evaluar la efectividad de las Instalaciones de Saneamiento Básico (SBU) utilizando humedales construidos, humedales que se encuentran en el territorio de especies locales, se instaló un tanque de biorring y se crearon dos humedales: uno con pasto negro y otro con juncos. Luego se evaluó la idoneidad de estos humedales para el reciclaje de agua para riego, lo que resultó en la eliminación de fosfato (PO<sub>4</sub>) en los humedales utilizando filtros a 0,74 mg/l y 0,64 mg/l en los humedales de pasto negro. Se observó una disminución de NO<sub>3</sub> durante la eliminación de nitratos; El nivel de NO<sub>3</sub> fue superior a 21,3 mg/l en el humedal de Maveja e inferior a 1,0 mg/l en el humedal de Kasetne.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Humedales Artificiales**

**(MERINO SOLIS, 2017)** Los humedales artificiales, también conocidos como humedales construidos, son sistemas proyectados y erigidos por seres humanos para imitar los procesos de humedales naturales y tratar aguas residuales. Los humedales artificiales también se han aplicado para tratar aguas residuales de fuentes municipales, industriales y agrícolas, para mitigar el flujo urbano.

#### **2.2.1.1. Humedal artificial de flujo Subsuperficial**

(ESPINOSA ORTIZ, 2014) diseño típico de los sistemas de humedal es el flujo por debajo de la superficie al igual que en los sistemas de flujo libre, pueden existir lechos o canales con barreras para evitar la infiltración. Regar en el suelo que también contenga un medio adecuado para favorecer el crecimiento de las plantas (como grava, arena u otros materiales); La vegetación emergente es la misma que la vegetación en sistemas de flujo libre. La vegetación es la misma que en un sistema de flujo libre.

#### **2.2.1.2. Humedal de Flujo Horizontal**

(Kröpfelová & Vymazal, 2008) En contraste con otros humedales artificiales, los humedales artificiales de flujo horizontal son una tecnología relativamente nueva para el tratamiento de aguas residuales, pero han demostrado ser efectivos para eliminar nutrientes como nitrógeno y fósforo.

(Kröpfelová & Vymazal, 2008) Desempeño de los humedales artificiales de flujo horizontal se basa en procesos biogeoquímicos que ocurren en la capa filtrante del humedal. El líquido sobrante fluye a través del material poroso y entra en contacto con microorganismos y bacterias en la capa filtrante, que descomponen la materia orgánica contenida en el agua. La adsorción, absorción y precipitación de nutrientes y otros contaminantes ocurren en constante caída de líquido mediante la capa filtrante.

(Kröpfelová & Vymazal, 2008) Hay dos tipos de humedales artificiales horizontales: humedales horizontales de flujo subsuperficial sin plantas (HFSS) y humedales horizontales de flujo subsuperficial con plantas (HFSP). Los humedales HFSS no cuentan con plantas y dependen principalmente de procesos de filtración y absorción para el tratamiento del agua. No cuentan con plantas y dependen principalmente de procesos de filtración y absorción para el tratamiento del agua. Por otro lado, los humedales HFSP cuentan con una variedad de plantas acuáticas en la capa filtrante que ayudan a oxigenar el agua y aumentan la actividad microbiológica en el humedal.

(Kröpfelová & Vymazal, 2008) Los humedales diseñados de flujo horizontal se pueden utilizar para tratar aguas residuales de una variedad de fuentes,

incluidas aguas residuales municipales, industriales y agrícolas. Los humedales se pueden utilizar para tratar aguas residuales de diversas fuentes, incluidas aguas residuales municipales, industriales, domésticas y agrícolas. También se han utilizado para tratar aguas residuales urbanas y restaurar ecosistemas acuáticos. para tratar las aguas residuales urbanas y restaurar los ecosistemas acuáticos.

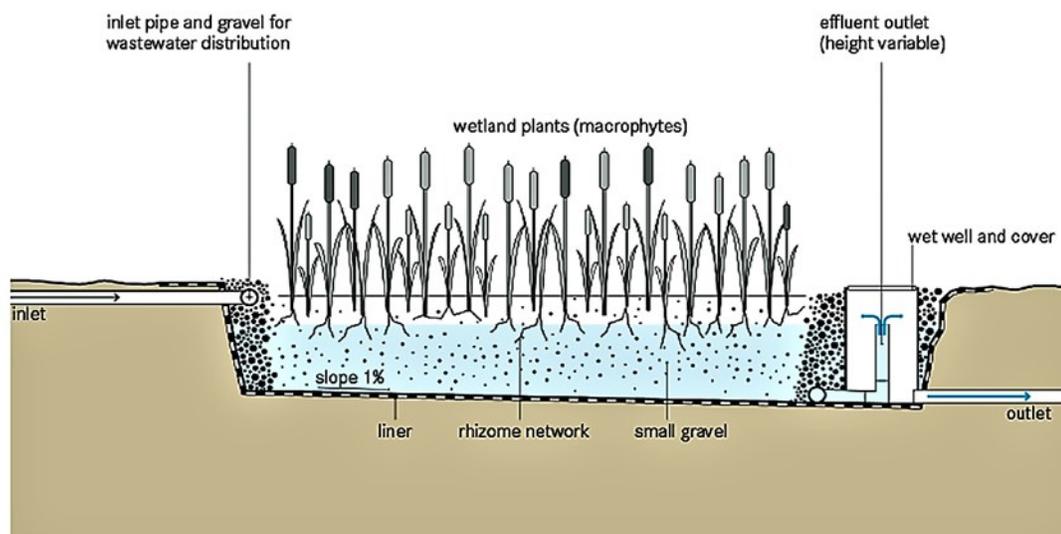


Figura 1: humedal de flujo horizontal (Kröpfelová & Vymazal, 2008)

### 2.2.1.3. Humedal de Flujo Vertical

(Stefanakis y otros, 2014) Los humedales artificiales de flujo vertical se basan en procesos biogeoquímicos similares a los que se producen en los humedales de flujo horizontal. El agua residual fluye a través del material poroso en el lecho filtrante y entra en contacto con microorganismos y bacterias en el medio filtrante que descompone la materia orgánica del agua. como fluye el agua mediante el lecho filtrante, se produce la adsorción, la absorción y la precipitación de nutrientes y otros contaminantes

(Stefanakis y otros, 2014) La principal diferencia del humedal artificial entre el flujo vertical y el flujo horizontal es la dirección del flujo del lecho filtrante. En los humedales de flujo vertical, el agua fluye a través de un filtro, mientras que en los humedales de flujo horizontal, el agua fluye a través de un lecho filtrante.

(Stefanakis y otros, 2014) Los humedales artificiales de flujo vertical pueden ser

utilizados para el tratamiento de aguas en desuso de diversos orígenes, incluyendo aguas residuales municipales, aguas residuales industriales y aguas residuales de la agricultura. También se han utilizado para tratar la escorrentía urbana y para la restauración de ecosistemas acuáticos.

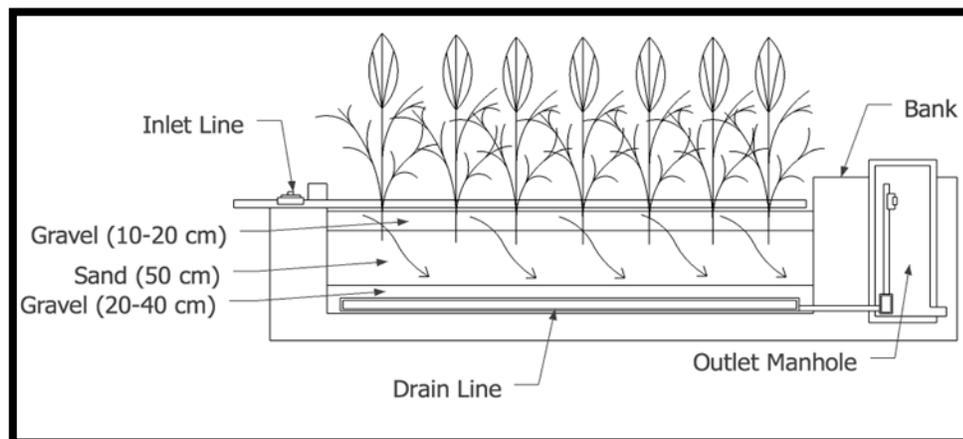


Figura 2: Humedal de flujo Vertical (Stefanakis y otros, 2014)

### 2.2.2. Vegetación Depuradora en Humedales

**(KANGAS, 2003)** La presencia de vegetación es un componente esencial de los humedales artificiales, ya que juega un papel importante en la remoción de contaminantes por procesos como la absorción de nutrientes, adsorción, filtrado y oxidación bioquímica. La selección adecuada de la vegetación es crítica para una producción humedal artificial eficaz. La vegetación es fundamental para la producción humedal artificial eficaz.

**(KANGAS, 2003)** La selección de la vegetación humedal artificial se basa en su capacidad para resistir las condiciones de humedad, la contaminación y las fluctuaciones del nivel del agua. Las especies elegidas deben ser resistentes a enfermedades y plagas, así como tener una alta tasa de crecimiento para garantizar una cobertura vegetal completa.

**(KANGAS, 2003)** En humedales artificiales de flujo horizontal, se pueden utilizar diferentes tipos de plantas, incluyendo cartucho, gramíneas, juncos, espadañas, lirios y diferentes tipos de arbustos y árboles. Las gramíneas y los juncos son particularmente adecuados para tratar aguas residuales con altas cargas de nutrientes, mientras que las espadañas y los lirios son más adecuados para tratar

aguas residuales con una carga de nutrientes más baja.

**(KANGAS, 2003)** sistemas artificiales de flujo vertical, se utilizan plantas adaptadas a ambientes con fluctuaciones en medida y cantidad del agua. Las plantas seleccionadas para estos humedales deben tener raíces largas y ramificadas, para garantizar una adecuada absorción de nutrientes y una buena estabilidad del suelo. Las especies comúnmente utilizadas en humedal artificiales de flujo vertical incluyen el carrizo, la caña común, la lenteja de agua y el papiro.

**(KANGAS, 2003)** selección de la vegetación adecuada para cada tipo de humedal artificial depende de factores específicos, como el clima local, la calidad del agua y la carga de nutrientes.

#### 2.2.2.1. *Zantedeschia Aethiopica*

**(KANGAS, 2003)** La *Zantedeschia aethiopica*, comúnmente conocida como lirio de agua o flor de cala, una planta acuática que se encuentra en todo el mundo en regiones con clima no calidos y calidos. Esta planta es conocida por sus características de resistencia y su capacidad para crecer en condiciones de alta humedad, lo que la hace adecuada para su uso en humedales artificiales.

**(KANGAS, 2003)** En humedales artificiales de flujo horizontal, la *Zantedeschia aethiopica* es una de las plantas más utilizadas debido al rapido crecimiento y su capacidad para absorber nutrientes del agua. Además, esta planta tiene la aptitud de adsorber metales pesados, lo que la hace adecuada para la eliminación de contaminantes de origen industrial en las aguas residuales.

**(KANGAS, 2003)** Los humedales artificiales de flujo vertical, la *Zantedeschia aethiopica* se utiliza comúnmente como una planta emergente que crece por encima del nivel del agua y sus raíces largas y ramificadas penetran en el sustrato del humedal. En este tipo de humedales, la planta juega un papel crucial en la disminucion de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, a través del proceso de absorción y acumulación en sus tejidos.

**(KANGAS, 2003)** La *Zantedeschia aethiopica* también tiene la capacidad de reducir la carga microorganismos en las aguas en desuso. Estudios han demostrado que esta planta tiene un efecto antibacteriano contra algunas bacterias patógenas, lo que puede mejorar la condicion del agua tratada en los humedales artificiales.

(KANGAS, 2003) En resumen, la *Zantedeschia aethiopica* es una planta importante en la eliminación de poluciones en humedales artificiales de flujo horizontal y vertical. Esta planta es capaz de absorber nutrientes y metales pesados, reducir la carga de bacterias y virus, y mejorar la calidad del agua tratada. Sin embargo, la selección de la planta adecuada para cada tipo de humedal artificial depende de factores específicos.



Fotografía 01: *Zantedeschia Aethiopica* **PORTILLA BENAVENTE (2019)**

### 2.2.3. Sustrato Filtrante de Humedales

**(Orozco, 2005)** Los humedales artificiales es una técnica de tratamiento de aguas residuales que utilizan la acción conjunta de la vegetación y microorganismos para eliminar contaminantes del agua. El agua es conducida a través de medios filtrantes que están compuestos de diferentes materiales, tales como grava, arena, arcilla expandida, materiales sintéticos, etc. Estos medios filtrantes proporcionan una superficie de contacto para la adhesión de las bacterias nitrificantes y desnitrificantes que eliminan los contaminantes del agua. Los humedales artificiales se clasifican según la dirección del flujo, y en este caso, describiremos los medios filtrantes utilizados en humedales artificiales de flujo horizontal y vertical.

**(Kröpfelová & Vymazal, 2008)** Medios filtrantes de humedales artificiales de flujo horizontal:

Los humedales artificiales de flujo horizontal son medios de tratamiento de aguas residuales que utilizan un lecho de material filtrante para eliminar los contaminantes del agua. Los materiales filtrantes utilizados en humedales artificiales de flujo horizontal incluyen gravas, arcillas expandidas, materiales sintéticos, entre otros. La grava es un medio filtrante común utilizado en humedales artificiales de flujo horizontal debido a su alta capacidad de absorción de nutrientes y metales pesados, su resistencia a la compresión, y su facilidad de manejo y mantenimiento.

**(Kröpfelová & Vymazal, 2008)** Otros medios filtrantes comunes utilizados en humedales artificiales de flujo horizontal incluyen arena, es efectiva para la eliminación de partículas sólidas y materia orgánica, y la arcilla expandida, tiene una alta capacidad de disminuir nutrientes y es útil para la eliminación de metales pesados. Los materiales sintéticos, como la espuma de poliuretano, también se utilizan como medios filtrantes en humedales artificiales de flujo horizontal debido a su alta capacidad de absorción de nutrientes y su resistencia a la obstrucción.

**(Stefanakis y otros, 2014)** Medios filtrantes de humedales artificiales de flujo vertical: Son sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan un lecho vertical de material filtrante para eliminar los contaminantes del agua. El material filtrante más común utilizado en humedales artificiales de flujo vertical es la arena, que se utiliza

debido a su alta capacidad de retención de agua y su facilidad de manejo y mantenimiento.

**(Stefanakis y otros, 2014)** Otro material filtrante común utilizado en humedales artificiales de flujo vertical es la grava, se utiliza gracias a su alta capacidad de absorción de nutrientes y metales pesados. Además, se utilizan medios filtrantes específicos para eliminar contaminantes específicos del agua, como la zeolita, que se utiliza para eliminar el amoníaco del agua, y el carbón activado, que se utiliza para eliminar metales pesados y contaminantes orgánicos.



## 2.2.4. Parámetros Físico-Químicos

(Orozco, 2005) Los parámetros fisicoquímicos brindan amplia información sobre la naturaleza de las sustancias químicas en el agua y sus propiedades físicas, pero no brindan información sobre sus efectos en los organismos acuáticos; Los métodos biológicos proporcionan esta información pero no indican nada sobre el contaminante o contaminantes, por lo que muchos investigadores recomiendan utilizar ambos métodos a la hora de evaluar los recursos hídricos.

### 2.2.4.1. Fosforo

(OJEDA MEJIA, 2014) Elemento químico que sirve para el desarrollo de algas y microorganismos biológicos. La presencia de fosforo nos indica alta proliferación de algas. Estas algas llegan a alcanzar las aguas superficiales lo cual afecta el consumo y uso de las masas de agua. En el caso de las aguas residuales el valor de fosforo puede variar entre 4 y 16 mg/L.

### 2.2.4.2. Nitrógeno

(METCALF & EDDY, 1995) Junto con el fosforo permiten el desarrollo de protistas y de una variedad de plantas, por lo que se le conocen como bioestimadores. Sirven asimismo como elementos de nutrición. Se debe resaltar que el nitrógeno sirve para sintetizar proteínas. El estudio de este elemento es de vital importancia ya que su presencia arroja datos sobre su cantidad y proporción y de acuerdo con estos números se puede emprender una acción de tratamiento de los efluentes residuales.

## 2.2.5. Remoción de Contaminantes en Humedales Artificiales

### 2.2.5.1. Nitrato

(Frias & Montilla, 2016) El nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) es oxidado por bacterias nitrificantes para formar nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), que se utiliza como fertilizante para las plantas. Su concentración es mayor en las aguas subterráneas: porque el suelo es incapaz de retenerlos y/o filtrarlos. Las concentraciones de nitrato en el agua son causadas por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluido el amoníaco, que tiene propiedades antibacterianas y puede controlar el crecimiento de las bacterias del

ácido butírico, que producen gas nitrato de amonio para uso minero. Para eliminar los nitratos se utilizan bacterias desnitrificantes, que convierten el nitrato en gas nitrógeno. Los nitratos son nutrientes que las plantas absorben fácilmente y pueden utilizarse como fertilizante.

#### **2.2.5.2. Fosfato**

**(Orozco, 2005)** El compuesto que contiene fósforo (p), como los fosfatos, son bioelementos, sustancias necesarias para el crecimiento de las plantas. El exceso de fosfatos puede provocar eutrofización, lo que provoca la proliferación de algas verdiazules que producen toxinas en el medio ambiente y provocan un crecimiento descontrolado de organismos.

### 2.3. Definición de Términos Básicos

- **Afluyente:** Agua u otros líquidos que pasan a un depósito, planta de tratamiento o proceso **(MVCS, 2009)**
- **Agua residual:** Agua utilizada por comunidades o industrias que contiene materia orgánica o inorgánica disuelta o suspendida **(MVCS, 2009)**
- **Agua residual doméstica:** Agua doméstica, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros desechos creados por la actividad humana. **(MVCS, 2009)**
- **Análisis:** Verificación de sustancias para determinar su composición. **(MVCS, 2009)**
- **Depuración de aguas residuales:** Limpiar o eliminar sustancias nocivas de las aguas residuales; especialmente adecuado para procesos de procesamiento de líquidos **(MVCS, 2009)**
- **Efluente:** Líquidos generados durante el procesamiento. **(MVCS, 2009)**
- **Medio filtrante:** Material granular por el que pasan las aguas residuales para su tratamiento, tratamiento o acondicionamiento **(MVCS, 2009)**
- **Muestreo:** Recoger una cantidad predeterminada de muestra y utilizar técnicas de conservación adecuadas para analizar los parámetros a analizar. **(MVCS, 2009)**
- **Nutriente:** Cualquier sustancia que un organismo ingiere y contribuye a su crecimiento. En las aguas residuales, normalmente se trata de nitrógeno y fósforo, pero también pueden estar presentes otros elementos esenciales. **(MVCS, 2009)**
- **pH:** El logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno, expresado en moles por litro. **(MVCS, 2009)**
- **Tiempo de Retención Hidráulica (TRH):** Relación entre el y el caudal efluente **(MVCS, 2009)**
- **Porcentaje de reducción:** cantidad de disminución de un estudio **(MVCS, 2009)**
- **Caudal:** El caudal en agua residual se trata al volumen de líquido sobrante que fluye a través de una tubería, canal o cualquier otra estructura hidráulica durante

un período de tiempo predeterminado. Se valora en unidades de volumen por unidad de tiempo, típicamente en litros por segundo (L/s) o (m<sup>3</sup>/s) **(METCALF & EDDY, 1995)**

- **Temperatura:** En aguas residuales es un factor crucial que puede tener un impacto en el proceso de tratamiento. La temperatura puede tener un impacto en la acción biológica en los sistemas de tratamiento biológico, así como en la solubilidad de los contaminantes en el agua residual. Puede afectar la calidad del agua y la vida acuática, la temperatura también puede ser importante para la eliminación del exceso de agua de los ríos y otros cuerpos superficiales **(METCALF & EDDY, 1995)**
- **Conductividad:** En aguas residuales es la capacidad de transmisión eléctrica del líquido. Se pueden ver otras partículas suspendidas en el agua sobrante. La conductividad eléctrica del agua se mide en siemens por metro (S/m) o microsiemens por centímetro (uS/cm) **(METCALF & EDDY, 1995)**  
La evaluación de conductividad en aguas residuales es importante porque puede revelar información sobre la calidad del líquido, la proporción de sales y otros contaminantes que pueden estar presentes. Señal de la presencia de contaminantes como nitratos y fosfatos es la conductividad **(METCALF & EDDY, 1995)**
- **Sección:** El área en humedales de aguas residuales se refiere al tamaño de la superficie de los humedales artificiales destinados al tratamiento de aguas residuales. Los humedales artificiales son sistemas de tratamiento pasivo que utilizan la interacción de plantas y suelos para tratar el agua residual **(KANGAS, 2003)**
- **Turbiedad:** La turbiedad en humedales de aguas residuales se refiere a la cantidad de sólidos suspendidos en el agua, lo que provoca una disminución de la transparencia y un aspecto opaco o turbio. La turbidez se mide en unidades NTU (unidades de turbidez nefelométrica) **(METCALF & EDDY, 1995)**

### III. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de Investigación

La actual investigación es de carácter experimental, según referencia al estudio e investigación científica que ansía solucionar problemas prácticos.

el nivel de profundidad, una investigación descriptiva es aquella que estudia y describe el fenómeno que se produce como consecuencia de la variación de las variables.

al tipo de datos utilizados, El estudio es cuantitativo, porque la recolección de datos utiliza herramientas matemáticas y estadísticas para llegar a conclusiones generalizadas.

El tiempo que se llevará a cabo el experimento será: longitudinal.

#### 3.2. Diseño de Investigación

El proposito de investigación se detalla a continuación:

La metodología de investigación propuesta aborda sistemáticamente la problemática de la remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales mediante el uso de *Zantedeschia aethiopica* en humedales de flujo horizontal y vertical en la zona de Tuyu Ruri-Marcará. Inicialmente, se llevará a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica para comprender el contexto teórico existente y fundamentar la investigación en la base científica previa. Posteriormente, se realizará una inspección detallada del área de estudio para recolectar información relevante y caracterizar las aguas residuales locales. Esta caracterización incluirá el análisis de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, así como la identificación de los humedales ya presentes en la región. Una vez recopilada esta información, se procederá con la implementación de *Zantedeschia aethiopica* en los humedales seleccionados y se monitoreará el efluente resultante para evaluar la eficacia del tratamiento.

Los resultados de estos análisis se compararán con los estándares de calidad ambiental establecidos por el DS 004-2017-MINAM para determinar el grado de remoción de nitrato y fosfato alcanzado. Además, se realizará una comparación entre los humedales de flujo horizontal y vertical para identificar posibles diferencias en su eficacia de remoción. Este enfoque metodológico integral proporciona un marco riguroso para investigar la viabilidad y efectividad del uso de *Zantedeschia aethiopica* en humedales como una solución para mitigar la contaminación por nitrato y fosfato en aguas residuales, contribuir a la protección y conservación del medio ambiente acuático.

### 3.3. Métodos de Investigación

el método de estudio empleado es experimental de campo con diseño de grupos de control y tratamiento, seguido de un análisis estadístico para evaluar la eficacia de los humedales de flujo horizontal y vertical con *Zantedeschia aethiopica* en la remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales.

- **Área:** el área se encuentra en el centro experimental Tuyu Ruri-Marcara, el humedal vertical consta de (2.95m de largo y 1.63m de ancho) con un área total de 4.814 m<sup>2</sup>.  
El humedal horizontal consta de (3.87m de largo y 1.91m de ancho) con un área total de 7.36 m<sup>2</sup>.
- **Número de plántulas:** el número de plántulas en el humedal horizontal y vertical es de 21 plántulas por humedal, con una separación entre plántulas de 0.20 m.
- **Caudal:** el caudal considerado deriva de la red de alcantarillado sanitario que pasa el centro experimental Tuyu Ruri, en el cual tenemos un vertedero triangular que deriva aguas residuales a un repartidor de caudales. El cual vertimos un caudal de 3773 L/DIA (43.66 ml/Seg) a cada humedal horizontal y vertical.
- **Población:** La población de estudio son las aguas residuales generadas por la población de Tuyu Ruri-Marcará en el año 2023, que son tratadas con humedales de flujo horizontal y vertical construidos con *Zantedeschia aethiopica*.

- **Muestra:** La muestra está inmersa en 21 plantulas de *Zantedeschia aethiopica* inmersas en aguas residuales que ingresan en los humedales horizontal y vertical durante el período de estudio en Tuyu Ruri-Marcará.
- **Tamaño de la muestra:** se determinará utilizando una fórmula estadística para respaldar la validez y confiabilidad de los resultados. Se recomienda utilizar un tamaño de muestra con una frecuencia cada 7 días, durante 16 semanas para garantizar la representatividad y la precisión estadística.
- **Selección de la muestra:** se seleccionará de modo uniforme de acuerdo al punto de entrada y salida con respecto a cada humedal ya sea horizontal y vertical, para así medir con precisión y tener tomas de muestra confiable.
- **Recolección de datos:** Se medirán los niveles de nitrato y fosfato en el agua de entrada y salida de los humedales a intervalos que indica el tamaño de muestra.
- **Análisis de datos:** Se analizarán los datos recopilados para evaluar la eficacia de los humedales construidos con *Zantedeschia aethiopica* para la remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales, así como la influencia del flujo horizontal y vertical en la eficiencia de remoción. Se utilizarán estadísticas y gráficos para visualizar los resultados.
- **Conclusiones:** se resolverá la duda del objetivo planteado de la gestión del agua tratada de acuerdo a los estándares de vertimiento a cuerpos de aguas superficiales y se ofrecerán recomendaciones para futuras investigaciones.

### 3.4. Población y muestra

- **Población:** La población de estudio son las aguas residuales generadas por la población de Tuyu Ruri-Marcará en el año 2023, que son tratadas con humedales de flujo horizontal y vertical construidos con *Zantedeschia aethiopica*.
- **Muestra:** La muestra está inmersa en 21 plantulas de *Zantedeschia aethiopica* partir de las aguas residuales que ingresan en los humedales horizontal y vertical durante el estudio en la planta de tratamiento de aguas residuales de Tuyu Ruri-Marcará.
- **Tamaño de la muestra:** se determinará utilizando una fórmula estadística para optimizar la validez y confiabilidad de los resultados. Se recomienda utilizar un tamaño de muestra Nitrato y Fosfato con una frecuencia cada 7 días, durante 16 semanas para garantizar la representatividad y la precisión estadística.

### 3.5. Instrumentos validados de recolección de datos

Validez y confiabilidad de instrumentos a ser utilizados será validada por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional de Santiago Antúnez de Mayolo.

Por ello la recolección de datos estará dada por lo siguiente:

Medición en campo de cada indicador incluido en la tabla de operacionalización de variables, utilizando equipos debidamente certificados y calibrados.

**Tabla 3.** *Instrumentos de validación de datos*

Parámetro	Unidades	Método de medición	Equipo de medición
Nitrato	mg/L	Espectrofotometría	laboratorio
Fosfato	mg/L	Espectrofotometría	laboratorio
Temperatura del agua	°C	Prueba Estandarizada, 23 edición.	multiparámetro
pH	Unidades de pH	Prueba Estandarizada, 23 edición.	multiparámetro
Conductividad	μS/cm	Prueba Estandarizada, 23 edición.	multiparámetro
Tiempo de retención hidráulica	Horas	Trazador	multiparámetro
Turbiedad	NTU	Prueba Estandarizada, 23 edición.	Turbidímetro
Caudal	mg/L	Volumétrico	probeta y cronometro

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.6. Instrumento de Manejo Estadístico

(**APHA y otros, 2012**) La determinación del número de muestras se llevará a cabo la prueba t de Student también puede ser utilizada para hallar el tamaño de la muestra necesario para obtener una diferencia significativa entre grupos independientes. Para ello, se utiliza la fórmula que tiene en cuenta el valor crítico de la prueba t, la desviación estándar combinada y la diferencia mínima deseada entre grupos. Es importante recordar que el tamaño de la muestra calculado es solo una estimación y puede variar dependiendo de las condiciones específicas del estudio.

**Tabla 4.** *Ensayo Estadístico de acuerdo al modelo de estudio*

PRUEBA NO PARAMETRICA					PRUEBA PARAMETRICA
VARIABLES	GRUPOS/MEDIDAS	NOMINAL DICOTOMICA	NOMINAL POLITOMICA	ORDINAL	NUMERICAS
MUESTRAS INDEPENDIENTES	01 GRUPO	$\chi^2$ bondad de ajuste binomial	$\chi^2$ bondad de ajuste	$\chi^2$ bondad de ajuste	t de student (una muestra)
	02 GRUPOS	$\chi^2$ bondad de correlacion test exacto de fisher	$\chi^2$ bondad de homogenidad	u mann-withney	t de student (muestras independientes)
MUESTRAS RELACIONADAS	02 MEDIDAS	mc nemar	q de cochran	wilcoxon	t de student (muestras relacionadas)

Fuente:(Atanael, 2013)

Como se aprecia en la tabla 04, se muestra la prueba que tiene un grupo específico de datos de acuerdo a grupos, en mi caso hay datos de afluente y efluente por 16 semanas, donde se probará las hipótesis específicas en respuesta al porcentaje de remoción que tiene el humedal de flujo vertical y horizontal, y ver cual humedal es más eficiente en cuanto al porcentaje de remoción.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de la fase de Preadaptación de la especie *Zantadeschia Aethiopica*

El transcurso de 4 semanas fue de la fase de preadaptación, se plantaron en tinas de plástico, se vio que, al día siguiente de la plantación luego de los 10 días, las plantas se mantenían vivas y empezaron a crecer, después de 5 días más las plantas que se secaron empezaron a salir nuevos brotes, el crecimiento se demoró 15 días más. Como se muestra en las fotografías 10 y 11. El sustrato utilizado en la esta fase de preadaptación fue suelo común del centro experimental tuyu ruri combinado con arena gruesa, para que las plantas se adapten fácilmente en los humedales.



Fotografía 02: se muestra las tinas con el sustrato previo al plantado.  
Fuente: Propia.



Fotografía 03: se puede apreciar el plantado de la *Zantadeschia Aethiopica* en las tinas.  
Fuente: Propia.

#### **4.2. Resultados de la Fase de Adaptación de la especie *Zantadeschia Aethiopica* en humedal de flujo vertical y horizontal**

Fueron 6 meses la Fase de adaptación, en cada humedal se plantó 21 plántulas de *Zantadeschia Aethiopica*, en ello se observó el crecimiento de la especie mediante el ingreso constante de agua residual, el primer mes se observó que la especie no creció solo se estaba adaptando, en el transcurso del segundo al cuarto mes, se observó que las plántulas estaban brotando y aumentando su tamaño, luego en el sexto mes se observó que las plántulas estaban bien adaptadas, donde se optó por comenzar el muestreo de parámetros.



Fotografía 04: Fase de adaptacion de *Zantedeschia Aethiopica* en Humedal de Flujo Horizontal  
Fuente: Propia.



Fotografía 05: Fase de adaptacion de *Zantedeschia Aethiopica* en Humedal de Flujo Vertical  
Fuente: Propia.



Fotografía 06: *Zantedeschia Aethiopica* a los 6 meses de adaptación en Humedal de Flujo Vertical y horizontal.  
Fuente: Propia.

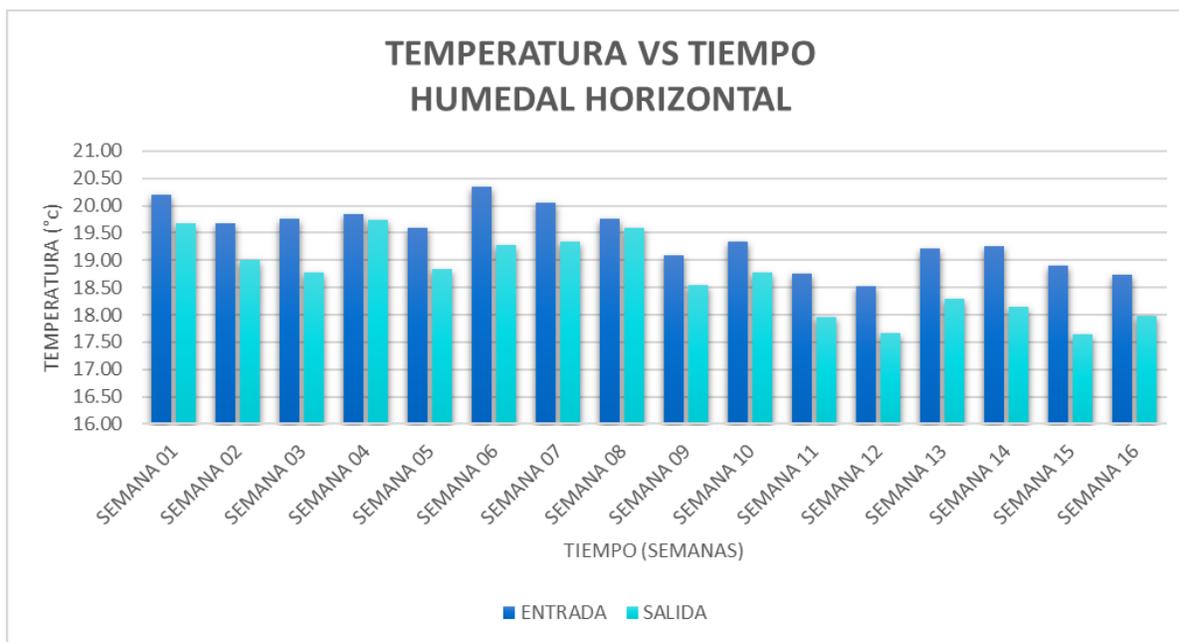
### 4.3. Resultados de la Evaluación de Temperatura

Tabla 5. *Temperatura en el transcurso del tratamiento*

PROMEDIOS SEMANALES DE TEMPERATURA				
SEMANAS	HUMEDAL HORIZONTAL		HUMEDAL VERTICAL	
	T		T	
	E	S	E	S
SEMANA 01	20.20	19.67	20.72	20.08
SEMANA 02	19.67	19.00	19.75	18.82
SEMANA 03	19.75	18.77	19.88	19.07
SEMANA 04	19.85	19.73	19.83	19.73
SEMANA 05	19.60	18.83	19.53	19.03
SEMANA 06	20.35	19.28	20.52	19.83
SEMANA 07	20.05	19.33	20.12	19.08
SEMANA 08	19.77	19.58	19.47	19.08
SEMANA 09	19.10	18.55	19.07	18.77
SEMANA 10	19.33	18.78	19.32	19.02
SEMANA 11	18.75	17.97	18.83	18.34
SEMANA 12	18.52	17.67	18.47	17.57
SEMANA 13	19.22	18.28	19.40	18.68
SEMANA 14	19.27	18.15	19.15	18.27
SEMANA 15	18.90	17.65	18.90	17.65
SEMANA 16	18.73	17.98	18.47	17.77

Fuente: Elaboración Propia

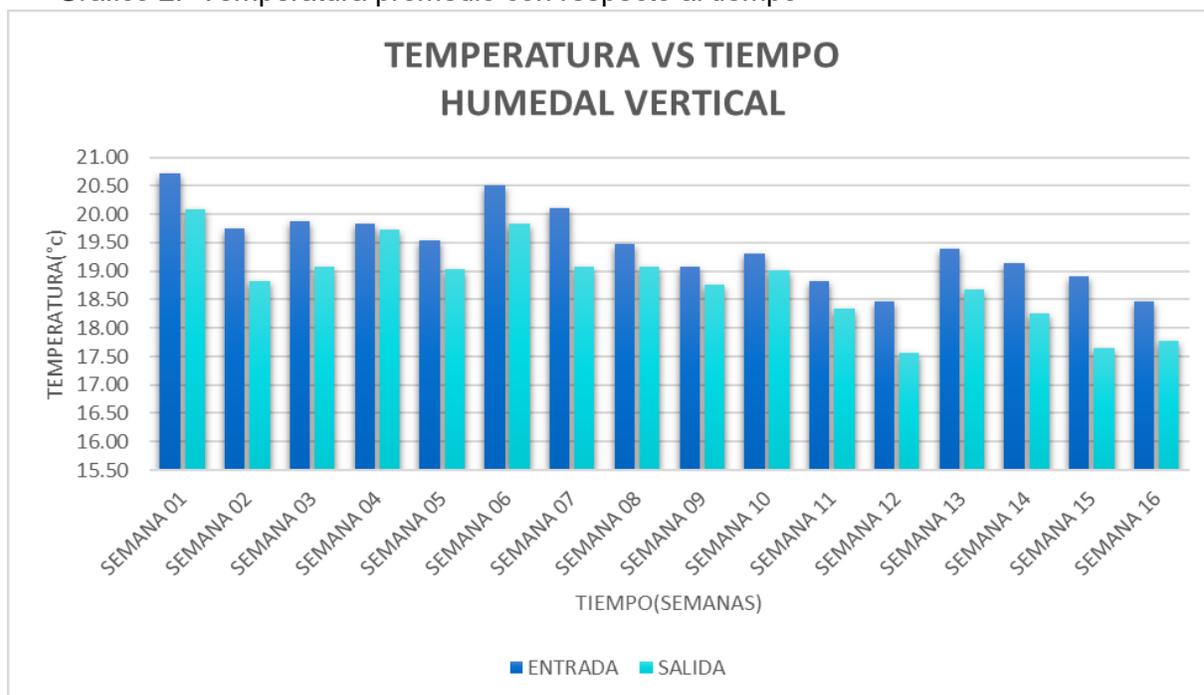
Gráfico 1: Temperatura promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- Para el humidificador horizontal, se observa una temperatura de entrada que oscila entre aproximadamente 18.73°C y 20.20°C, con una ligera variación entre el punto mínimo y máximo. Por otro lado, la temperatura de salida muestra un rango de alrededor de 17.65°C a 19.73°C, con una tendencia similar de variación mínima a máxima.

Gráfico 2: Temperatura promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- Para el humedal vertical, se observa una temperatura de entrada que varía entre aproximadamente 18.47°C y 20.72°C, con una diferencia mínima a máxima similar al humedal horizontal. En cuanto a la temperatura de salida, se registra un rango de alrededor de 17.57°C a 20.08°C, con una variación mínima a máxima

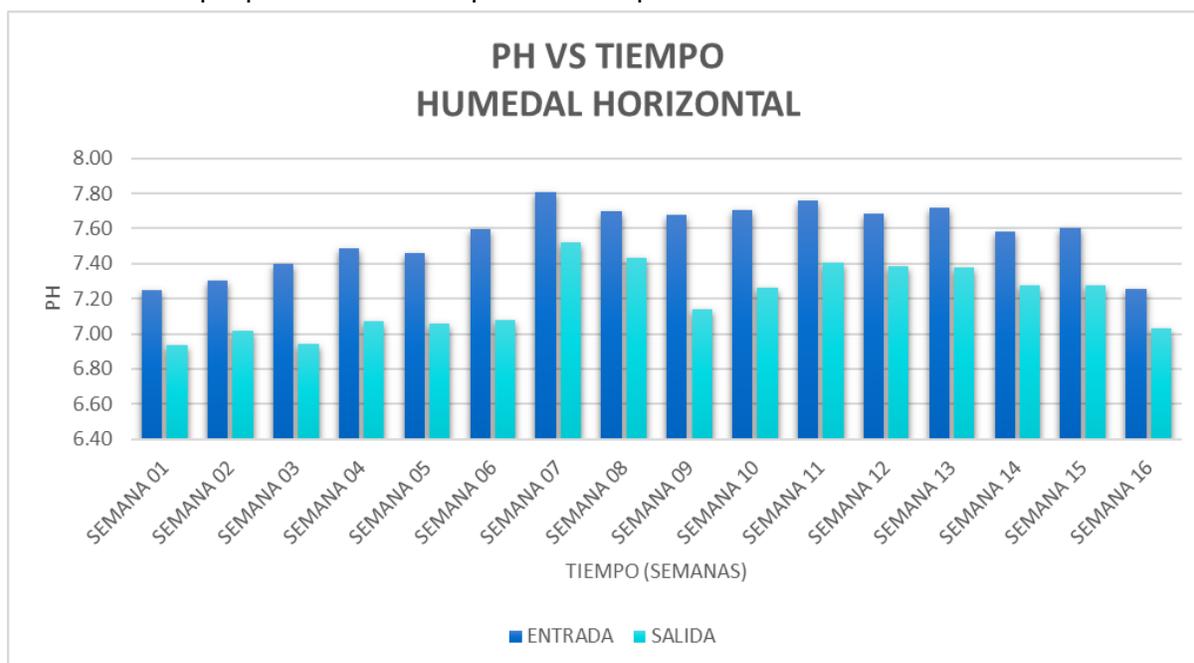
#### 4.4. Resultados de la Evaluación de pH

Tabla 6. pH en el transcurso del tratamiento

PROMEDIOS SEMANALES pH				
SEMANAS	HUMEDAL HORIZONTAL		HUMEDAL VERTICAL	
	pH		pH	
	E	S	E	S
SEMANA 01	7.25	6.94	7.21	6.88
SEMANA 02	7.30	7.02	7.29	7.01
SEMANA 03	7.40	6.95	7.39	7.11
SEMANA 04	7.49	7.08	7.51	7.17
SEMANA 05	7.46	7.06	7.49	7.18
SEMANA 06	7.59	7.08	7.56	7.15
SEMANA 07	7.81	7.52	7.79	7.09
SEMANA 08	7.70	7.43	7.60	7.10
SEMANA 09	7.68	7.14	7.66	7.16
SEMANA 10	7.70	7.26	7.59	7.29
SEMANA 11	7.76	7.41	7.73	7.31
SEMANA 12	7.68	7.39	7.58	7.45
SEMANA 13	7.72	7.38	7.69	7.28
SEMANA 14	7.58	7.27	7.57	7.20
SEMANA 15	7.60	7.28	7.61	7.17
SEMANA 16	7.26	7.03	7.16	7.00

Fuente: Propia

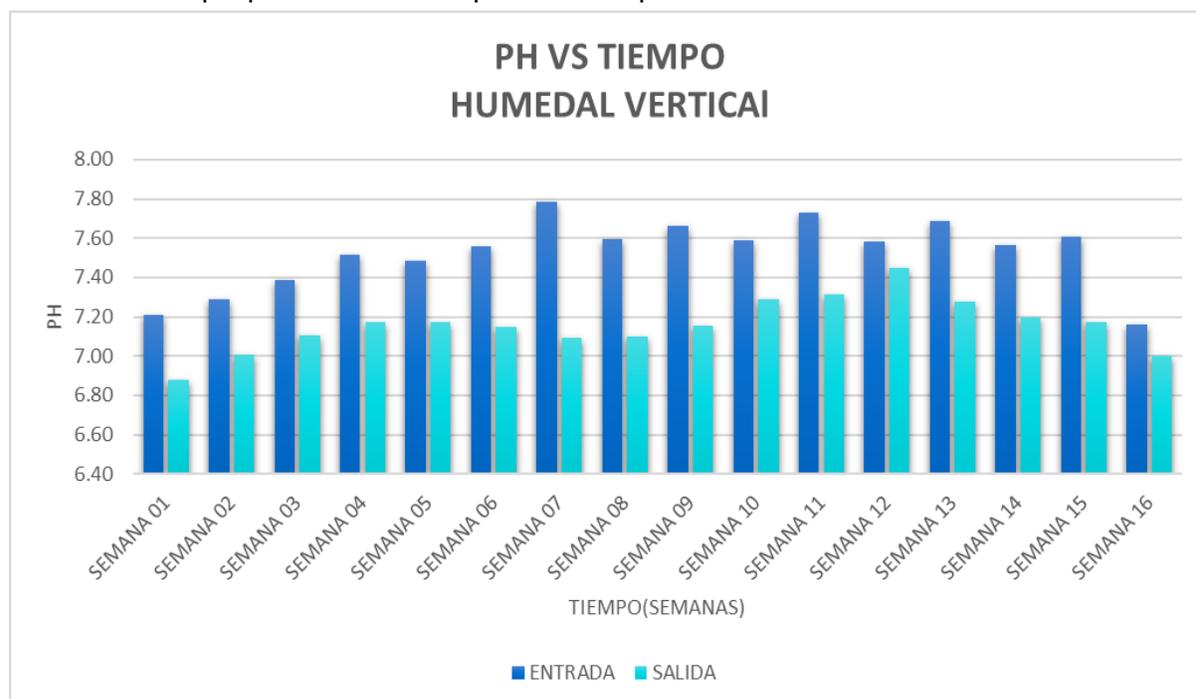
Gráfico 3: pH promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- humedal horizontal, se observa que el pH en la entrada varía entre aproximadamente 7.25 y 7.81, con una ligera diferencia entre el punto mínimo y máximo. Por otro lado, en la salida del humedal horizontal, el pH oscila entre alrededor de 6.94 y 7.43, con una variación similar entre el punto mínimo y máximo.

Gráfico 4: pH promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- humedal vertical, se registra un pH de entrada que varía entre aproximadamente 7.16 y 7.79, con una diferencia mínima a máxima comparable al humedal horizontal. En cuanto al pH de salida, se observa un rango de alrededor de 6.88 a 7.45, nuevamente con una variación mínima a máxima

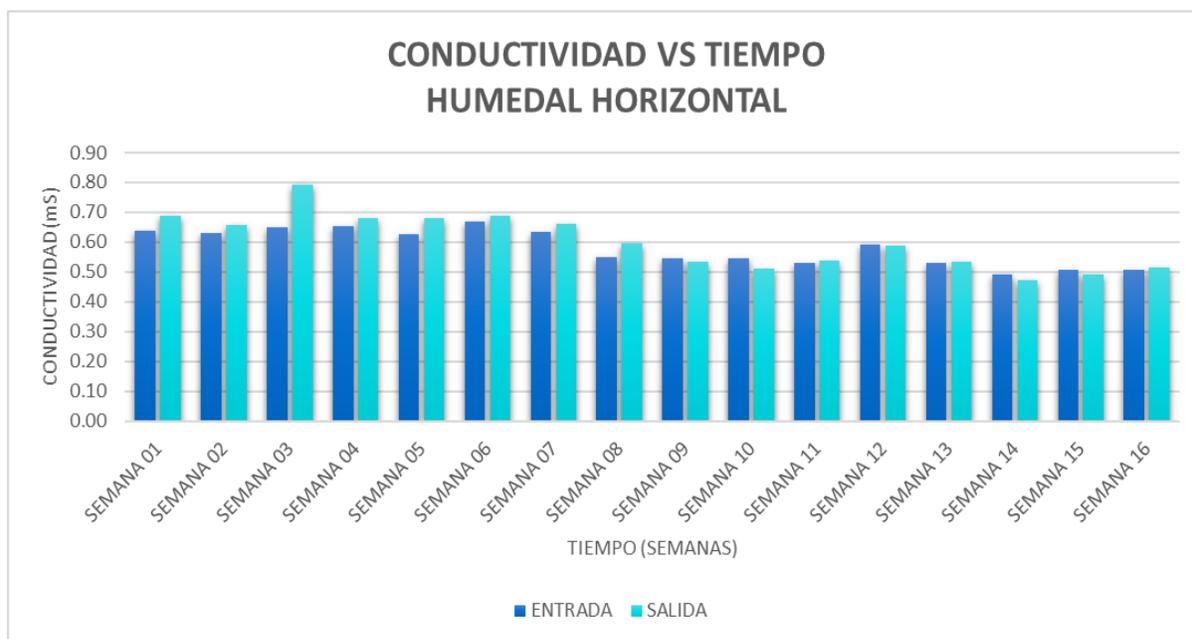
#### 4.5. Resultados de la Evaluación de Conductividad

**Tabla 7. Conductividad en el transcurso del tratamiento**

PROMEDIOS SEMANALES DE CONDUCTIVIDAD				
SEMANAS	HUMEDAL HORIZONTAL		HUMEDAL VERTICAL	
	CONDUCTIVIDAD (MS)		CONDUCTIVIDAD (MS)	
	E	S	E	S
SEMANA 01	0.64	0.69	0.64	0.69
SEMANA 02	0.63	0.66	0.62	0.67
SEMANA 03	0.65	0.79	0.77	0.76
SEMANA 04	0.65	0.68	0.65	0.66
SEMANA 05	0.63	0.68	0.61	0.65
SEMANA 06	0.67	0.69	0.67	0.67
SEMANA 07	0.63	0.66	0.61	0.66
SEMANA 08	0.55	0.60	0.54	0.59
SEMANA 09	0.55	0.54	0.54	0.55
SEMANA 10	0.55	0.51	0.54	0.54
SEMANA 11	0.53	0.54	0.52	0.55
SEMANA 12	0.59	0.59	0.59	0.61
SEMANA 13	0.53	0.54	0.49	0.52
SEMANA 14	0.49	0.47	0.49	0.48
SEMANA 15	0.51	0.49	0.50	0.51
SEMANA 16	0.51	0.52	0.55	0.52

Fuente: Elaboración Propia.

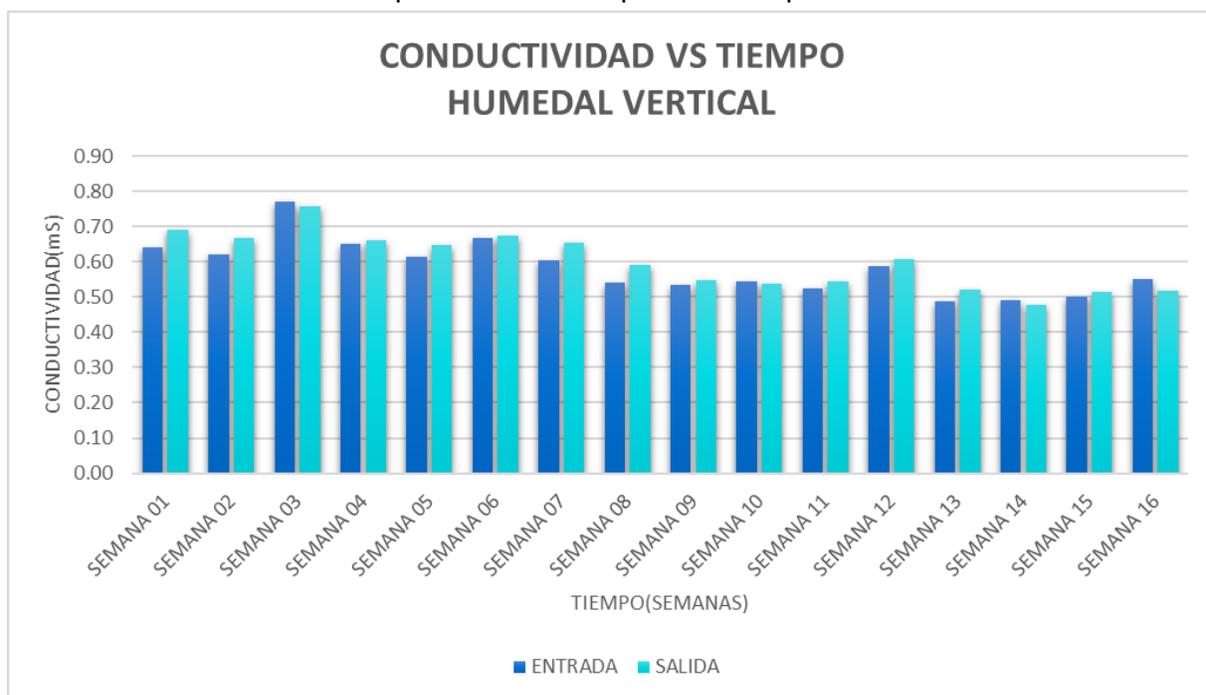
Gráfico 5: Conductividad promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- humedal horizontal, se observa que la conductividad en la entrada varía entre aproximadamente 0.49 mS/cm y 0.67 mS/cm, con una diferencia mínima a máxima entre el punto mínimo y máximo. Por otro lado, en la salida del humedal horizontal, la conductividad oscila entre alrededor de 0.47 mS/cm y 0.79 mS/cm, con una variación similar entre el punto mínimo y máximo.

Gráfico 6: Conductividad promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- humedal vertical, se registra una conductividad de entrada que varía entre aproximadamente 0.49 mS/cm y 0.77 mS/cm, con una diferencia mínima a máxima comparable al humedal horizontal. En cuanto a la conductividad de salida, se observa un rango de alrededor de 0.51 mS/cm a 0.76 mS/cm, nuevamente con una variación mínima a máxima.

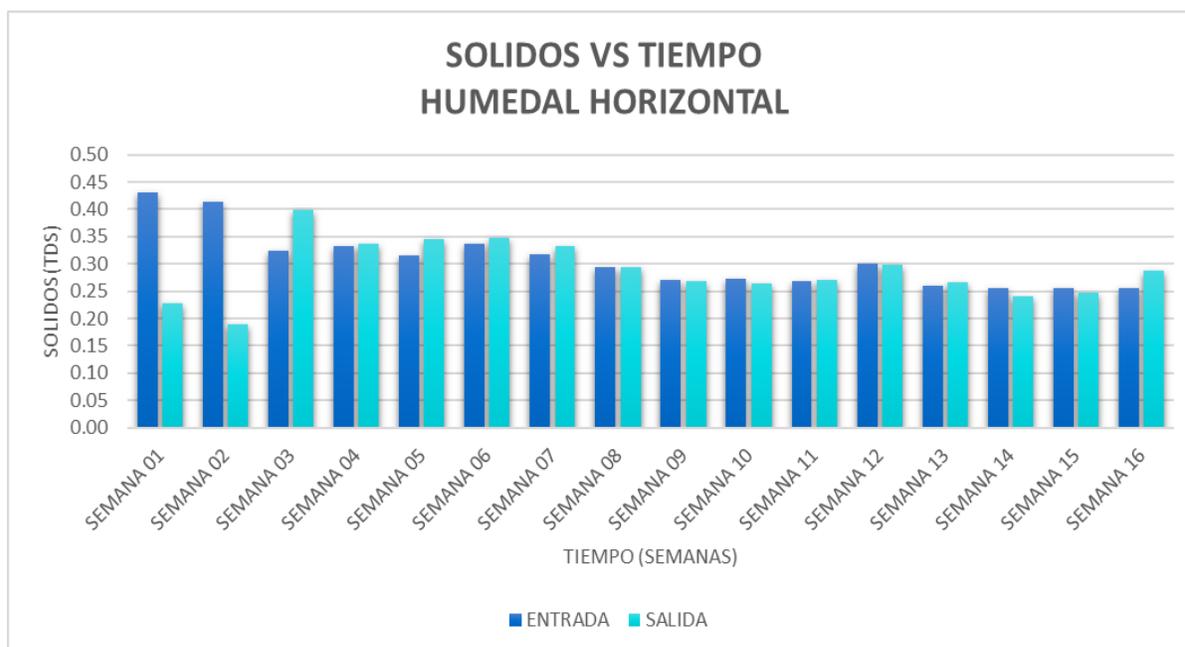
#### 4.6. Resultados de la Evaluación de Sólidos Disueltos

**Tabla 8.** *Sólidos Disueltos en el transcurso del tratamiento*

PROMEDIOS SEMANALES DE SÓLIDOS DISUELTOS				
SEMANAS	HUMEDAL HORIZONTAL		HUMEDAL VERTICAL	
	SÓLIDOS D. (PPT)		SÓLIDOS D. (PPT)	
	E	S	E	S
SEMANA 01	0.43	0.23	0.42	0.20
SEMANA 02	0.41	0.19	0.41	0.21
SEMANA 03	0.32	0.40	0.39	0.38
SEMANA 04	0.33	0.34	0.33	0.33
SEMANA 05	0.32	0.35	0.31	0.32
SEMANA 06	0.34	0.35	0.34	0.34
SEMANA 07	0.32	0.33	0.30	0.33
SEMANA 08	0.30	0.29	0.29	0.30
SEMANA 09	0.27	0.27	0.27	0.28
SEMANA 10	0.27	0.27	0.27	0.27
SEMANA 11	0.27	0.27	0.27	0.27
SEMANA 12	0.30	0.30	0.30	0.31
SEMANA 13	0.26	0.27	0.25	0.27
SEMANA 14	0.26	0.24	0.25	0.25
SEMANA 15	0.26	0.25	0.25	0.26
SEMANA 16	0.26	0.29	0.28	0.26

Fuente: elaboración propia.

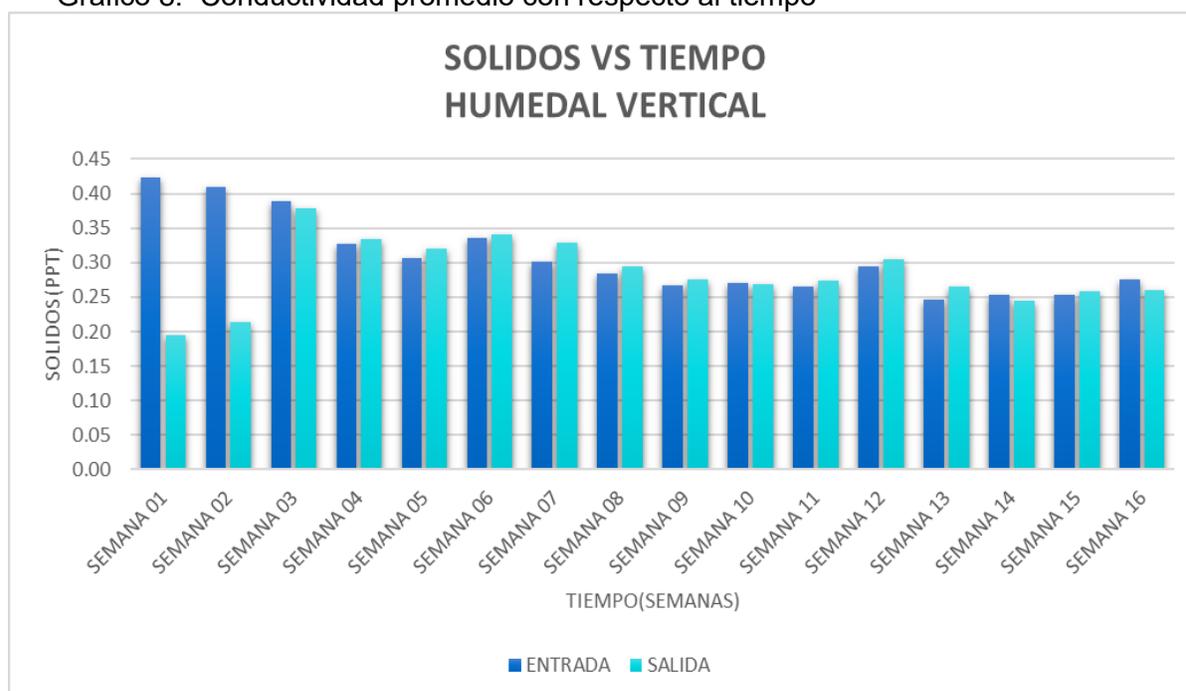
Gráfico 7: Conductividad promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- humedal horizontal, se observa que los sólidos disueltos en la entrada varían entre aproximadamente 0.26 ppt y 0.43 ppt, con una diferencia mínima a máxima entre el punto mínimo y máximo. Por otro lado, en la salida del humedal horizontal, los sólidos disueltos oscilan entre alrededor de 0.19 ppt y 0.40 ppt, con una variación similar entre el punto mínimo y máximo.

Gráfico 8: Conductividad promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- humedal vertical, se registra una concentración de sólidos disueltos en la entrada que varía entre aproximadamente 0.25 ppt y 0.42 ppt, con una diferencia mínima a máxima comparable al humedal horizontal. En cuanto a la concentración de sólidos disueltos en la salida, se observa un rango de alrededor de 0.20 ppt a 0.38 ppt, nuevamente con una variación mínima a máxima

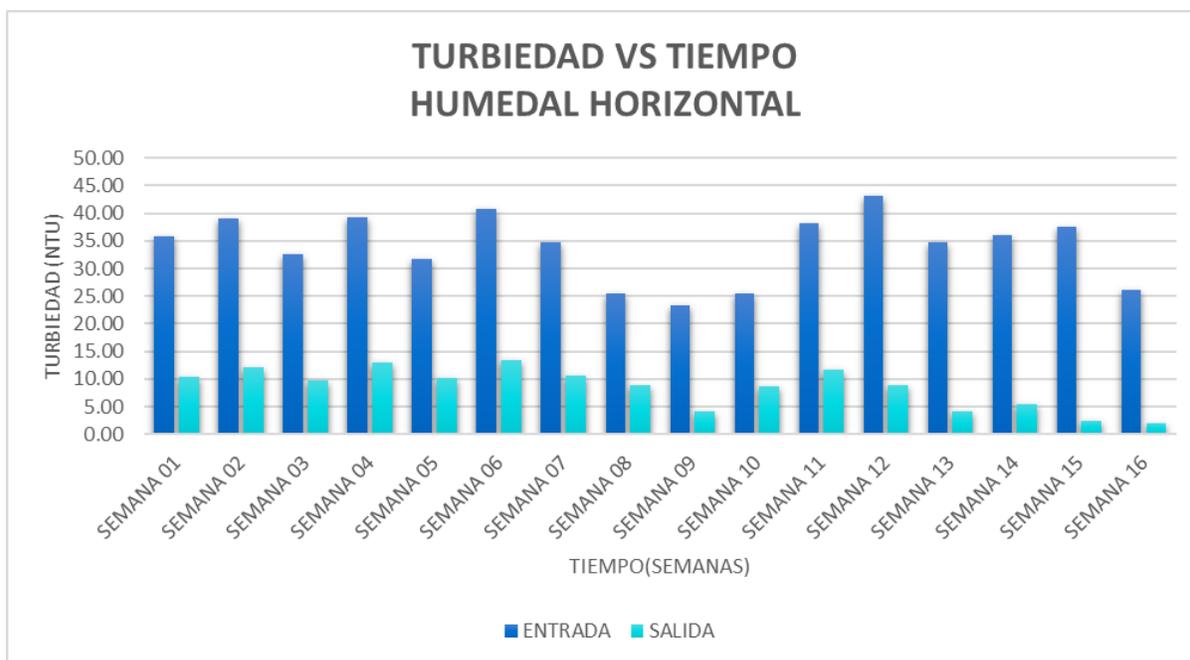
#### 4.7. Resultados de la Evaluación de Turbiedad

**Tabla 9.** *Turbiedad en el transcurso del tratamiento*

PROMEDIOS SEMANALES DE TURBIEDAD				
SEMANAS	HUMEDAL HORIZONTAL		HUMEDAL VERTICAL	
	TURBIEDAD (NTU)		TURBIEDAD (NTU)	
	E	S	E	S
SEMANA 01	35.83	10.41	32.26	4.61
SEMANA 02	39.12	12.03	29.46	6.32
SEMANA 03	32.56	9.68	38.28	6.09
SEMANA 04	39.25	12.94	43.22	5.80
SEMANA 05	31.80	10.23	29.29	6.53
SEMANA 06	40.83	13.44	39.00	6.84
SEMANA 07	34.76	10.66	32.25	3.75
SEMANA 08	25.38	8.94	25.62	5.49
SEMANA 09	23.28	4.08	23.80	3.20
SEMANA 10	25.40	8.64	22.02	4.94
SEMANA 11	38.14	11.67	37.93	5.44
SEMANA 12	43.12	8.82	41.37	6.31
SEMANA 13	34.70	4.24	33.83	3.73
SEMANA 14	36.14	5.40	35.28	4.81
SEMANA 15	37.49	2.46	35.96	1.11
SEMANA 16	26.23	2.04	27.44	0.25

Fuente: Elaboración Propia

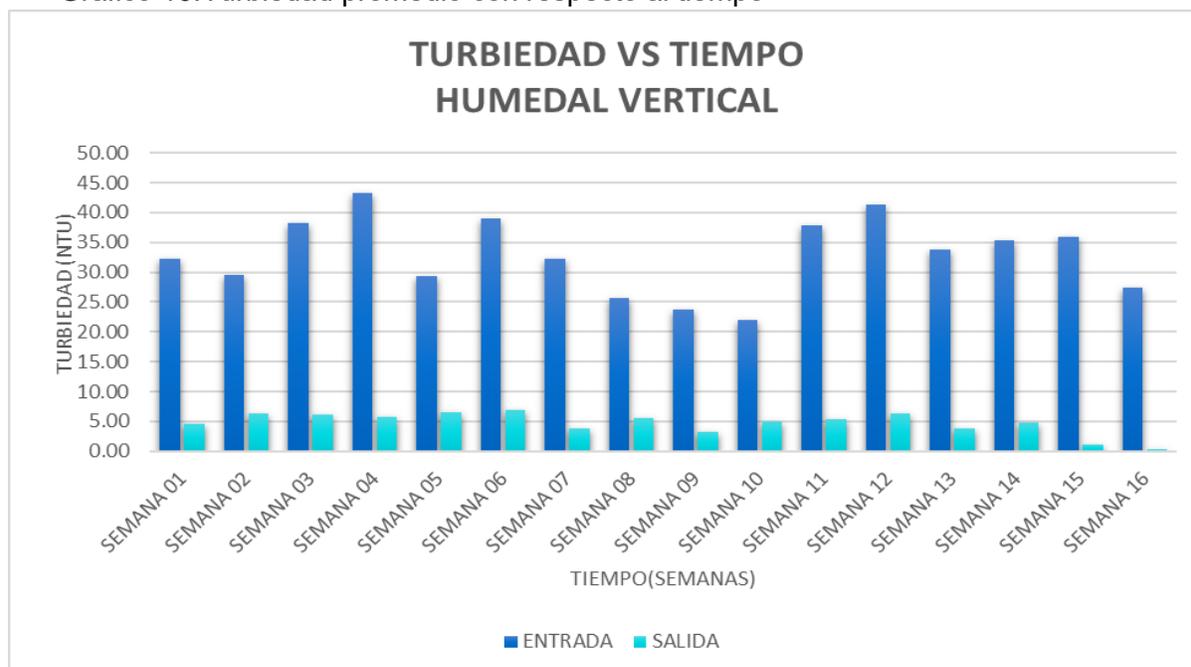
Gráfico 9: Turbiedad promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- **Humedal Horizontal:** La turbidez en la entrada varía entre aproximadamente 23.28 NTU y 43.12 NTU, con una diferencia notable entre el punto mínimo y máximo. En la salida del humedal, la turbidez oscila entre alrededor de 2.04 NTU y 13.44 NTU, mostrando una reducción significativa en comparación con la entrada. Estos datos sugieren que el humedal horizontal es efectivo para reducir la turbidez.

Gráfico 10: Turbiedad promedio con respecto al tiempo



Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130

- **Humedal Vertical:** La turbidez en la entrada varía entre aproximadamente 22.02 NTU y 43.22 NTU, con una diferencia mínima a máxima similar al humedal horizontal. En la salida del humedal, la turbidez oscila entre alrededor de 0.25 NTU y 6.84 NTU, mostrando una reducción significativa en comparación con la entrada

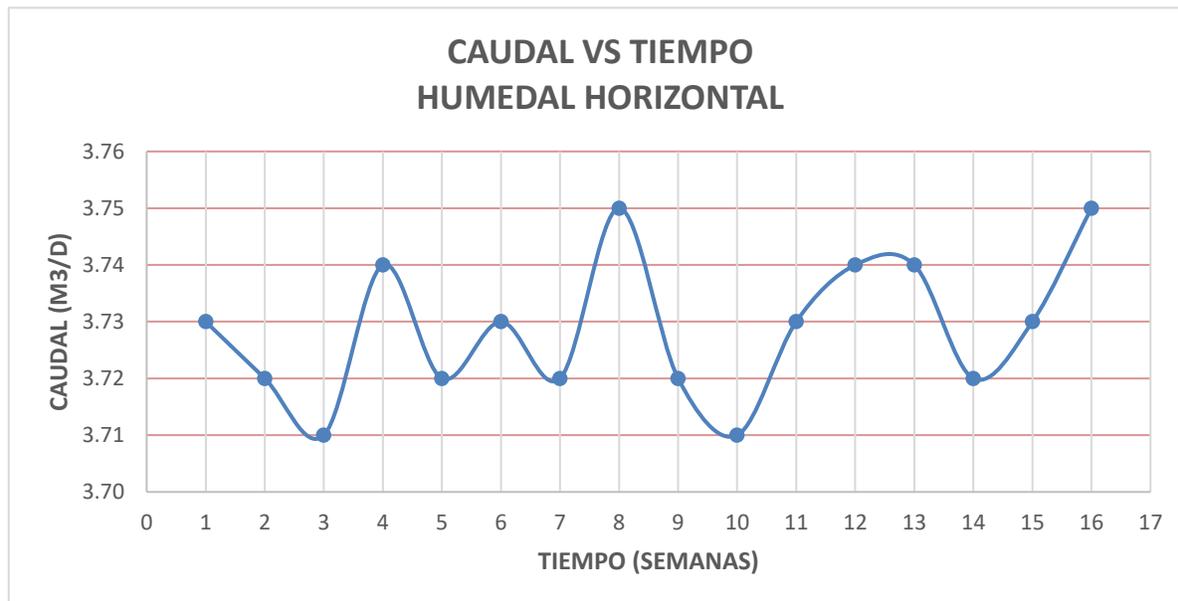
#### 4.8. Resultados de la Evaluación de Caudal

Tabla 10. Caudal en el transcurso del tratamiento

SEMANAS	HUMEDAL FLUJO HORIZONTAL
	PARAMETRO
	CAUDAL (M3/DIA)
	HUMEDAL FLUJO HORIZONTAL
	DATOS
SEMANA 1	3.73
SEMANA 2	3.72
SEMANA 3	3.71
SEMANA 4	3.74
SEMANA 5	3.72
SEMANA 6	3.73
SEMANA 7	3.72
SEMANA 8	3.75
SEMANA 9	3.72
SEMANA 10	3.71
SEMANA 11	3.73
SEMANA 12	3.74
SEMANA 13	3.74
SEMANA 14	3.72
SEMANA 15	3.73
SEMANA 16	3.75

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 11: Caudal promedio con respecto al tiempo



Fuente: Elaboración Propia.

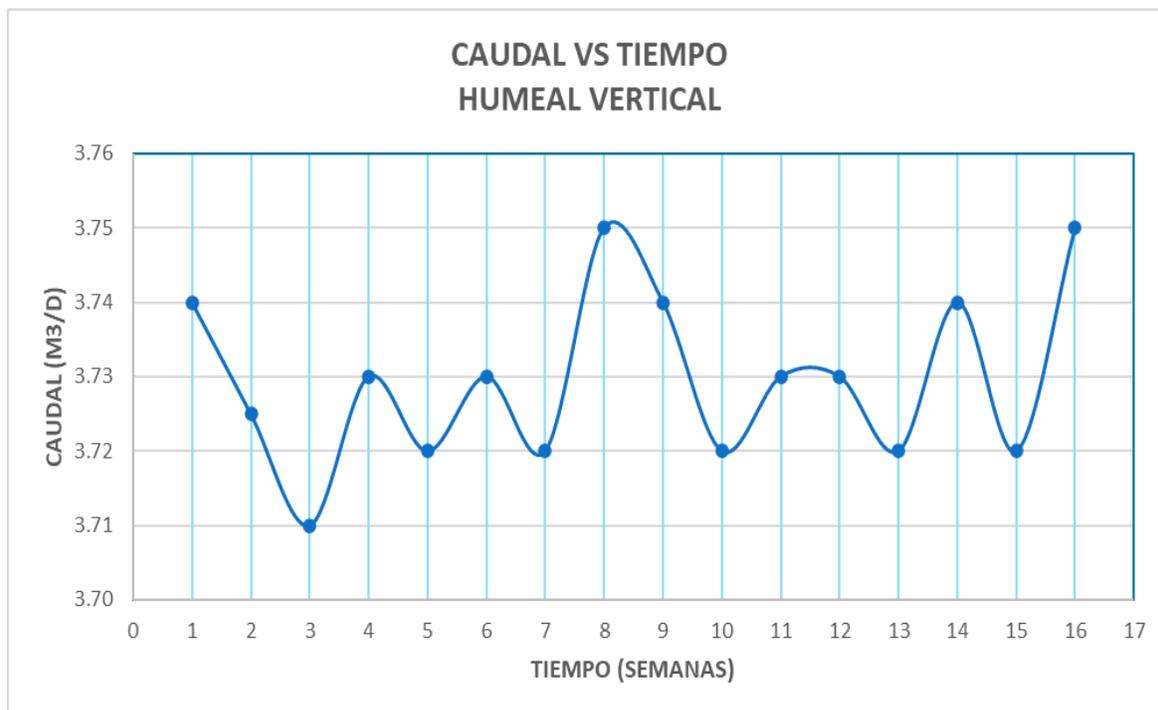
- **Humedal Horizontal:** El caudal en la entrada del humedal horizontal alcanza un máximo de 3.75 m<sup>3</sup>/día, mientras que en la salida se registra un caudal mínimo de 3.71 m<sup>3</sup>/día. Estos datos sugieren una ligera reducción en el caudal a lo largo del proceso de tratamiento en el humedal horizontal.

**Tabla 11. Caudal en el transcurso del tratamiento**

SEMANTAS	HUMEDAL FLUJO VERTICAL
	PARAMETRO
	CAUDAL (M3/D)
	HUMEDAL FLUJO VERTICAL
	DATOS
SEMANTA 1	3.74
SEMANTA 2	3.73
SEMANTA 3	3.71
SEMANTA 4	3.73
SEMANTA 5	3.72
SEMANTA 6	3.73
SEMANTA 7	3.72
SEMANTA 8	3.75
SEMANTA 9	3.74
SEMANTA 10	3.72
SEMANTA 11	3.73
SEMANTA 12	3.73
SEMANTA 13	3.72
SEMANTA 14	3.74
SEMANTA 15	3.72
SEMANTA 16	3.75

Fuente: Propia.

Gráfico 12: Caudal promedio con respecto al tiempo



Fuente: Elaboración Propia.

- **Humedal Vertical:** El caudal en la entrada del humedal vertical alcanza un máximo de 3.75 m<sup>3</sup>/día, mientras que en la salida se registra un caudal mínimo de 3.71 m<sup>3</sup>/día. Estos datos sugieren una ligera reducción en el caudal a lo largo del proceso de tratamiento en el humedal vertical

#### 4.9. Resultados de la Evaluación del Tiempo de Retención Hidráulico en Humedal de flujo Horizontal y Vertical

Tabla 12. TRH en el transcurso de la evaluación

TIEMPO DE RETENCION TEORICO										
HUMEDAL HORIZONTAL										
Dimensiones		Volumen (m <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	Tiempo de retencion teorico (min)	Conductividad inicial (mS)	Factor de Correccion (K)	Conductividad trazador (mS)	Conductividad trazador (mg/l)	Peso de NaCl (gr)	Tiempo de Aplicación (min)
base mayor (m)	2.66	0.69	3.73	$T = V/Q$	0.55	1.65	1.00	640.00	$P = V \times K \times C_o$	$1/30 T_o$
base menor (m)	2.29			268.00					731.90	9.00
Altura Sustratos (m)	0.40									
longitud (m)	0.70									
HUMEDAL VERTICAL										
Dimensiones		Volumen (m <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	Tiempo de retencion teorico (min)	Conductividad inicial (mS)	Factor de Correccion (K)	Conductividad trazador (mS)	Conductividad trazador (mg/l)	Peso de NaCl (gr)	Tiempo de Aplicación (min)
base mayor (m)	2.78	1.74	3.73	$T = V/Q$	0.49	1.65	1.00	640.00	$P = V \times K \times C_o$	$1/30 T_o$
base menor (m)	2.08			672.00					1834.80	22.40
Altura Sustratos (m)	0.50									
longitud (m)	1.43									

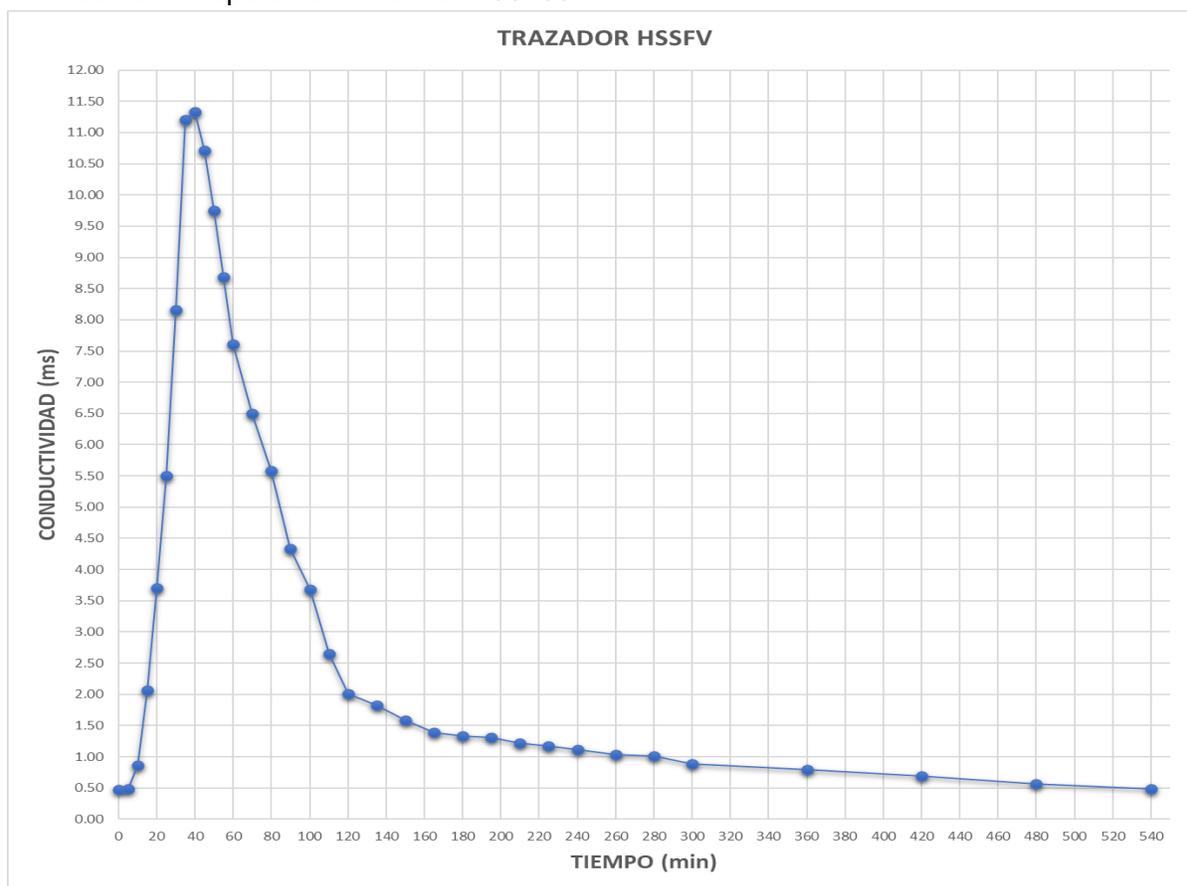
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 13.** TRH en el transcurso de la evaluación en humedal vertical

<b>TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA EN HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO VERTICAL</b>		
	<b>Hora de inicio:</b>	<b>7:10 a. m.</b>
<b>DATOS DE TRAZADORES</b>		
<b>ITEM N°</b>	<b>TIEMPO (min)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (mS)</b>
0	0	0.47
1	5	0.49
2	10	0.86
3	15	2.07
4	20	3.70
5	25	5.50
6	30	8.16
7	35	11.20
8	40	11.33
9	45	10.71
10	50	9.75
11	55	8.68
12	60	7.61
13	70	6.50
14	80	5.58
15	90	4.33
16	100	3.68
17	110	2.65
18	120	2.01
19	135	1.82
20	150	1.59
21	165	1.39
22	180	1.33
23	195	1.31
24	210	1.22
25	225	1.17
26	240	1.11
27	260	1.03
28	280	1.01
29	300	0.89
30	360	0.80
31	420	0.69
32	480	0.57
33	540	0.48

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13: Tiempo de Retención Hidráulico con respecto al tiempo.  
Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130.



<b>tiempo de inicio (T0):</b>	<b>0.00</b>	<b>min</b>
<b>tiempo pico (tp):</b>	<b>40.00</b>	<b>min</b>
<b>tiempo final (tf):</b>	<b>540.00</b>	<b>min</b>
<b>TRH:</b>	<b>9.00</b>	<b>horas</b>

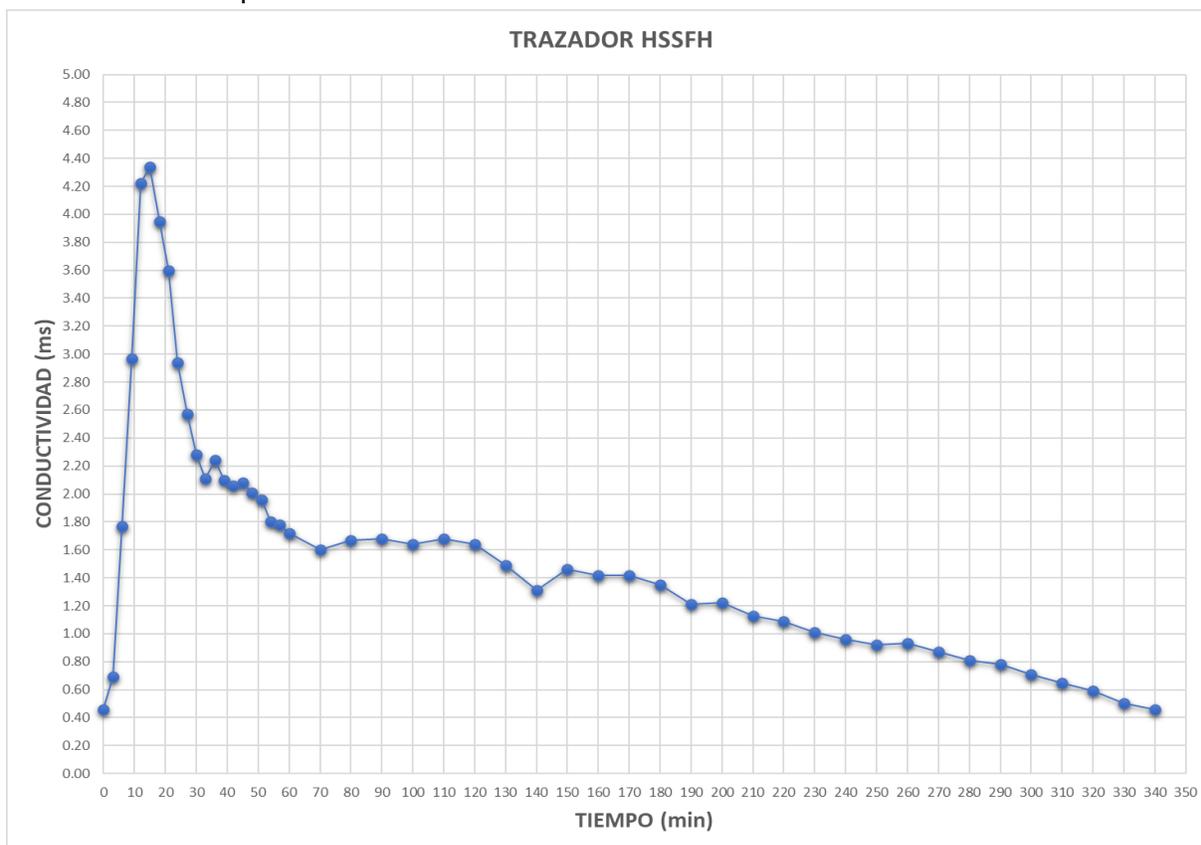
- **Humedal Vertical:** El tiempo de retención hidráulica (TRH) en la salida del humedal vertical muestra variaciones significativas durante el proceso de tratamiento. El TRH inicial es de 0.47 ms, indicando el tiempo necesario para que el agua atravesase el humedal desde el punto de entrada hasta el punto inicial de muestreo en la salida. El TRH pico, registrado en 11.33 ms, sugiere un punto donde el agua alcanza su máxima retención dentro del humedal, posiblemente debido a la configuración del sistema o a la distribución de flujo. Finalmente, el TRH en el punto final de muestreo en la salida es de 0.48 ms, lo que indica que el agua pasa rápidamente a través del humedal después del punto pico.

**Tabla 14.** TRH en el transcurso de la evaluación en humedal horizontal

<b>TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA EN HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL</b>		
	<b>Hora de inicio:</b>	<b>10:53 a. m.</b>
<b>DATOS DE TRAZADORES</b>		
<b>ITEM N°</b>	<b>TIEMPO (min)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (mS)</b>
0	0	0.46
1	3	0.69
2	6	1.77
3	9	2.97
4	12	4.22
5	15	4.34
6	18	3.95
7	21	3.60
8	24	2.94
9	27	2.57
10	30	2.28
11	33	2.11
12	36	2.24
13	39	2.10
14	42	2.06
15	45	2.08
16	48	2.01
17	51	1.96
18	54	1.80
19	57	1.78
20	60	1.72
21	70	1.60
22	80	1.67
23	90	1.68
24	100	1.64
25	110	1.68
26	120	1.64
27	130	1.49
28	140	1.31
29	150	1.46
30	160	1.42
31	170	1.42
32	180	1.35
33	190	1.21
34	200	1.22
35	210	1.13
36	220	1.09
37	230	1.01
38	240	0.96
39	250	0.92
40	260	0.93
41	270	0.87
42	280	0.81
43	290	0.78
44	300	0.71
45	310	0.65
46	320	0.59
47	330	0.50
48	340	0.46

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 14: Tiempo de Retención Hidráulica con respecto al tiempo.  
Fuente: Multiparámetro Hanna HI98130.



tiempo de inicio (T0):	0.00	min
tiempo pico (tp):	15.00	min
tiempo final (tf):	340.00	min
TRH:	5.67	horas

- **Humedal Horizontal:** El tiempo de retención hidráulica (TRH) en la salida del humedal horizontal muestra variaciones durante el proceso de tratamiento. El TRH inicial es de 0.46 ms, indicando el tiempo necesario para que el agua atraviese el humedal desde el punto de entrada hasta el punto inicial de muestreo en la salida. El TRH pico, registrado en 4.34 ms, sugiere un punto donde el agua alcanza su máxima retención dentro del humedal horizontal, posiblemente debido a la configuración del sistema o a la distribución de flujo. Finalmente, el TRH en el punto final de muestreo en la salida es de 0.46 ms, lo que indica que el agua pasa rápidamente a través del humedal después del punto pico.

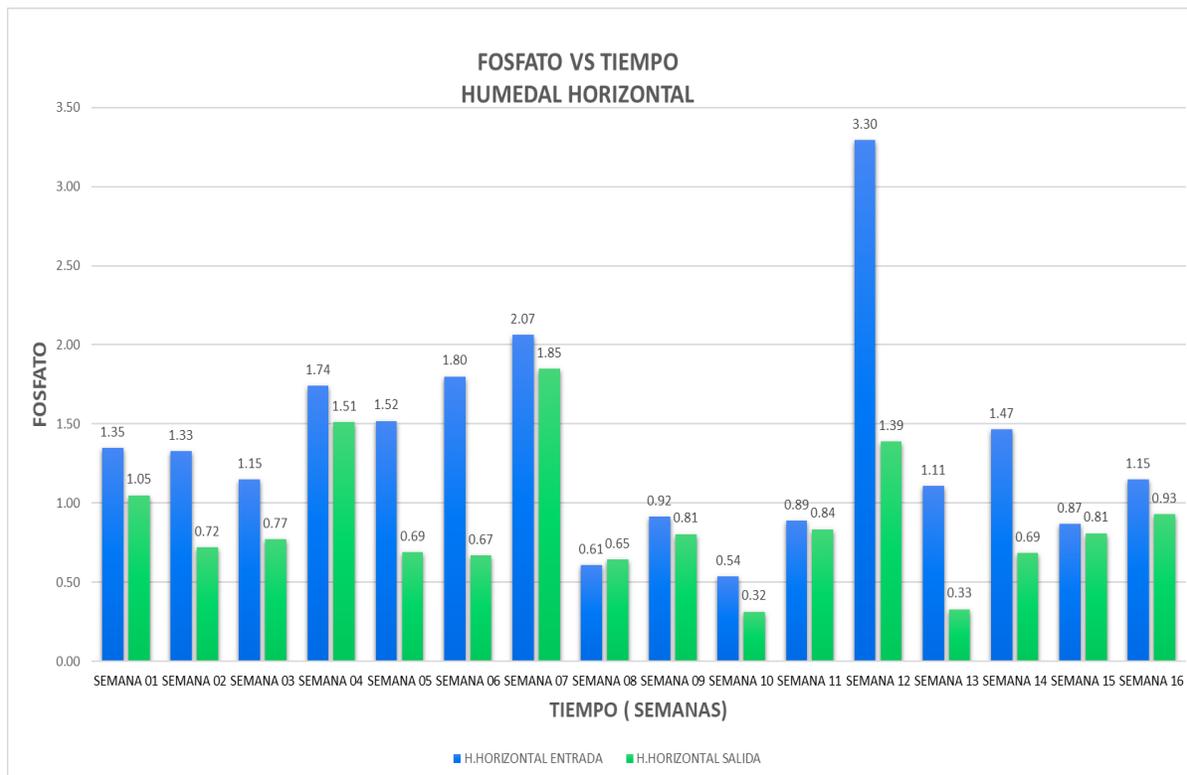
#### 4.10. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE FOSFATO ( $\text{PO}_4^{3-}$ P) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL

Tabla 15. Fosfato en 16 semanas de evaluación en humedal horizontal

DATOS DE FOSFATO SEMANALES DE HUMEDAL HORIZONTAL ( $\text{PO}_4^{3-}$ P) (mg/l)				
SEMANAS	HH		%REMOCION	PROM. %REMOCION
	E	S	HH	HH
SEMANA	1.35	1.05	22.22	31.44
SEMANA	1.33	0.72	45.86	
SEMANA	1.15	0.77	33.04	
SEMANA	1.74	1.51	13.22	
SEMANA	1.52	0.69	54.61	
SEMANA	1.80	0.67	62.78	
SEMANA	2.07	1.85	10.41	
SEMANA	0.61	0.65	-5.74	
SEMANA	0.92	0.81	12.02	
SEMANA	0.54	0.32	41.12	
SEMANA	0.89	0.84	6.18	
SEMANA	3.30	1.39	57.81	
SEMANA	1.11	0.33	70.27	
SEMANA	1.47	0.69	53.24	
SEMANA	0.87	0.81	6.90	
SEMANA	1.15	0.93	19.13	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Gráfico 15:: Remoción de fosfato con respecto al tiempo.



Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

- Los resultados del fosfato en el humedal horizontal muestran una variabilidad en la concentración del contaminante, con valores en la entrada que oscilan entre 0.54 mg/l y 3.30 mg/l, y en la salida entre 0.32 mg/l y 1.85 mg/l. Se observa una eficiencia de remoción variable, con porcentajes que van desde el 6.18% hasta el 70.27%, y un promedio de remoción del 31.44%. Sin embargo, no hubo remoción de fosfato en la semana 8. Estos datos resaltan la efectividad del humedal horizontal en la remoción de fosfato del agua residual, pero también señalan la necesidad de abordar la variabilidad en la eficiencia de remoción y de investigar las razones detrás de la falta de remoción en ciertos períodos, lo que puede ayudar a optimizar el proceso de tratamiento.

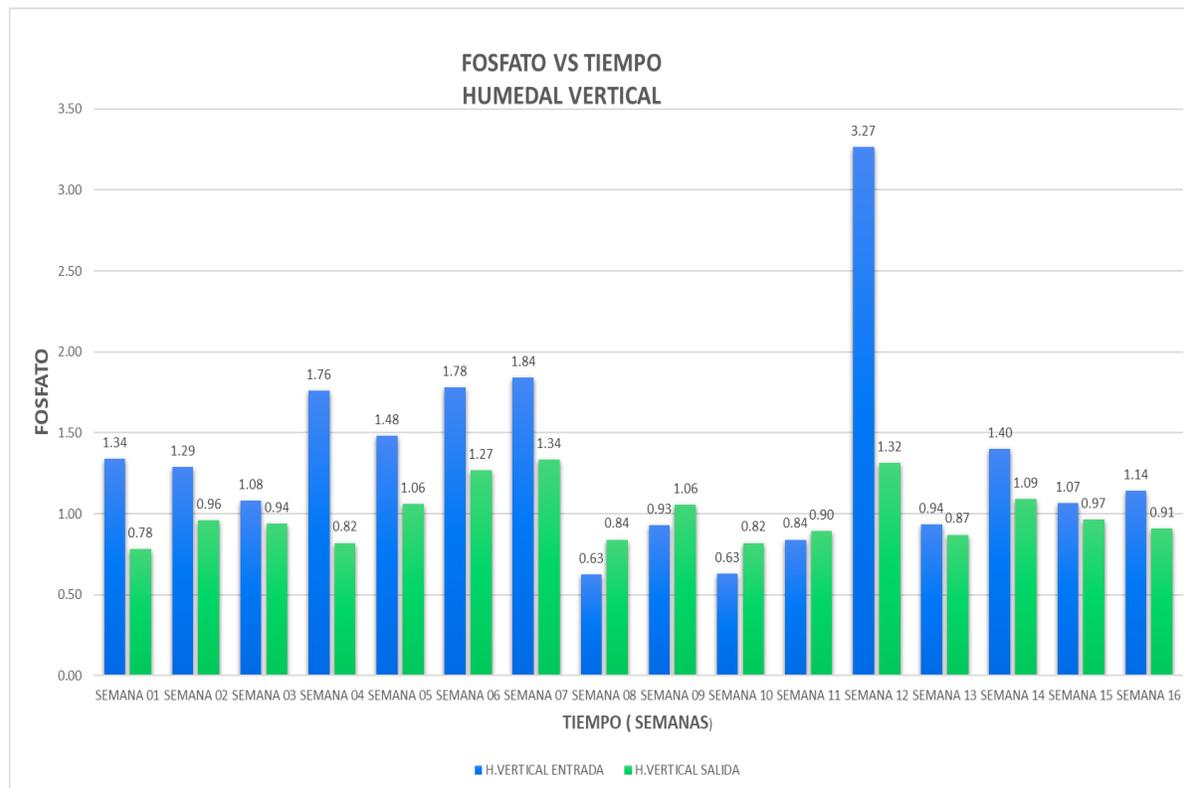
#### 4.11. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE FOSFATO ( $\text{PO}_4^{3-}$ P) EN HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL

Tabla 16. Fosfato en 16 semanas de evaluación en humedal vertical

DATOS DE FOSFATO SEMANALES DE HUMEDAL VERTICAL ( $\text{PO}_4^{3-}$ P) (mg/l)				
SEMANAS	HV		%REMOCION	PROM. %REMOCION
	E	S	HV	HV
SEMANA 01	1.34	0.78	41.79	15.75
SEMANA 02	1.29	0.96	25.58	
SEMANA 03	1.08	0.94	12.96	
SEMANA 04	1.76	0.82	53.41	
SEMANA 05	1.48	1.06	28.38	
SEMANA 06	1.78	1.27	28.65	
SEMANA 07	1.84	1.34	27.45	
SEMANA 08	0.63	0.84	-34.40	
SEMANA 09	0.93	1.06	-13.44	
SEMANA 10	0.63	0.82	-30.16	
SEMANA 11	0.84	0.90	-6.55	
SEMANA 12	3.27	1.32	59.72	
SEMANA 13	0.94	0.87	6.95	
SEMANA 14	1.40	1.09	22.14	
SEMANA 15	1.07	0.97	9.39	
SEMANA 16	1.14	0.91	20.18	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Gráfico 16: Remoción de fosfato con respecto al tiempo.



Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

- Los resultados del fosfato en el humedal vertical revelan una variabilidad en la concentración del contaminante, con valores en la entrada que oscilan entre 0.63 mg/l y 3.37 mg/l, y en la salida entre 0.78 mg/l y 1.34 mg/l. Se observa una eficiencia de remoción variable, con porcentajes que van desde el 6.95% hasta el 59.72%, y un promedio de remoción del 15.75%. Sin embargo, no se registró remoción de fosfato durante las semanas 8, 9, 10 y 11. Estos datos resaltan la capacidad del humedal vertical para eliminar fosfato del agua residual, aunque se evidencia una variabilidad en la eficiencia de remoción entre diferentes puntos de muestreo y la ausencia de remoción en ciertos períodos. Es importante considerar estos hallazgos para evaluar y mejorar el rendimiento del humedal vertical en el tratamiento de fosfato.

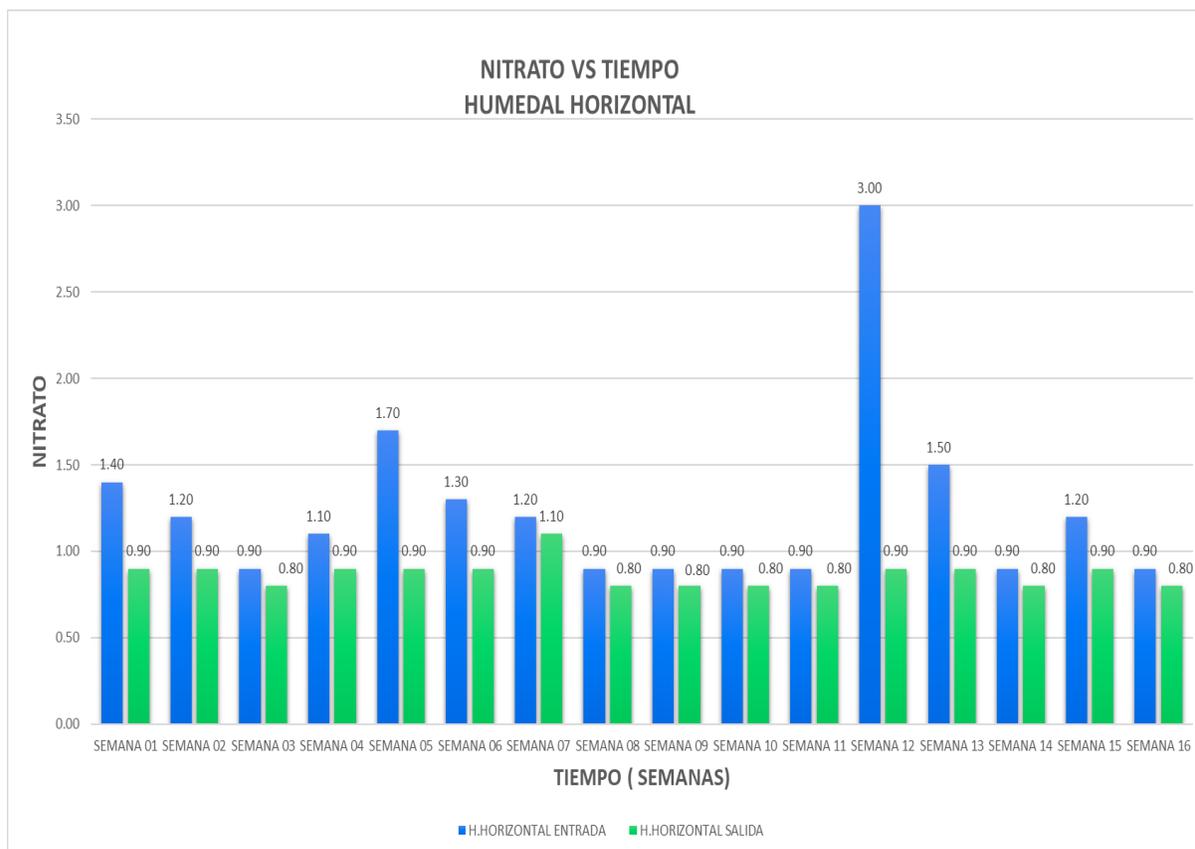
#### 4.12. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE NITRATO (NO<sub>3</sub>-) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL

Tabla 17. Nitrato en 16 semanas de evaluación en humedal horizontal

DATOS DE NITRATO SEMANALES DE HUMEDAL HORIZONTAL (NO <sub>3</sub> -) (mg/l)				
SEMNAS	HH		%REMOCION	PROM. %REMOCION
	E	S	HH	HH
SEMANA	1.40	0.90	35.71	23.61
SEMANA	1.20	0.90	25.00	
SEMANA	0.90	0.80	11.11	
SEMANA	1.10	0.90	18.18	
SEMANA	1.70	0.90	47.06	
SEMANA	1.30	0.90	30.77	
SEMANA	1.20	1.10	8.33	
SEMANA	0.90	0.80	11.11	
SEMANA	0.90	0.80	11.11	
SEMANA	0.90	0.80	11.11	
SEMANA	0.90	0.80	11.11	
SEMANA	3.00	0.90	70.00	
SEMANA	1.50	0.90	40.00	
SEMANA	0.90	0.80	11.11	
SEMANA	1.20	0.90	25.00	
SEMANA	0.90	0.80	11.11	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Gráfico 17: Remoción de Nitrato con respecto al tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

- Los resultados del nitrato en el humedal horizontal indican una variabilidad en las concentraciones del contaminante, con valores en la entrada que oscilan entre 0.90 mg/l y 3 mg/l, y en la salida entre 0.80 mg/l y 1.10 mg/l. Se observa una eficiencia de remoción variable, con porcentajes que van desde el 8.33% hasta el 47.06%, y un promedio de remoción del 23.61%. Estos hallazgos sugieren que el humedal horizontal tiene la capacidad de reducir las concentraciones de nitrato en el agua residual, aunque se evidencia una variabilidad en la eficiencia de remoción entre diferentes puntos de muestreo. Esta variabilidad puede atribuirse a diversos factores, como la carga de contaminantes y las condiciones ambientales. Estos datos son fundamentales para evaluar y mejorar el rendimiento del humedal horizontal en la remoción de nitrato.

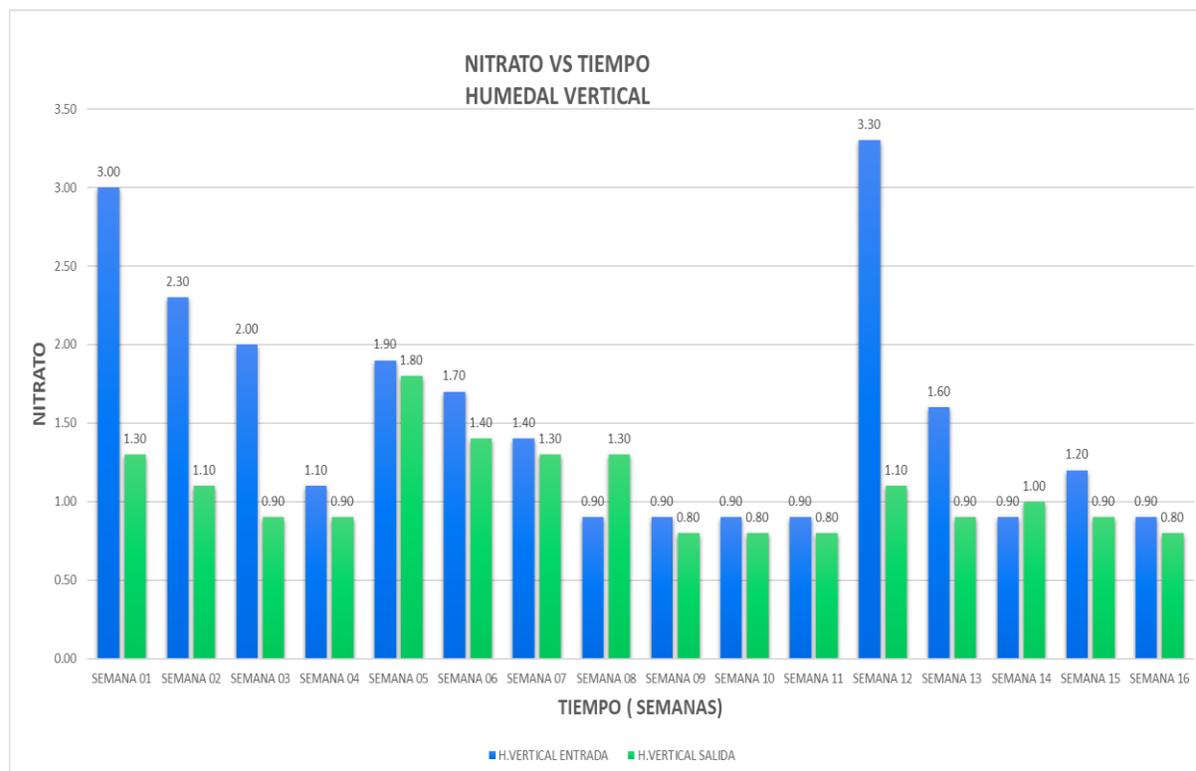
#### 4.13. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE NITRATO (NO<sub>3</sub>-) EN HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL

Tabla 18. Nitrato en 16 semanas de evaluación en humedal vertical

DATOS DE NITRATO SEMANALES DE HUMEDAL VERTICAL (NO <sub>3</sub> -) (mg/l)				
SEMANAS	HV		%REMOCION	PROM. %REMOCION
	E	S	HV	HV
SEMANA 01	3.00	1.30	56.67	21.02
SEMANA 02	2.30	1.10	52.17	
SEMANA 03	2.00	0.90	55.00	
SEMANA 04	1.10	0.90	18.18	
SEMANA 05	1.90	1.80	5.26	
SEMANA 06	1.70	1.40	17.65	
SEMANA 07	1.40	1.30	7.14	
SEMANA 08	0.90	1.30	-44.44	
SEMANA 09	0.90	0.80	11.11	
SEMANA 10	0.90	0.80	11.11	
SEMANA 11	0.90	0.80	11.11	
SEMANA 12	3.30	1.10	66.67	
SEMANA 13	1.60	0.90	43.75	
SEMANA 14	0.90	1.00	-11.11	
SEMANA 15	1.20	0.90	25.00	
SEMANA 16	0.90	0.80	11.11	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Gráfico 18: Remoción de Nitrato con respecto al tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

- Los resultados del nitrato en el humedal vertical muestran una variabilidad en las concentraciones del contaminante, con valores en la entrada que oscilan entre 0.90 mg/l y 3.30 mg/l, y en la salida entre 0.80 mg/l y 1.80 mg/l. Se observa una eficiencia de remoción variable, con porcentajes que van desde el 5.26% hasta el 66.67%, y un promedio de remoción del 21.02%. No obstante, se registra una falta de remoción de nitrato durante las semanas 8 y 14. Estos hallazgos sugieren que el humedal vertical tiene cierta capacidad para reducir las concentraciones de nitrato en el agua residual, aunque se evidencia una variabilidad en la eficiencia de remoción entre diferentes puntos de muestreo y la presencia de periodos donde la remoción no ocurre. Es crucial considerar estos resultados para evaluar y mejorar el rendimiento del humedal vertical en la remoción de nitrato.

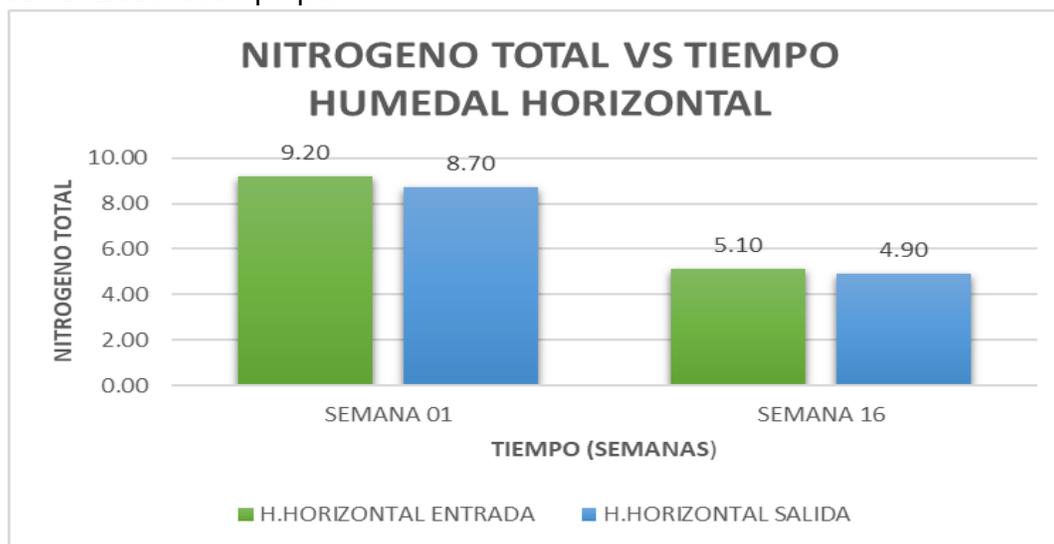
#### 4.14. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE NITROGENO TOTAL (N) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL

Tabla 19. *Nitrógeno Total en la primera y última semana de evaluación en humedal horizontal.*

DATOS DE NITROGENO TOTAL (N) (mg/l) SEMANALES DE HUMEDAL HORIZONTAL				
SEMANAS	HH		%EFICIENCIA	PROM. %EFICIENCIA
	E	S	HH	HH
SEMANA 01	9.20	8.70	5.43	4.68
SEMANA 16	5.10	4.90	3.92	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Gráfico 19: Remoción de Nitrógeno total con respecto al tiempo.  
Fuente: Elaboración propia.



- Los resultados del nitrógeno total en el humedal horizontal indican una variabilidad en las concentraciones del contaminante, con valores en la entrada que oscilan entre 5.10 mg/l y 9.20 mg/l, y en la salida entre 4.90 mg/l y 8.70 mg/l. Se observa una eficiencia de remoción variable, con porcentajes que van desde el 3.92% hasta el 5.43%, y un promedio de remoción del 4.68%. Estos hallazgos sugieren que el humedal horizontal tiene una capacidad limitada para reducir las concentraciones de nitrógeno total en el agua residual. La variabilidad en la eficiencia de remoción entre diferentes puntos de muestreo indica posibles desafíos en el proceso de tratamiento que deben abordarse para mejorar el rendimiento del humedal horizontal en la remoción de nitrógeno total.

#### 4.15. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO DE NITROGENO TOTAL (N) EN HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL

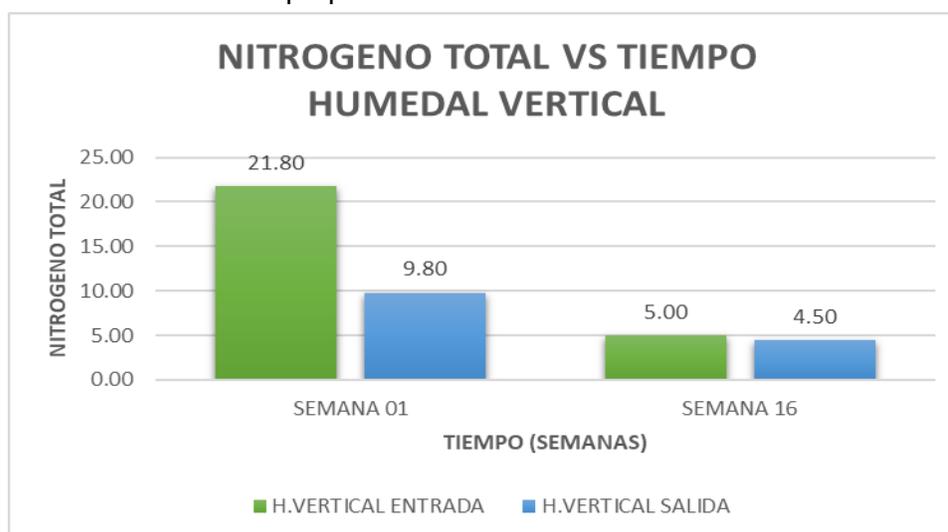
Tabla 20. *Nitrógeno Total en la primera y última semana de evaluación en humedal vertical*

DATOS DE NITROGENO TOTAL (N) (mg/l) SEMANALES DE HUMEDAL VERTICAL				
SEMANAS	HV		%EFICIENCIA	PROM. %EFICIENCIA
	E	S	HV	HV
SEMANA 01	21.80	9.80	55.05	32.52
SEMANA 16	5.00	4.50	10.00	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Gráfico 20: Remoción de Nitrógeno total con respecto al tiempo.

Fuente: Elaboración propia.



- Los resultados del nitrógeno total en el humedal vertical muestran una variabilidad significativa en las concentraciones del contaminante, con valores en la entrada que oscilan entre 5 mg/l y 21.80 mg/l, y en la salida entre 4.50 mg/l y 9.80 mg/l. Se observa una eficiencia de remoción variable, con porcentajes que van desde el 10% hasta el 55.05%, y un promedio de remoción del 32.52%. Estos hallazgos destacan la capacidad sustancial del humedal vertical para reducir las concentraciones de nitrógeno total en el agua residual. Sin embargo, la variabilidad en la eficiencia de remoción entre diferentes puntos de muestreo sugiere posibles fluctuaciones en el proceso de tratamiento, que

deben abordarse para mejorar continuamente el rendimiento del humedal vertical en la remoción de nitrógeno total.

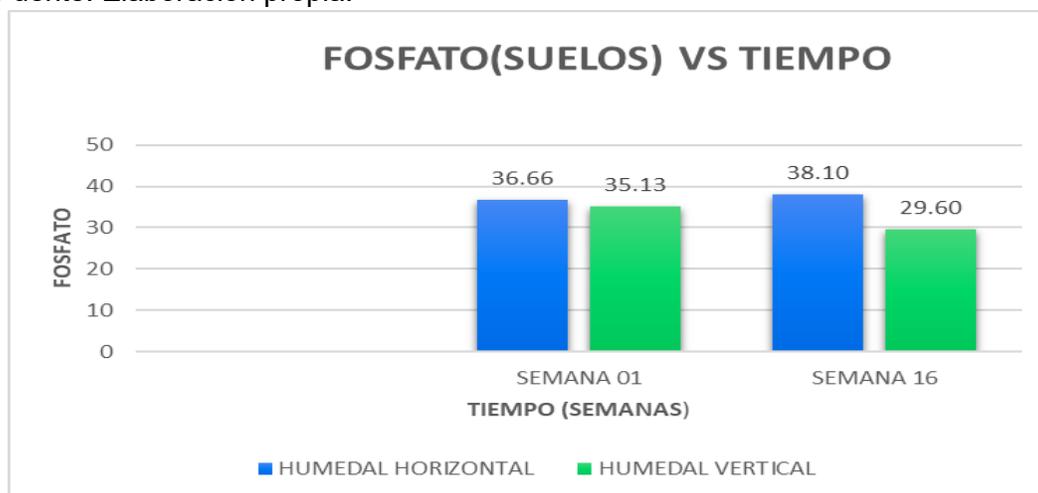
#### 4.16. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO EN SUELOS DE FOSFATO (mg/kg $\text{PO}_4^{3-}$ P) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL

Tabla 21. Fosfato en suelo en la primera y última semana de evaluación.

DATOS EN SUELOS DE FOSFATO (mg/kg $\text{PO}_4^{3-}$ P) SEMANALES DE HUMEDAL HORIZONTAL Y VERTICAL				
SEMANAS	HH	HV	RETENCION EN SUSTRATO	
			HH	HV
SEMANA 01	36.66	35.13	1.44	-5.53
SEMANA 16	38.10	29.60		

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Gráfico 21: Retención de fosfato en sustrato con respecto al tiempo.  
Fuente: Elaboración propia.



- Durante el estudio, se encontró que en la primera semana, el humedal horizontal exhibía una concentración ligeramente más alta de fosfato en el sustrato con 36.66 mg/kg, en comparación con los 35.13 mg/kg del humedal vertical. Sin embargo, al finalizar el período, el humedal horizontal mostró un aumento en la concentración de fosfato en el sustrato, alcanzando los 38.10 mg/kg, mientras que el humedal vertical experimentó una disminución significativa a 29.60 mg/kg. Además, se observó que la retención de fosfato en el sustrato fue mayor en el humedal horizontal, con 1.44 mg/kg, mientras que en el humedal vertical se registró una disminución de -5.53 mg/kg. Estos

resultados sugieren una mayor capacidad de retención de fosfato en el humedal horizontal durante el período de estudio, aunque el humedal vertical mostró una disminución notable en la concentración de fosfato en el sustrato, lo que puede indicar procesos de adsorción o actividad biológica más eficientes en ese entorno. Estos hallazgos son cruciales para comprender el comportamiento del fosfato en los humedales y pueden informar sobre estrategias de gestión para mejorar la retención de nutrientes en estos sistemas.

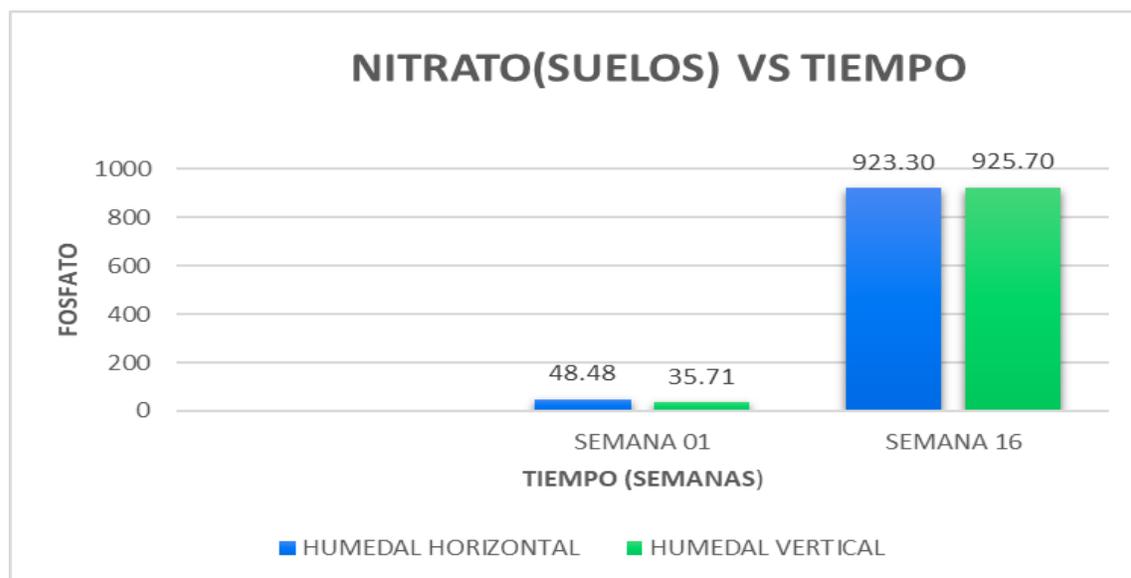
#### 4.17. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO EN SUELOS DE NITRATO (mg/l NO<sub>3</sub>-) EN HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL

Tabla 22. Nitrato en suelo en la primera y última semana de evaluación.

DATOS EN SUELOS DE NITRATO (mg/l NO <sub>3</sub> -) SEMANALES DE HUMEDAL HORIZONTAL Y VERTICAL				
SEMANAS	HH	HV	RETENCION EN SUSTRATO	
			HH	HV
SEMANA 01	48.48	35.71	874.82	889.99
SEMANA 16	923.30	925.70		

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Gráfico 22: Retención de Nitrato en sustrato con respecto al tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

- Durante el estudio, se observó que en la primera semana, el humedal horizontal presentaba una concentración ligeramente más alta de nitrato en el sustrato, con 48.48 mg/kg, en comparación con los 35.71 mg/kg del humedal vertical. Sin embargo, hacia la última semana, ambos humedales experimentaron un aumento significativo en la concentración de nitrato en el sustrato, alcanzando valores de 923.30 mg/kg y 925.70 mg/kg para el humedal horizontal y vertical, respectivamente. A pesar de este aumento, la retención de nitrato en el sustrato fue mayor en el humedal horizontal durante el período de estudio, con una retención de 874.22 mg/kg, en comparación con 889.99 mg/kg en el humedal vertical. Estos resultados subrayan la dinámica compleja del nitrato en los suelos de los humedales y resaltan la importancia de considerar factores como la gestión de nutrientes para mitigar su acumulación en estos ecosistemas.

#### 4.18. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO

##### 4.18.1. CONCENTRACION DE FOSFATO ( $PO_4^{3-} P$ )

Tabla 23. Resultados de Remoción de concentración de Fosfato humedal horizontal.

DATOS DE FOSFATO ( $PO_4^{3-} P$ ) SEMANALES EN HUMEDAL HORIZONTAL						
SEMANAS	HH		%REMOCION	PROM. %REMOCION	$\mu$	DESVIACION DE LA MUESTRA(S)
	E	S	HH	HH		
SEMANA 01	1.35	1.05	22.22	31.44	0.22	0.2382
SEMANA 02	1.33	0.72	45.86		0.46	
SEMANA 03	1.15	0.77	33.04		0.33	
SEMANA 04	1.74	1.51	13.22		0.13	
SEMANA 05	1.52	0.69	54.61		0.55	
SEMANA 06	1.8	0.67	62.78		0.63	
SEMANA 07	2.065	1.85	10.41		0.10	
SEMANA 08	0.61	0.645	-5.74		-0.06	
SEMANA 09	0.915	0.805	12.02		0.12	
SEMANA 10	0.535	0.315	41.12		0.41	
SEMANA 11	0.89	0.835	6.18		0.06	
SEMANA 12	3.295	1.39	57.81		0.58	
SEMANA 13	1.11	0.33	70.27		0.70	
SEMANA 14	1.465	0.685	53.24		0.53	
SEMANA 15	0.87	0.81	6.90		0.07	
SEMANA 16	1.15	0.93	19.13		0.19	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASA

**Tabla 24.** Resultados de Remoción de concentración de Fosfato humedal vertical.

DATOS DE FOSFATO ( $PO_4^{3-} P$ ) SEMANALES EN HUMEDAL VERTICAL						
SEMANAS	HV		%REMOCION	PROM. %REMOCION	$\mu$	DESVIACION DE LA MUESTRA(S)
	E	S	HV	HV		
SEMANA 01	1.34	0.78	41.79	15.75	0.42	0.268
SEMANA 02	1.29	0.96	25.58		0.26	
SEMANA 03	1.08	0.94	12.96		0.13	
SEMANA 04	1.76	0.82	53.41		0.53	
SEMANA 05	1.48	1.06	28.38		0.28	
SEMANA 06	1.78	1.27	28.65		0.29	
SEMANA 07	1.84	1.335	27.45		0.27	
SEMANA 08	0.625	0.84	-34.40		-0.34	
SEMANA 09	0.93	1.055	-13.44		-0.13	
SEMANA 10	0.63	0.82	-30.16		-0.30	
SEMANA 11	0.84	0.895	-6.55		-0.07	
SEMANA 12	3.265	1.315	59.72		0.60	
SEMANA 13	0.935	0.87	6.95		0.07	
SEMANA 14	1.4	1.09	22.14		0.22	
SEMANA 15	1.065	0.965	9.39		0.09	
SEMANA 16	1.14	0.91	20.18		0.20	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

**A. Paso N°01:** Identificación de la hipótesis

**He1=** es efectiva la Zantedeschia Aethipica en un 45% de remoción de Fosfato aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

$$He1=\mu1=45\%=0.45$$

**Ho1=** No es efectiva la Zantedeschia Aethipica en un 45% de remoción de Fosfato aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

$$Ho1=\mu0 \neq 45\% \neq 0.45.$$

**B. Paso N°02:** Ordenar los datos para el proceso de estudio.

**Tabla 25.** Humedal Horizontal en remoción de Fosfato

NUMERO DE DATOS (n)=	16
$\mu_1$ (%)=	0.45
NIVEL DE EFICIENCIA ( $\alpha$ )=	0.05
MEDIA (X)=	0.314
RAIZ CUAD. (n)=	0.0671
gl=n-1	15

**Tabla 26.** Humedal Vertical en remoción de Fosfato.

NUMERO DE DATOS (n)=	16
$\mu_1$ (%)=	0.45
NIVEL DE EFICIENCIA ( $\alpha$ )=	0.05
MEDIA (X)=	0.158
RAIZ CUAD. (n)=	0.0671
gl=n-1	15

**C. PASO N°03:** Calculo de la desviación de la muestra.*Humedal Horizontal.*

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-X)^2}{n-1}}$$

*Humedal Vertical.*

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-X)^2}{n-1}}$$

**D. PASO N°04:** Calculo de la Desviación Poblacional (t-student)*Humedal Horizontal*

$$\tau = \frac{X - \mu_1}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

*Humedal Vertical.*

$$\tau = \frac{X - \mu_1}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

**E. PASO N°05:** hallar el valor crítico de aceptación en la tabla de distribución de T-student; según  $\alpha$  y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de

distribución normal.

$\alpha = 5\% = 0.05$  y  $gl = n-1$  ( $n=16$ , las semanas de muestreo en laboratorio) = 15

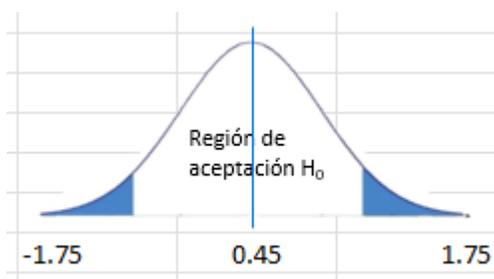


Figura 3: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He1 en humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia.

**F. PASO N°06:** Ubicación del valor de T-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la zona de aprobación y desaprobación de la hipótesis, al analizar el resultado.

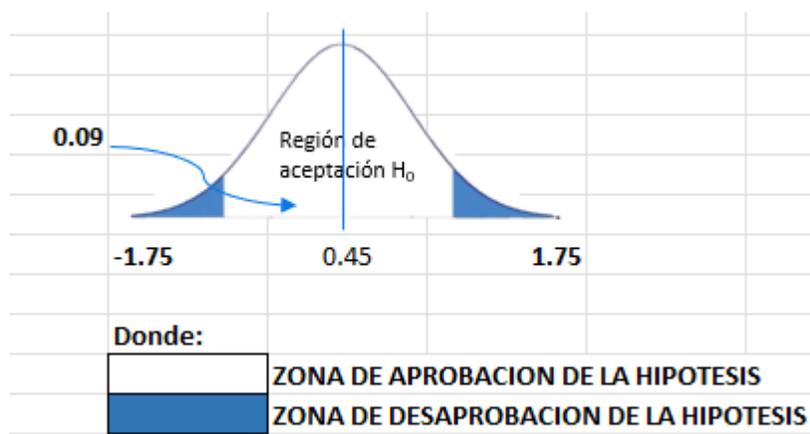


Figura 4: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He1 en el humedal horizontal.

Fuente: Elaboración propia.

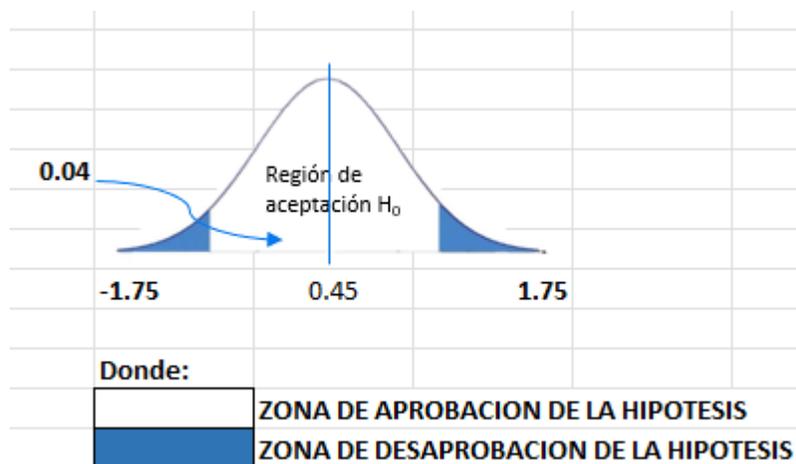


Figura 5: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He1 en el vertical.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 04 y 05 se observa que el valor de T-student se ubica en la zona de aprobación de la hipótesis por lo tanto la He1 es aceptado, el humedal horizontal tiene mayor margen de remoción de fosfato en comparación del humedal vertical  $He1 = \mu_1 = 45\% = 0.45$ .

#### 4.18.2. CONCENTRACION DE NITRATO (NO<sub>3</sub>-)

Tabla 27. Resultados de Remoción de concentración de Nitrato humedal horizontal.

DATOS DE NITRATO (NO <sub>3</sub> -) SEMANALES EN HUMEDAL HORIZONTAL						
SEMANAS	HH		%REMOCION	PROM. %REMOCION	μ	DESVIACION DE LA MUESTRA(S)
	E	S	HH	HH		
SEMANA 01	1.4	0.9	35.71	23.61	0.36	0.174
SEMANA 02	1.2	0.9	25.00		0.25	
SEMANA 03	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 04	1.1	0.9	18.18		0.18	
SEMANA 05	1.7	0.9	47.06		0.47	
SEMANA 06	1.3	0.9	30.77		0.31	
SEMANA 07	1.2	1.1	8.33		0.08	
SEMANA 08	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 09	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 10	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 11	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 12	3	0.9	70.00		0.70	
SEMANA 13	1.5	0.9	40.00		0.40	
SEMANA 14	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 15	1.2	0.9	25.00		0.25	
SEMANA 16	0.9	0.8	11.11		0.11	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

**Tabla 28.** Resultados de Remoción de concentración de Nitrato humedal vertical.

DATOS DE NITRATO (NO <sub>3</sub> -) SEMANALES EN HUMEDAL VERTICAL						
SEMANAS	HV		%REMOCION	PROM. %REMOCION	$\mu$	DESVIACION DE LA MUESTRA(S)
	E	S	HV	HV		
SEMANA 01	3	1.3	56.67	21.02	0.57	0.285
SEMANA 02	2.3	1.1	52.17		0.52	
SEMANA 03	2	0.9	55.00		0.55	
SEMANA 04	1.1	0.9	18.18		0.18	
SEMANA 05	1.9	1.8	5.26		0.05	
SEMANA 06	1.7	1.4	17.65		0.18	
SEMANA 07	1.4	1.3	7.14		0.07	
SEMANA 08	0.9	1.3	-44.44		-0.44	
SEMANA 09	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 10	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 11	0.9	0.8	11.11		0.11	
SEMANA 12	3.3	1.1	66.67		0.67	
SEMANA 13	1.6	0.9	43.75		0.44	
SEMANA 14	0.9	1	-11.11		-0.11	
SEMANA 15	1.2	0.9	25.00		0.25	
SEMANA 16	0.9	0.8	11.11		0.11	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

**A. Paso N°01:** Identificación de la hipótesis

**He2=** es efectiva la Zantedeschia Aethipica en un 45% de remoción de Nitrato aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

$$He2=\mu1=45\%=0.45$$

**Ho2=** No es efectiva la Zantedeschia Aethipica en un 45% de remoción de Nitrato aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

$$Ho2=\mu0 \neq 45\% \neq 0.45.$$

**B. Paso N°02:** Ordenar los datos para el proceso de análisis.

**Tabla 29.** *Humedal Horizontal en remoción de Nitrato.*

NUMERO DE DATOS (n)=	16
$\mu_1$ (%)=	0.45
NIVEL DE EFICIENCIA ( $\alpha$ )=	0.05
MEDIA ( $\bar{x}$ )=	0.236
RAIZ CUAD. (n)=	0.0671
gl=n-1	15

**Tabla 30.** *Humedal Vertical en remoción de Nitrato.*

NUMERO DE DATOS (n)=	16
$\mu_1$ (%)=	0.45
NIVEL DE EFICIENCIA ( $\alpha$ )=	0.05
MEDIA ( $\bar{x}$ )=	0.210
RAIZ CUAD. (n)=	0.0671
gl=n-1	15

**C. PASO N°03:** Calculo de la desviación de la muestra.*Humedal Horizontal.*

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-X)^2}{n-1}}$$

*Humedal Vertical.*

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-X)^2}{n-1}}$$

**D. PASO N°04:** Calculo de la Desviación Poblacional (t-student)*Humedal Horizontal*

$$\tau = \frac{X - \mu_1}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

*Humedal Vertical.*

$$\tau = \frac{X - \mu_1}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

**E. PASO N°05:** hallar el valor crítico de aceptación en la tabla de distribución de T-student; según  $\alpha$  y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de distribución normal.

$\alpha = 5\% = 0.05$  y  $gl = n-1$  ( $n=16$ , las semanas de muestreo en laboratorio) = 15

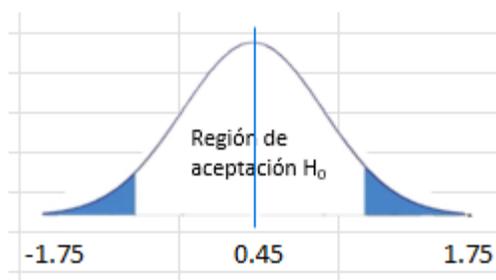


Figura 6: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He2 en humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia.

**F. PASO N°06:** Ubicación del valor de T-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la zona de aprobación y desaprobación de la hipótesis, al analizar el resultado.

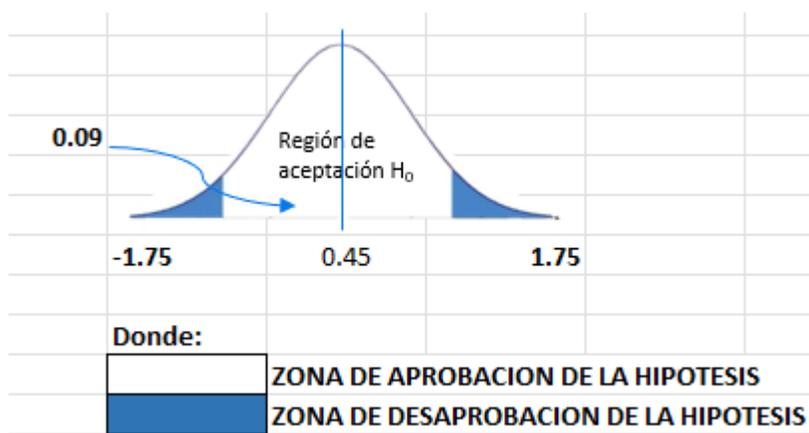


Figura 7: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He2 en el humedal horizontal.

Fuente: Elaboración propia.

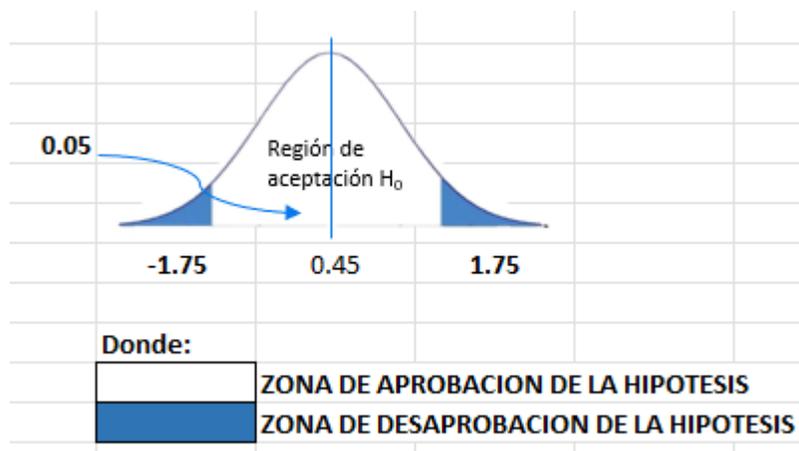


Figura 8: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He2 en el vertical.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 07 y 08 se observa que el valor de T-student se ubica en la zona de aprobación de la hipótesis por lo tanto la He2 es aceptado, el humedal horizontal tiene mayor margen de remoción de Nitrato en comparación del humedal vertical  $He2 = \mu_1 = 45\% = 0.45$ .

#### 4.18.3. CONCENTRACION DE NITROGENO TOTAL(N)

Tabla 31. Resultados de Remoción de concentración de Nitrógeno total humedal horizontal.

DATOS DE NITROGENO TOTAL(N) SEMANALES DE HUMEDAL HORIZONTAL				
SEMANTAS	HH		%REMOCION	PROM. %REMOCION
	E	S	HH	HH
SEMANA 01	9.2	8.7	5.435	4.678
SEMANA 16	5.1	4.9	3.922	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

**Tabla 32.** Resultados de Remoción de concentración de Nitrógeno total humedal vertical.

DATOS DE NITROGENO TOTAL(N) SEMANALES DE HUMEDAL VERTICAL				
SEMANAS	HV		%REMOCION	PROM. %REMOCION
	E	S	HV	HV
SEMANA 01	21.8	9.8	55.046	32.523
SEMANA 16	5	4.5	10.000	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

**Tabla 33.** Resumen de Remoción de Nitrógeno total en humedal horizontal y humedal vertical.

%REMOCION	%REMOCION
HV	HH
55.046	5.435
10.000	3.922

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

A. Paso N°01: Identificación de la hipótesis

**He3=** es efectiva la Zantedeschia Aethipica en la remoción de Nitrógeno total aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical

**Ho3=** No es efectiva la Zantedeschia Aethipica en la remoción de Nitrógeno total aplicado en el humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical

B. **Paso N°02:** Ordenar los datos para el proceso de análisis suponiendo varianzas iguales.

**Tabla 34.** *Varianzas iguales de Nitrógeno total en humedal horizontal y humedal vertical.*

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	HH	HV
Media	4.67817562	-56.2244898
Varianza	1.14490828	8771.366097
Observaciones	2	2
Varianza agrupada	4386.2555	
Diferencia hipotética de las	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	0.91957962	
P(T<=t) una cola	0.22743482	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.45486963	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

Fuente: propia.

C. **PASO N°03:** Calculo de la desviación de la muestra.

				$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$
$\bar{X}_1 =$	32.5230	$n_1 =$	2	$S_1^2 =$ 1014.571058
$\bar{X}_2 =$	4.6782	$n_2 =$	2	$S_2^2 =$ 1.144908
				$S_c^2 =$ 507.857983

Ecuación 1: Determinación de la desviación de muestra de dos varianzas iguales.

Fuente: Elaboración propia.

D. **PASO N°04:** Calculo de la Desviación Poblacional (t-student)

$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$	$t =$	1.23558703
--	-------	------------

Ecuación 2: Determinación de la desviación de poblacional de dos varianzas iguales.

Fuente: Elaboración propia.

E. PASO N°05: hallar el valor crítico de aceptación en la tabla de distribución de T-student; según  $\alpha$  y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de distribución normal.

$\alpha = 5\% = 0.05$  y  $gl = n_1 + n_2 - 2$ ; ( $n_1$  y  $n_2 = 2$ , el número de muestras de laboratorio) = 2

$gl = (n_1 + n_2 - 2) =$	2
$\alpha =$	0.05
$t_{(1-\frac{\alpha}{2}), (n_1 + n_2 - 2)} =$	4.302653
p-valor =	0.342053

Ecuación 3: valor crítico aceptación de He3 en humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia

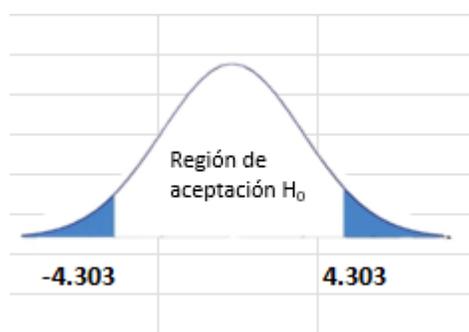


Figura 9: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He3 en humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia.

F. **PASO N°06:** Ubicación del valor de T-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la zona de aprobación y desaprobación de la hipótesis, al analizar el resultado.

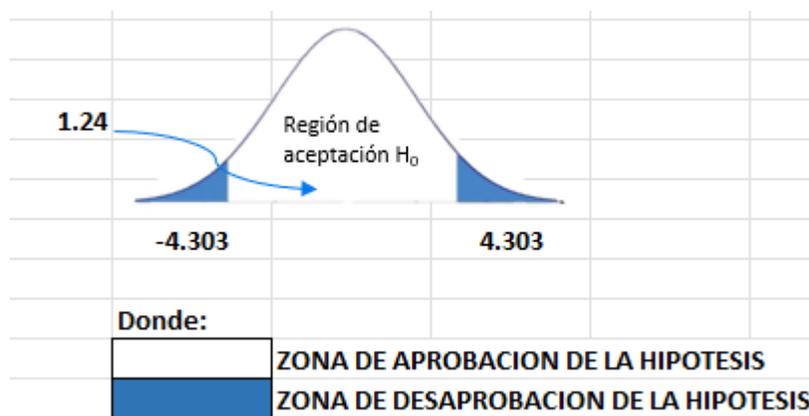


Figura 10: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He3 en el humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 09 y 10 se observa que el valor de T-student se ubica en la zona de aprobación de la hipótesis por lo tanto la He3 es aceptado, el humedal horizontal no es mejor en la remoción de Nitrógeno total, ya que su promedio de remoción es de 4.67 %, en comparación con el humedal vertical fue de 32.523 % de este parámetro, pero en el análisis estadístico de este parámetro, se compararon muestras con varianza iguales, dando como resultado la aprobación de la He3.

#### 4.18.4. CONCENTRACION DE FOSFATO ( $PO_4^{3-} P$ ) EN SUSTRATO

Tabla 35. Resultados de Fosfato en sustrato del humedal horizontal y vertical.

DATOS DE NITRATO( $NO_3^-$ ) EN SUELO EN HUMEDAL HORIZONTAL Y VERTICAL		
SEMANAS	HH (mg/kg)	HV (mg/kg)
SEMANA 01	48.48	35.71
SEMANA 16	923.3	925.7

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

**Tabla 36.** Resultados de Retención de Fosfato en sustrato del humedal horizontal y vertical.

RETENCION DE FOSFATO( $PO_4^{3-}$ P) EN SUSTRATO	RETENCION DE FOSFATO( $PO_4^{3-}$ P) EN SUSTRATO
HH (mg/kg)	HV(mg/kg)
1.440	-5.530

Fuente: Elaboración propia

A. Paso N°01: Identificación de la hipótesis

**He4=** es efectiva la retención de Fosfato en el sustrato del humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

**Ho4=** No es efectiva la retención de Fosfato en el sustrato del humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

B. **Paso N°02:** Ordenar los datos para el proceso de análisis suponiendo varianzas iguales.

**Tabla 37.** Varianzas iguales de Fosfato en sustrato en humedal horizontal y humedal vertical.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	HH	HV
Media	37.38	32.365
Varianza	1.0368	15.29045
Observaciones	2	2
Varianza agrupada	8.163625	
Diferencia hipotética de las medi	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	1.755211331	
P(T<=t) una cola	0.110654834	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.221309669	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

Fuente: propia.

C. PASO N°03: Calculo de la desviación de la muestra.

$$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$\bar{X}_1 =$	<b>37.3800</b>	$n_1 =$	<b>2</b>	$S_1^2 =$	<b>1.036800</b>
$\bar{X}_2 =$	<b>32.3650</b>	$n_2 =$	<b>2</b>	$S_2^2 =$	<b>15.290450</b>
				$S_c^2 =$	<b>8.163625</b>

Ecuación 4: Determinación de la desviación de muestra de dos varianzas iguales.

Fuente: Elaboración propia.

D. PASO N°04: Calculo de la Desviación Poblacional (t-student)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

**t = 1.7552113**

Ecuación 5: Determinación de la desviación de poblacional de dos varianzas iguales.

Fuente: Elaboración propia.

E. PASO N°05: hallar el valor crítico de aceptación en la tabla de distribución de T-student; según  $\alpha$  y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de distribución normal.

$\alpha = 5\% = 0.05$  y  $gl = n_1 + n_2 - 2$ ; ( $n_1$  y  $n_2 = 2$ , el número de muestras de laboratorio) = 2

$gl = (n_1 + n_2 - 2) =$	<b>2</b>
$\alpha =$	<b>0.05</b>
$t_{\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right), (n_1 + n_2 - 2)} =$	<b>4.302653</b>
p-valor =	<b>0.221310</b>

Ecuación 6: valor critico aceptación de He4 en humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia

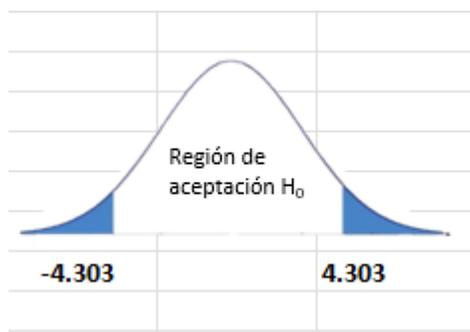


Figura 11: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He4 en humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia.

F. **PASO N°06:** Ubicación del valor de T-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la zona de aprobación y desaprobación de la hipótesis, al analizar el resultado.

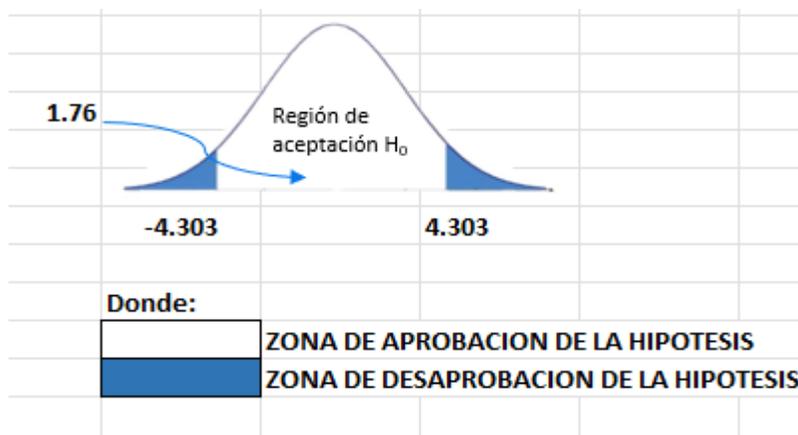


Figura 12: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He4 en el humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 11 y 12 se ve que el valor de T-student se ubica en la zona de aprobación de la hipótesis por lo tanto la He4 es aceptado, el humedal horizontal es mejor la retención de Fosfato, ya que la retención es de 1.440 mg/kg, en comparación con el humedal vertical que no hay retención de Fosfato sino pérdida de este parámetro, pero en el análisis estadístico de este parámetro, se compararon muestras con varianzas iguales, dando como resultado la aprobación de la He4.

#### 4.18.5. CONCENTRACION DE NITRATO (NO<sub>3</sub>-) EN SUSTRATO

Tabla 38. Resultados de Nitrato en sustrato del humedal horizontal y vertical.

DATOS DE NITRATO(NO <sub>3</sub> -) EN SUELO EN HUMEDAL HORIZONTAL Y VERTICAL		
SEMANAS	HH (mg/kg)	HV (mg/kg)
SEMANA 01	48.48	35.71
SEMANA 16	923.3	925.7

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM

Tabla 39. Resultados de Retención de Nitrato en sustrato del humedal horizontal y vertical.

RETENCION DE NITRATO(NO <sub>3</sub> -) EN SUSTRATO	RETENCION DE NITRATO(NO <sub>3</sub> -) EN SUSTRATO
HH (mg/kg)	HV (mg/kg)
874.820	889.990

Fuente: Elaboración propia

A. Paso N°01: Identificación de la hipótesis

**He5=** Si es efectiva la retención de Nitrato en el sustrato del humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

**Ho5=** No es efectiva la retención de Nitrato en el sustrato del humedal de flujo horizontal en comparación del humedal de flujo vertical.

B. **Paso N°02:** Ordenar los datos para el proceso de análisis suponiendo varianzas iguales.

**Tabla 40.** *Varianzas iguales de Nitrato en sustrato en humedal horizontal y humedal vertical.*

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	HH	HV
Media	485.89	480.705
Varianza	382655.0162	396041.1
Observaciones	2	2
Varianza agrupada	389348.0581	
Diferencia hipotética de las medi	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	0.008309593	
P(T<=t) una cola	0.497062166	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.994124332	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

Fuente: propia.

C. **PASO N°03:** Calculo de la desviación de la muestra.

			$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$
$\bar{X}_1 = 485.8900$	$n_1 = 2$	$S_1^2 = 382655.016200$	
$\bar{X}_2 = 480.7050$	$n_2 = 2$	$S_2^2 = 396041.100050$	
		$S_c^2 = 389348.058125$	

Ecuación 7: Determinación de la desviación de muestra de dos varianzas iguales.

Fuente: Elaboración propia.

D. **PASO N°04:** Calculo de la Desviación Poblacional (t-student)

$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$	$t = 0.0083096$
--	-----------------

Ecuación 8: Determinación de la desviación de poblacional de dos varianzas iguales.

Fuente: Elaboración propia.

E. PASO N°05: hallar el valor crítico de aceptación en la tabla de distribución de T-student; según  $\alpha$  y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de distribución normal.

$\alpha = 5\% = 0.05$  y  $gl = n_1 + n_2 - 2$ ; ( $n_1$  y  $n_2 = 2$ , el número de muestras de laboratorio) = 2

$gl = (n_1 + n_2 - 2) =$	2
$\alpha =$	0.05
$t_{\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right), (n_1 + n_2 - 2)}:$	4.302653
p-valor =	0.994124

Ecuación 9: valor crítico aceptación de He5 en humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia

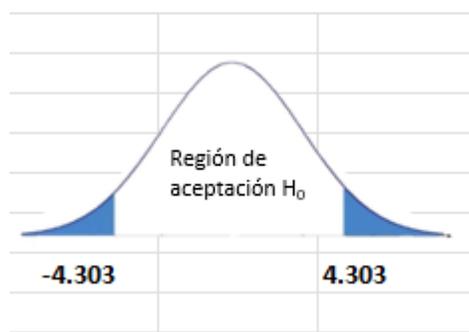


Figura 13: diagrama de distribución normal de valores críticos de aceptación de He5 en humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia.

F. **PASO N°06:** Ubicación del valor de T-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la zona de aprobación y desaprobación de la hipótesis, al analizar el resultado.

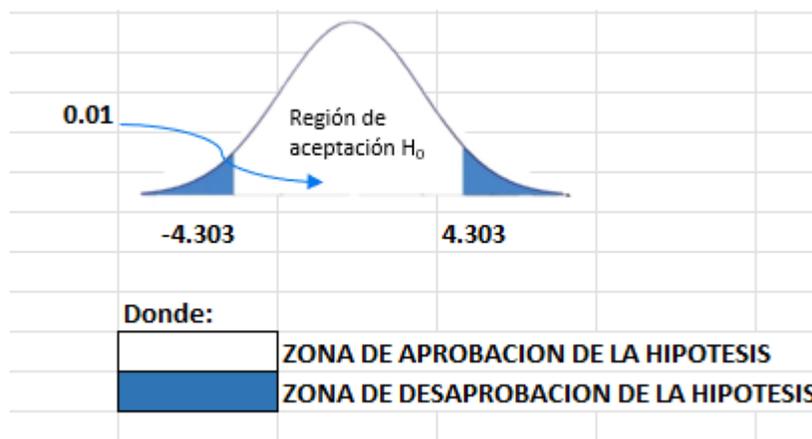


Figura 14: posición del T-student en el diagrama de distribución normal para determinar la aceptación de He5 en el humedal horizontal y vertical.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 13 y 14 se observa que el valor de T-student se ubica en la zona de aprobación de la hipótesis por lo tanto la He5 es aceptado, en el humedal horizontal es menor la retención de Nitrato, ya que la retención es de 874.820 mg/kg, en comparación con el humedal vertical que fue de 889.990 mg/kg, pero en el análisis estadístico de este parámetro, se compararon muestras con varianzas iguales, dando como resultado la aprobación de la He5.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el objetivo principal el cual indica la eficiencia de remoción de Nitrato y Fosfato en aguas residuales tratadas *Zantedeschia Aethiopica* en humedales de flujo horizontal y vertical, se determinó eficacia de remoción de Nitrato y Fosfato en 16 semanas de monitoreo en el sector Tuyu Ruri – Marcara en el año 2023, El Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-} \text{P}$ ) en la entrada del humedal horizontal en su punto máximo es 3.30 (mg/l) y en su punto mínimo es 0.54 (mg/l), en la salida del humedal horizontal en su punto máximo es 1.85 (mg/l) y en su punto mínimo es 0.32 (mg/l), El porcentaje de remoción del Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-} \text{P}$ ) en el humedal horizontal en su punto máximo es 70.27 % y en su punto mínimo es 6.18 %. Así mismo, podemos indicar que los resultados obtenidos son mayores a la investigación de **PORTILLA BENAVENTE (2019)**, quien evaluó el mismo parámetro en aguas residuales domesticas utilizando la especie *Zantedeschia Aethiopica* donde obtuvo una eficiencia de remoción del 36.21 % en Fosfato.

En cuanto al humedal de flujo vertical en la remoción de Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-} \text{P}$ ) en la entrada del humedal vertical en su punto máximo es 3.37 (mg/l) y en su punto mínimo es 0.63 (mg/l), en la salida del humedal vertical en su punto máximo es 1.34 (mg/l) y en su punto mínimo es 0.78 (mg/l), El porcentaje de remoción del Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-} \text{P}$ ) en el humedal vertical en su punto máximo es 59.72 % y en su punto mínimo es 6.95 %. Así mismo, podemos indicar que los resultados obtenidos son menores a la investigación de **RINCON MEDINA & MILLAN BALLEEN (2013)**, quien evaluó el mismo parámetro en aguas residuales de la Universidad Libre utilizando la especie *Zantedeschia Aethiopica* donde obtuvo una eficiencia de remoción del 72% en Fosfato.

En cuanto al humedal de flujo horizontal la remoción de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en la entrada del humedal horizontal en su punto máximo es 3 (mg/l) y en su punto mínimo es 0.90 (mg/l), en la salida del humedal horizontal en su punto máximo es 1.10 (mg/l) y en su punto mínimo es 0.80 (mg/l), El porcentaje de remoción del Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el humedal horizontal en su punto máximo es 47.06 % y en su punto mínimo es 8.33 %. Así mismo, podemos indicar que los resultados obtenidos son mayores a la investigación de **JAMANCA ROSALES (2017)**, quien evaluó el mismo parámetro en el centro poblado Tuyu Ruri-Marcara, donde obtuvo una eficiencia de remoción del 42.38% en Nitrógeno.

En cuanto al humedal de flujo vertical la remoción de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en la entrada del humedal vertical en su punto máximo es 3.30 (mg/l) y en su punto mínimo es 0.90 (mg/l). El Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en la salida del humedal vertical en su punto máximo es 3 (mg/l) y en su punto mínimo es 0.80 (mg/l). El porcentaje de remoción del Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el humedal vertical en su punto máximo es 66.67 % y en su punto mínimo es 5.26 %. Así mismo, podemos indicar que los resultados obtenidos son mayores a la investigación de **POLO SALAZAR y otros (2018)**, quien evaluó el mismo parámetro en el centro poblado Tuyu Ruri-Marcara donde obtuvo una eficiencia de disminución en el humedal con Cola de caballo es alta, de 21,3 mg/l a diferencia del humedal con Cartucho que es baja, de 1,0 mg/l.

## VI. CONCLUSIONES

La investigación ha abordado de manera integral la eficiencia de remoción de Nitrato y Fosfato en dos humedales de flujo Horizontal y Vertical, empleando *Zantedeschia aethiopica* como agente de tratamiento. Además de los nutrientes mencionados, se han evaluado múltiples parámetros ambientales y de control, permitiendo una visión detallada del rendimiento de ambos humedales.

Por lo tanto, se tiene las siguientes conclusiones:

- Los resultados obtenidos de los humedales de flujo horizontal y vertical con *Zantedeschia aethiopica*, se concluye que estos sistemas son efectivos en la remoción de nitrato y fosfato de las aguas residuales, con porcentajes de remoción significativos que oscilan entre el 6.18% y el 70.27% para fosfato, y entre el 5.26% y el 66.67% para nitrato.
- A pesar de la eficacia general de ambos tipos de humedales, se observa una diferencia en la eficiencia de remoción entre el humedal horizontal y el vertical. Mientras que el humedal horizontal muestra una eficiencia promedio de remoción de fosfato del 31.44% y de nitrato del 23.61%, el humedal vertical presenta una eficiencia promedio de remoción de fosfato del 21.02% y de nitrato del 15.75%.
- A pesar de las variaciones en estas condiciones ambientales, no se observó una correlación directa con la eficiencia de remoción de nitrato y fosfato, esto nos dice que la *Zantedeschia aethiopica* es resistente a cambios bruscos de temperatura, y el pH estuvo neutro en las 16 semanas de muestreo, sin ver afectado al sistema ante cambios moderados en estas variables.
- Ambos humedales, tanto el de flujo horizontal como el vertical, han demostrado una capacidad significativa para la remoción de nitrato y fosfato en el agua residual. Aunque la eficiencia varió a lo largo de las 16 semanas de muestreo, ambos sistemas contribuyeron positivamente a la mejora de la calidad del agua. El humedal vertical destacó en la remoción de nitrato, superando al horizontal en términos de eficiencia promedio. En cambio, el humedal horizontal mostró

una eficiencia superior en la remoción de fosfato. La implementación de ambos tipos de humedales se considera viable para abordar de manera integral la reducción de ambos nutrientes, mejorando así la disminución de nutrientes en vertimiento a cuerpos superficiales.

- Ambos humedales cumplen con el límite establecido por el ECA-DS 004-2017-MINAM para nitratos, que es de 13 mg/l. Las concentraciones máximas observadas en la salida de ambos humedales están considerablemente por debajo de este límite (humedal Horizontal: La concentración máxima de nitrato en la salida fue de 1.10 mg/l y humedal Vertical: La concentración máxima de nitrato en la salida fue de 1.8 mg/l), con esto podemos afirmar que el vertimiento a cuerpos superficiales es factible, y sin ningún problema a la vida acuática del cuerpo superficial.
- Ambos humedales siguen incumpliendo el límite establecido por el ECA-DS 004-2017-MINAM para el fósforo total, que es de 0.05 mg/l. Las concentraciones calculadas de fósforo total, derivadas de los valores de fosfato, siguen estando por encima de este límite. Con esto se concluye que la especie *Zantedeschia Aethiopica* es buena en la remoción de fosfato, pero no al grado de estar dentro de los parámetros permisibles por la ECA-DS 004-2017-MINAM.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ajustes en los parámetros operativos de los humedales, como la carga hidráulica, la densidad de vegetación y el tiempo de residencia, con el fin de mejorar la eficiencia de remoción de nitrato y fosfato. Esto puede incluir la modificación de la distribución de la vegetación para maximizar la absorción de nutrientes y el ajuste de la velocidad de flujo para garantizar un tiempo de contacto adecuado entre el agua residual y las raíces de las plantas.
- Es fundamental mantener un monitoreo regular del sistema para identificar cualquier cambio en la eficiencia de remoción y tomar medidas correctivas oportunas. Además, se recomienda realizar análisis adicionales para comprender mejor los factores que pueden influir en la eficiencia de remoción de nitrato y fosfato, como la presencia de otras especies vegetales, la calidad del sustrato y las condiciones ambientales locales.
- Se sugiere adoptar un enfoque de gestión integrada del agua que combine los humedales de tratamiento de aguas residuales con otras tecnologías y prácticas de conservación de agua, como la captación de agua de lluvia, la reutilización de aguas grises y la implementación de prácticas de manejo sostenible del suelo en las áreas circundantes. Esto puede ayudar a mejorar la eficiencia global del sistema y a reducir la carga de nutrientes en el medio ambiente.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA, & WWEF. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater. Recuperado el 04 de 2023, de Lavoisier:  
[http://www.lavoisier.eu/books/environment/standard-methods-for-the-examination-of-water-and-wastewater-22nd-ed/description\\_2630282](http://www.lavoisier.eu/books/environment/standard-methods-for-the-examination-of-water-and-wastewater-22nd-ed/description_2630282)
- Carrillo Libano, V. P. (2022). Evaluación técnica y ambiental de la eliminación de fósforo en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales. Recuperado el 04 de 2023, de Direccion de Bibliotecas Universidad de Concepcion: <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/10085>
- Espinosa Ortiz, C. E. (2014). Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes. recuperado el 04 de 2023, de repositorio digital - escuela colombiana de ingenieria julio garavito:  
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/114?locale-attribute=en>
- Frias, T., & Montilla, L. (2016). Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector Puerto de Productores río Itaya, Loreto-Perú 2014-2015. Recuperado el 01 de 2023, de Repositorio Institucional ucp: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/114>
- Gomez Lordan, Y. M. (2017). Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando cyperus alternifolius y chrysopogon zizanioides para el tratamiento de aguas servidas. Recuperado el 04 de 2023, de Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina:  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2875>
- Jamanca Rosales, G. R. (2017). *Eficiencia en la remoción de nutrientes (n, p) y sólidos suspendidos empleando la especie zantedeschia aethiopica (cartucho) aplicado en el humedal de flujo horizontal piloto; en el centro poblado Tuyu Ruri-Marcará*. Obtenido de repositorio institucional UNASAM:  
<https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2466>

- Joaquin Tacunan, L. C. (2021). Diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales en chacapampa - huancayo. Recuperado el 04 de 2023, de Repositorio Institucional UPLA:  
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2828>
- Kangas, P. (2003). Ingeniería Ecológica. Recuperado el 04 de 2023, de TAYLOR & FRANCIS GROUP:  
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b12484/ecological-engineering-patrick-kangas>
- Kröpfelová, L., & Vymazal, J. (2008). Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow. Recuperado el 04 de 2023, de Springer:  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-8580-2>
- Merino Solis, M. (2017). Evaluación del desempeño en la remoción de materia orgánica y nutrientes de un sistema de tratamiento sustentable. Recuperado el 04 de 2023, de CIATEJ Repositorio:  
<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/422>
- Metcalf, & Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Recuperado el 04 de 2023, de FREE LIBROS:  
<https://www.freelibros.net/ingenieria-ambiental/ingenieria-de-aguas-residuales-volumen-1-3ra-edicion-metcalf-eddy>
- Minam. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*-. Obtenido de MINISTERIO DEL AMBIENTE: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- MVCS. (2009). RNE - OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales DS n° 022-2009. Recuperado el 04 de 2023, de Plataforma unica del estado peruano- GOB.PE: <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619690-os-090-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-ds-n-022-2009>
- Núñez Burga, R. M. (2016). Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente *Cyperus Papyrus* (Papiro). Recuperado el 04 de 2023, de Repositorio de Tesis Universidad Peruana Union:

<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/555>

Ojeda Mejia, J. (2014). Evaluación del desempeño en la remoción de materia orgánica y nutrientes de un sistema de tratamiento sustentable. Recuperado el 04 de 2023, de CIATEJ Repositorio:

[https://repositorio.unam.mx/contenidos/remocion-de-lindano-contenido-en-agua-en-un-humedal-artificial-de-flujo-subsuperficial-con-recirculacion-bajo-condic-204955?c=rwD72o&d=false&q=\\*&i=2&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/remocion-de-lindano-contenido-en-agua-en-un-humedal-artificial-de-flujo-subsuperficial-con-recirculacion-bajo-condic-204955?c=rwD72o&d=false&q=*&i=2&v=1&t=search_0&as=0)

Orozco, A. (2005). Bioingeniería de aguas residuales. Recuperado el 01 de 2023, de Biblioteca de Libros Google:

[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=t5w5EZf1VhMC&oi=fnd&pg=PP17&dq=Orozco,+et+al.,+2005&ots=My\\_7hDCrXg&sig=Ipn7IQMsRqFJG3Q9i6DJmQC6zWE#v=onepage&q=Orozco%2C%20et%20al.%2C%202005&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=t5w5EZf1VhMC&oi=fnd&pg=PP17&dq=Orozco,+et+al.,+2005&ots=My_7hDCrXg&sig=Ipn7IQMsRqFJG3Q9i6DJmQC6zWE#v=onepage&q=Orozco%2C%20et%20al.%2C%202005&f=false)

Polo Salazar, R. A., Huaman Carranza, M. M., Flores Albornoz, J. I., Poma Villafuerte, C. B., & Davila Paredes, C. M. (2018). *Eficiencia de la Unidad Básica de Saneamiento empleando humedales artificiales con especies nativas para la depuración de aguas residuales en el centro experimental Tuyu Ruri – Marcará, para su reúso como agua de riego*. Obtenido de revistas unasam-aporte santiaguino:

[https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiago/article/view/578](https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiago/article/view/578)

Portilla Benavente, E. M. (2019). Sistema integrado tanque séptico y humedal de flujo horizontal para el tratamiento de agua residual doméstica. Recuperado el 04 de 2023, de Reposito Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina:

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4417>

Rincon Medina, J. A., & Millan Ballen, N. F. (2013). Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales de la universidad libre. Recuperado el 04 de 2023, de Repositorio Institucional Universidad Libre: <https://repository.unilivre.edu.co/handle/10901/9997>

Silva Casas, M. N. (2017). Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias, Tesis de titulación. Obtenido de CYBERTESIS UNMSM:



<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7155>

Stefanakis, A., Akratos, C., & Tsihrintzis, V. (2014). Vertical Flow Constructed Wetlands. Recuperado el 04 de 2023, de ELSEVIER:

<https://www.elsevier.com/books/vertical-flow-constructed-wetlands/stefanakis/978-0-12-404612-2>

Villegas Urbina, E. C. (2018). Remoción de fósforo y nitrógeno de aguas residuales domésticas, mediante humedales artificiales de flujo vertical empleando antrasita y tereftalato de polietileno, en la localidad de toma, carhuaz - ancash. Obtenido de repositorio institucional UNASAM:

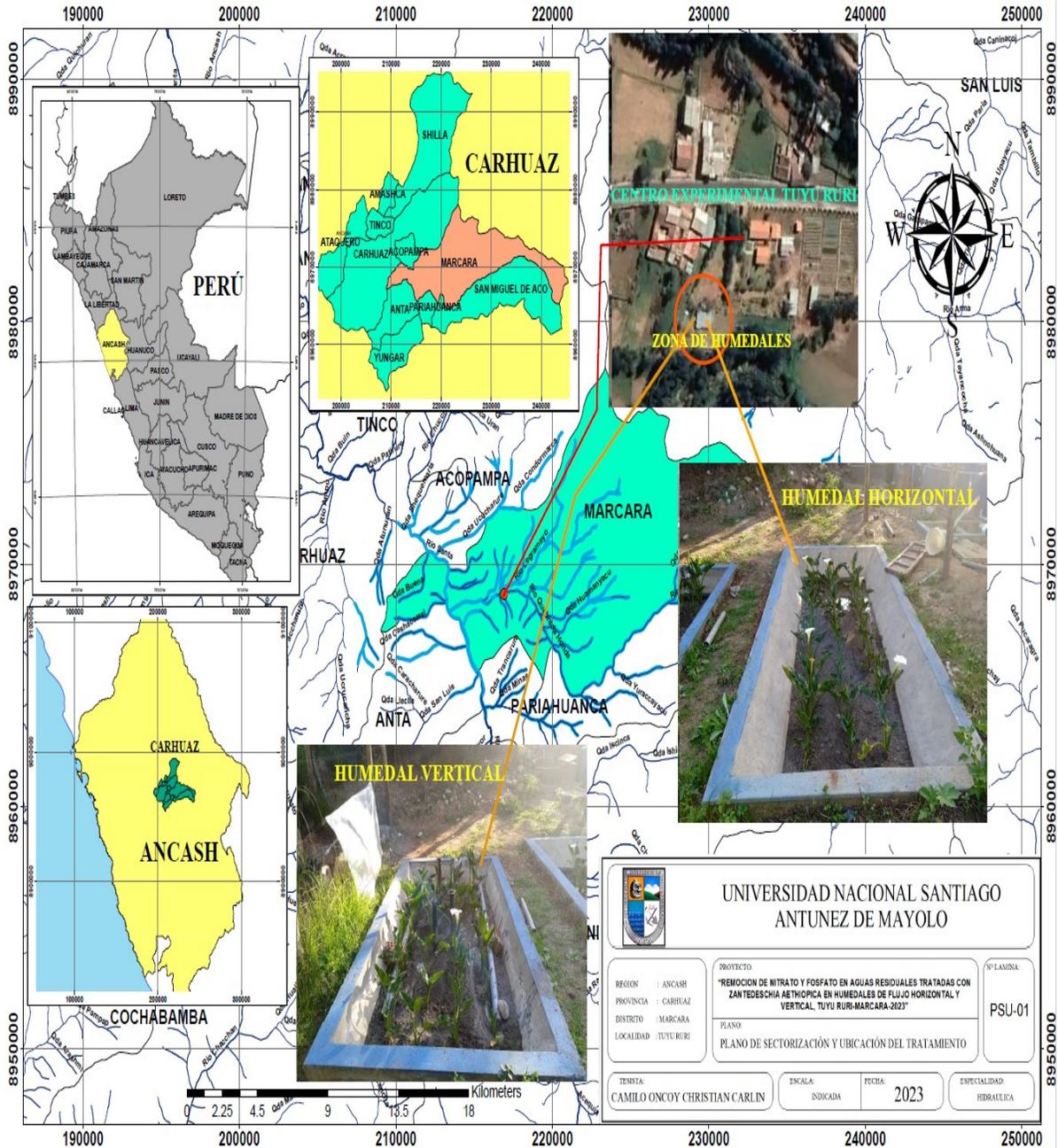
<https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/355>



# ANEXOS

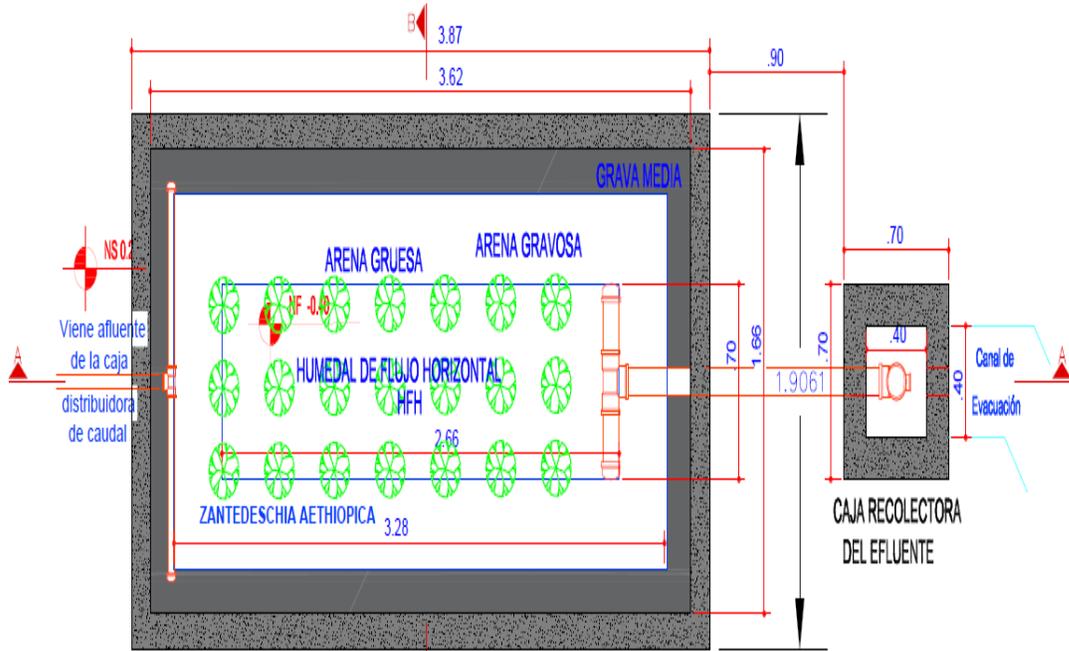
## Anexo 1: PLANOS DEL TRATAMIENTO

### ➤ Plano de Sectorización y Ubicación del Tratamiento



➤ **Plano Humedal Horizontal**

# HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL



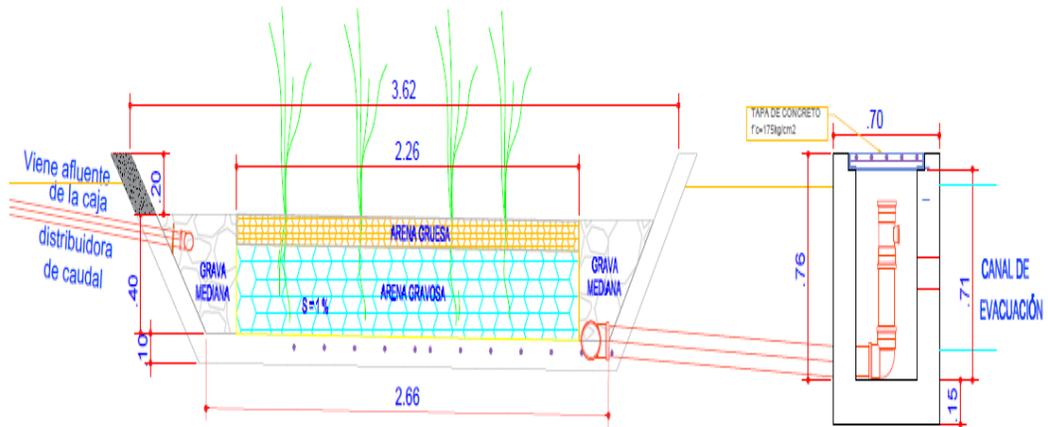
## PLANTA

ESC.: 1:20

LEYENDA	
	Zantedeschia Aethiopica (Cartucho)
	Grava Mediana $\phi=32$ mm
	Arena Gravosa $\phi=8$ mm
	Arena Gruesa $\phi=2$ mm
	Concreto de $f_c=175$ kg/cm <sup>2</sup>
	CARTUCHO

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA	
TESIS: "REMOCION DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI-MARCARA- 2023"	
PLANO: HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL	ESCALA: 1:20
TESISISTA: Bach. CAMILO ONCOY CHRISTIAN	ASESOR: DR. ING. DEPAZ CELU KIKO FELIX
PL - 01	

# HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL



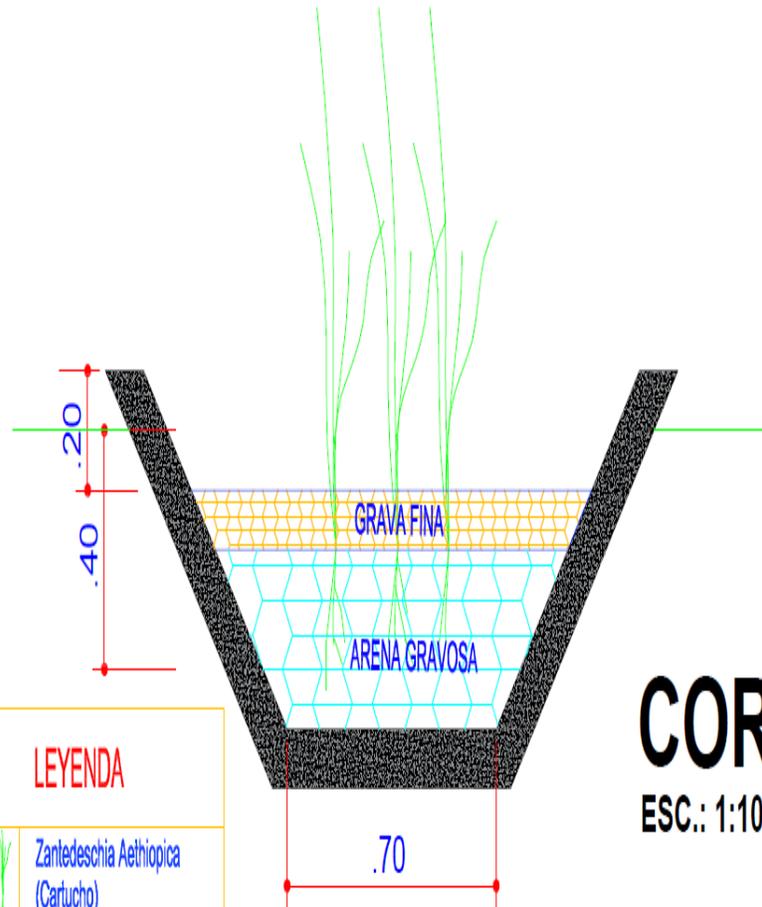
## CORTE A-A

ESC.: 1:20

LEYENDA	
	Zantedeschia Aethiopica (Cafucho)
	Grava Mediana $\phi=32$ mm
	Arena Gruesa $\phi=8$ mm
	Arena Gruesa $\phi=2$ mm
	Concreto de $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>
	CARTUCHO

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA	
TESIS: "REMOCION DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI-MARCARA- 2023"	
PLANO: HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL	ESCALA: 1:20
TESISISTA: Bach. CAMILO ONCOY CHRISTIAN	ASESOR: DR. ING. DEPAZ CELI KIKO FELIX
PL - 02	

# HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL



## LEYENDA

	Zantedeschia Aethiopica (Cartucho)
	Grava Mediana d=32 mm
	Arena Gravosa d= 8 mm
	Arena Gruesa d= 2 mm
	Concreto de $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$
	CARTUCHO

## CORTE B-B

ESC.: 1:10



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "REMOCION DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI-MARCARA- 2023"

PLANO: HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL

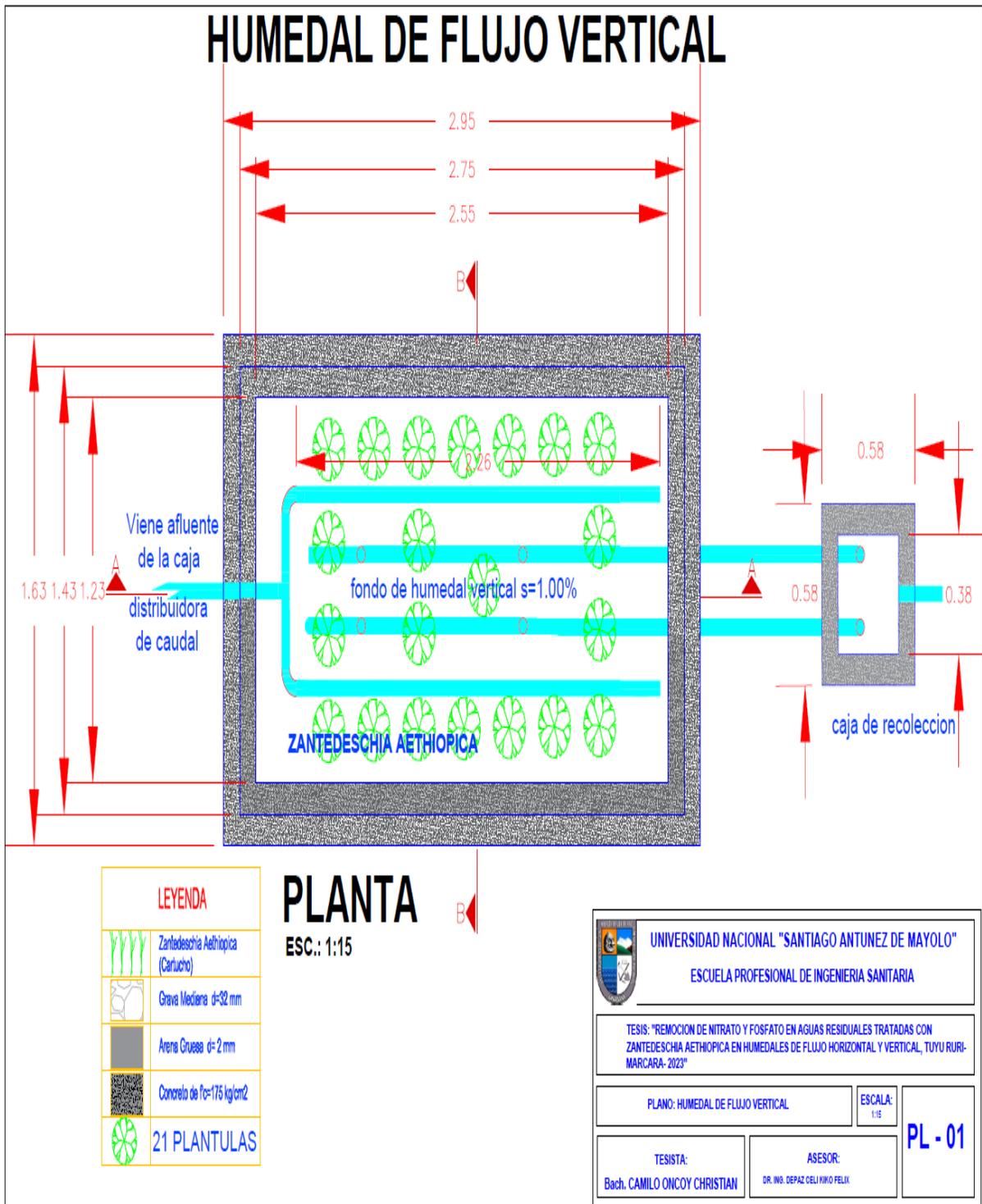
ESCALA:  
1:10

TESISTA:  
Bach. CAMILO ONCOY CHRISTIAN

ASESOR:  
DR. ING. DEPAZ CELU KINO FELIX

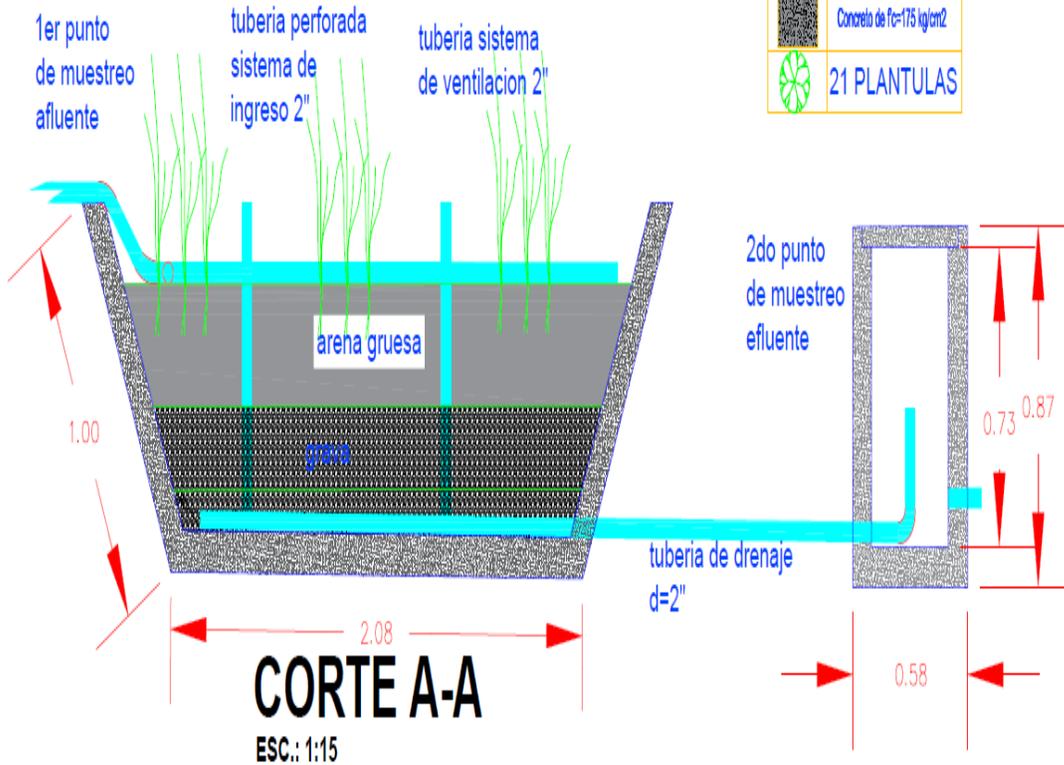
PL - 03

➤ **Plano Humedal Vertical**



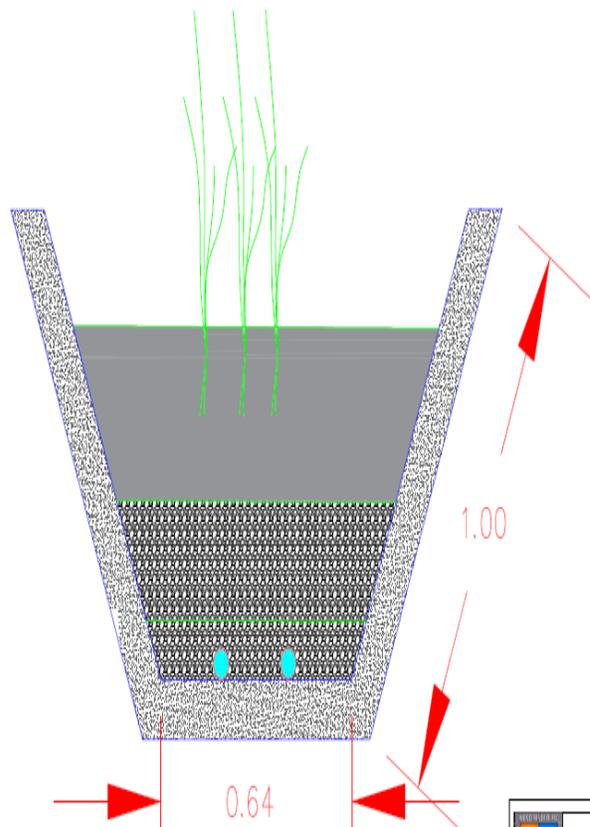
# HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL

LEYENDA	
	Zantedeschia Aethiopica (Callitriche)
	Grava Mediana d=32 mm
	Arena Gruesa d=2 mm
	Concreto de f'c=175 kg/cm2
	21 PLANTULAS



	UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYO"	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA	
TESIS: "REMOCION DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI-MARCARA- 2023"		
PLANO: HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL	ESCALA: 1:15	<b>PL - 02</b>
TESISTA: Bach. CAMILO ONCOY CHRISTIAN	ASESOR: DR. ING. DEPAZ DELI KIKO FELIX	

# HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL



LEYENDA	
	Zantedeschia Aethiopica (Cartucho)
	Grava Mediana d=32 mm
	Arena Gruesa d= 2 mm
	Concreto de $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$
	21 PLANTULAS

**CORTE B-B**

ESC.: 1:10



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "REMOCION DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI-MARCARA- 2023"

PLANO: HUMEDAL DE FLUJO VERTICAL

ESCALA:  
1:10

TESISTA:

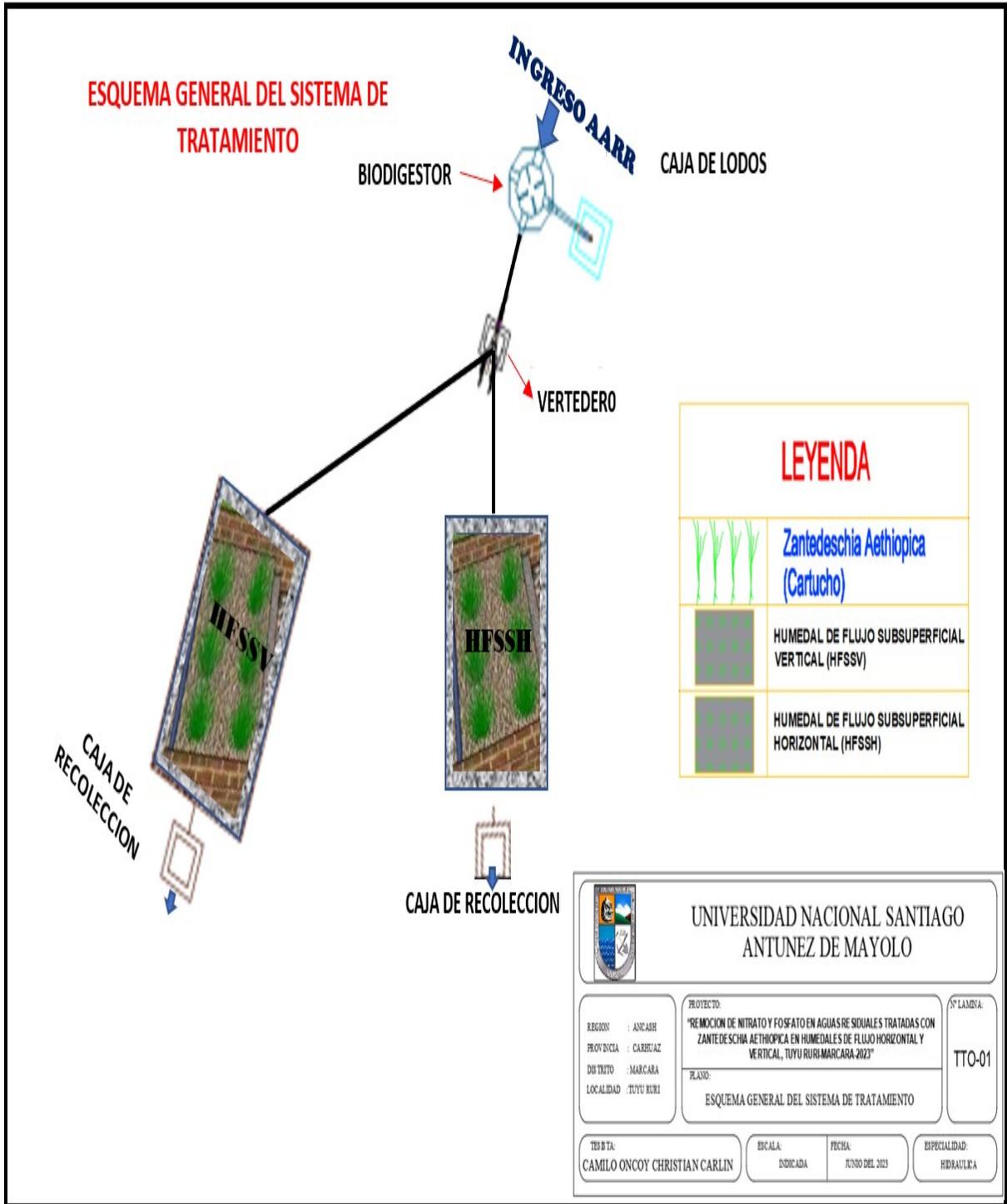
Bach. CAMILO ONCOY CHRISTIAN

ASESOR:

DR. ING. DEPAZ DELFINO FELIX

**PL - 03**

➤ **Plano de Esquema y Diseño**



## Anexo 2: Panel Fotográfico

**Fotografía 07:** Acondicionamiento del sustrato humedal horizontal



**Fotografía 08:** acondicionamiento del sustrato humedal vertical



**Fotografía 09:** preadaptación de la *Zantadeschia Aethiopica*



**Fotografía 10:** preadaptación de la *Zantadeschia Aethiopica*



**Fotografía 11:** adaptación de la *Zantadeschia Aethiopica* en humedal horizontal



**Fotografía 12:** adaptación de la *Zantadeschia Aethiopica* en humedal vertical



**Fotografía 13 y 14:** Culminando fase de adaptación de la *Zantadeschia Aethiopica* en humedal horizontal y vertical.



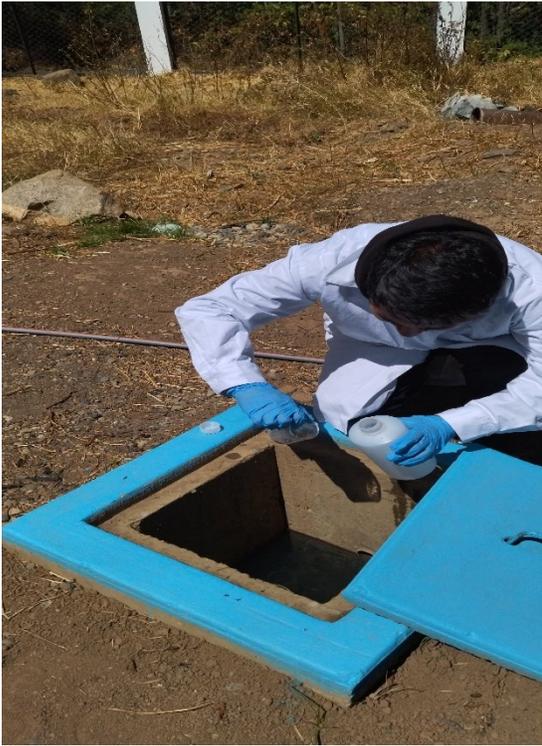
**Fotografía 15:** Humedal Horizontal y vertical



**Fotografía 16:** Inicio del monitoreo en la entrada del humedal horizontal y vertical



**Fotografía 17 y 18: Monitoreo de salida del humedal Horizontal y Vertical**



**Fotografía 19 y 20: Toma de la muestra de sustrato en Humedal horizontal y vertical.**



**Fotografía 21 y 22:** Primeras semanas del Ingreso Constante de caudal en humedal horizontal y vertical



**Fotografía 23:** crecimiento uniforme de *Zantedeschia Aethiopica* en el segundo mes de monitoreo en humedal horizontal y vertical



**Fotografía 24:** Monitoreo de los parámetros de control en la entrada del sistema



**Fotografía 25:** Medición de Caudal semanal en la entrada del humedal Horizontal y vertical



**Fotografía 26 y 27:** Medición de los parámetros de control en humedal horizontal y vertical



**Fotografía 28 y 29:** Medición del tiempo de retención hidráulica en la entrada de humedal horizontal y vertical



**Fotografía 30:** apuntes de la toma de conductividad de la medición del tiempo de retención hidráulica en humedal horizontal y vertical



**Fotografía 31 y 32:** Monitoreo de parámetros de control en el tercer mes en la entrada del humedal horizontal y vertical



**Fotografía 33:** crecimiento uniforme de *Zantedeschia Aethiopica* en el tercer mes de monitoreo en humedal horizontal y vertical



**Fotografía 34:** crecimiento uniforme de *Zantedeschia Aethiopica* en el tercer mes de monitoreo en humedal horizontal y vertical desde otro Angulo, donde se aprecia mejor el sistema de tratamiento.



**Fotografía 35 y 36: Toma de la muestra en el humedal horizontal**



**Fotografía 37 y 38: Toma de la muestra en el humedal vertical**



**Fotografía 39:** crecimiento uniforme de *Zantedeschia Aethiopica* en el cuarto mes de monitoreo en humedal horizontal y vertical



**Fotografía 40 y 41:** crecimiento uniforme de *Zantedeschia Aethiopica* en el cuarto mes de monitoreo en humedal horizontal y vertical, donde se observa que ya cubrió todo el humedal y esta trabajando en óptimas condiciones.



**Fotografía 42:** medición y control de caudal en la última semana se monitoreo en la entrada del humedal horizontal y vertical



**Fotografía 43:** medición y control de caudal en la última semana se monitoreo en la entrada del humedal horizontal y vertical, donde se observa el ingreso constante de agua residual al sistema.



**Fotografía 44:** con mi asesor de tesis el Dr. Kiko Felix Depaz Celi, en la culminación de la ejecución de mi tesis.



**Fotografía 45 y 46:** con mi asesor de tesis el Dr. Kiko Felix Depaz Celi, en la culminación de la ejecución de mi tesis, en el humedal horizontal y vertical



# Anexo 3: Reportes de laboratorio



## INFORME DE ENSAYO AG230318

**CLIENTE**  
 Razón Social : "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023"  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA**  
 Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230241

**MUESTREO**  
 Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO**  
 Fecha de recepción : 16/Agosto/2023  
 Fecha de análisis : 16 de Agosto - 23 de Agosto/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	16/08/2023	16/08/2023	16/08/2023	16/08/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	10:45	10:45	10:40	10:40
					Código del Laboratorio	AG230765	AG230766	AG230767	AG230768
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>									
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.350	1.050	1.340	0.780	
<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>									
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	1.4	< 1.0	3.0	1.3	
NU06	Nitrógeno Total	mg/l N	Digestión Koroleff, nitrospectral	0.5	9.2	8.7	21.8	9.8	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente.

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 23 de Agosto de 2023



*Dr. María Leyva Collas*  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 COP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.  
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230329

**CLIENTE** Razón Social : REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARGARÁ - 2023  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230250

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 23/Agosto/2023  
 Fecha de análisis : 23 de Agosto - 31 de Agosto/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo:	23/08/2023	23/08/2023	23/08/2023	23/08/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	11:40	11:50	11:45	11:55
					Código del Laboratorio	AG230787	AG230788	AG230789	AG230790
FQ			ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FO20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.330	0.720	1.290	0.960	
NU			ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	1.2	< 1.0	2.3	1.1	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 31 de Agosto de 2023

\*Fin del Informe de Ensayo\*



Dr. Mario Leyva Colias  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este Informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230346

**CLIENTE**  
 Razón Social : "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023"  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA**  
 Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230264

**MUESTREO**  
 Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO**  
 Fecha de recepción : 31/Agosto/2023  
 Fecha de análisis : 31 de Agosto - 07 de Setiembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA			
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E
					31/08/2023	31/08/2023	31/08/2023	31/08/2023
					12:16	12:30	12:22	12:35
					AG230824	AG230825	AG230826	AG230827
FQ			ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.150	0.770	1.080	0.940
NU			ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	< 1.0	< 1.0	2.0	< 1.0

<sup>1</sup>Datos proporcionados por el cliente.

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 07 de Setiembre de 2023



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230360

**CLIENTE** Razón Social : "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023"  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230277

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 07/Setiembre/2023  
 Fecha de análisis : 07 de Setiembre - 14 de Setiembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA			
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E
					07/09/2023	07/09/2023	07/09/2023	07/09/2023
					10:00	10:05	10:10	10:15
					AG230864	AG230865	AG230866	AG230867
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS							
FC20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.740	1.510	1.760	0.820
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES							
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	1.1	< 1.0	1.1	< 1.0

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente.

Huaraz, 14 de Setiembre de 2023

"Fin del Informe de Ensayo"



  
 Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230371

**CLIENTE** Razón Social : \*REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023\*  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230287

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 14/Setiembre/2023  
 Fecha de análisis : 14 de Setiembre - 21 de Setiembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	14/09/2023	14/09/2023	14/09/2023	14/09/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	09:30	09:35	09:40	09:45
					Código del Laboratorio	AG230889	AG230890	AG230891	AG230892
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.520	0.690	1.480	1.060	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	1.7	< 1.0	1.9	1.8	

Datos proporcionados por el cliente

*"Fin del Informe de Ensayo"*

Huaraz, 21 de Setiembre de 2023



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230390

**CLIENTE** Razón Social : "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURÍ - MARCARÁ - 2023"  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Rurí - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230301

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 21/Setiembre/2023  
 Fecha de análisis : 21 de Setiembre - 28 de Setiembre/2023  
 Cotización N° : CO230388

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	21/09/2023	21/09/2023	21/09/2023	21/09/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	10:35	10:10	10:30	10:15
					Código del Laboratorio	AG230930	AG230931	AG230932	AG230933
FQ			ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FC20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.800	0.670	1.780	1.270	
NU			ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	1.3	< 1.0	1.7	1.4	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 28 de Setiembre de 2023

"Fin del Informe de Ensayo"



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230411

**CLIENTE**  
 Razón Social : REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023\*  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA**  
 Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230319

**MUESTREO**  
 Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO**  
 Fecha de recepción : 28/Setiembre/2023  
 Fecha de análisis : 28 de Setiembre - 05 de Octubre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestra <sup>1</sup>	28/09/2023	28/09/2023	28/09/2023	28/09/2023
					Hora de muestra <sup>1</sup>	11:30	11:40	11:45	11:55
					Código del Laboratorio	AG230987	AG230988	AG230989	AG230990
FQ			ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0,010	2,065	1,850	1,840	1,335	
NU			ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1,0	1,2	1,1	1,4	1,3	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

\*Fin del Informe de Ensayo\*

Huaraz, 05 de Octubre de 2023



*Dr. Mario Leyva Collas*  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.  
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230443

**CLIENTE** Razón Social : REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023\*  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230344

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 06/Octubre/2023  
 Fecha de análisis : 06 de Octubre - 13 de Octubre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	05/10/2023	05/10/2023	05/10/2023	05/10/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	12:00	12:15	12:05	12:10
					Código del Laboratorio	AG231103	AG231104	AG231105	AG231106
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	0.610	0.645	0.625	0.840	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	1.3	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 13 de Octubre de 2023

\*Fin del Informe de Ensayo\*



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirigidas se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230465

**CLIENTE**  
 Razón Social : REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023\*  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA**  
 Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230365

**MUESTREO**  
 Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO**  
 Fecha de recepción : 13/Octubre/2023  
 Fecha de análisis : 13 de Octubre - 20 de Octubre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	12/10/2023	12/10/2023	12/10/2023	12/10/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	17:00	17:07	17:22	17:15
					Código del Laboratorio	AG231177	AG231178	AG231179	AG231180
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	0.915	0.805	0.930	1.055	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	

\* Datos proporcionados por el cliente

*\*Fin del Informe de Ensayo\**

Huaraz, 20 de Octubre de 2023



*Dr. Mario Leyva Collas*  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.  
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230486

**CLIENTE**  
 Razón Social : REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ 2023\*  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncay Christian

**MUESTRA**  
 Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230380

**MUESTREO**  
 Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO**  
 Fecha de recepción : 20/Octubre/2023  
 Fecha de análisis : 20 de Octubre - 27 de Octubre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	19/10/2023	19/10/2023	19/10/2023	19/10/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	17:20	17:30	17:10	17:40
					Código del Laboratorio	AG231229	AG231230	AG231231	AG231232
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0,010	0,535	0,315	0,630	0,820	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

\*Fin del Informe de Ensayo\*

Huaraz, 27 de Octubre de 2023



*Dr. Mario Leyva Collas*  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este Informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.  
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmimentos se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230508

**CLIENTE** Razón Social : "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023"  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230401

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 27/Octubre/2023  
 Fecha de análisis : 27 de Octubre - 07 de Noviembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	27/10/2023	27/10/2023	27/10/2023	27/10/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	11:30	11:35	11:40	11:45
					Código del Laboratorio	AG231295	AG231296	AG231297	AG231298
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
F020	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	0.890	0.835	0.840	0.895	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 07 de Noviembre de 2023



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de pareabilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230527

**CLIENTE** Razón Social : \*REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023\*  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230417

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 03/Noviembre/2023  
 Fecha de análisis : 03 de Noviembre - 10 de Noviembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	03/11/2023	03/11/2023	03/11/2023	03/11/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	09:40	09:45	10:00	10:10
					Código del Laboratorio	AG231361	AG231362	AG231363	AG231364
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
FG20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	3.295	1.390	3.265	1.315	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	3.0	< 1.0	3.3	1.1	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

\*Fin del Informe de Ensayo\*

Huaraz, 10 de Noviembre de 2023



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CCP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230531

**CLIENTE** Razón Social : 'REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023'  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncay Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref/Condición : Cadena de Custodia CC230421

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia: : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 07/Noviembre/2023  
 Fecha de análisis : 07 de Noviembre - 14 de Noviembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	07/11/2023	07/11/2023	07/11/2023	07/11/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	11:00	11:05	11:10	11:20
					Código del Laboratorio	AG231363	AG231364	AG231365	AG231366
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.110	0.330	0.935	0.870	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	1.5	< 1.0	1.6	< 1.0	

<sup>1</sup>Datos proporcionados por el cliente

'Fin del Informe de Ensayo'

Huaraz, 14 de Noviembre de 2023



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CCP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230563

**CLIENTE** Razón Social : 'REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023'  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230452

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 17/Noviembre/2023  
 Fecha de análisis : 17 de Noviembre - 26 de Noviembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestra <sup>1</sup>	17/11/2023	17/11/2023	17/11/2023	17/11/2023
					Hora de muestra <sup>1</sup>	10:20	10:25	10:35	10:40
					Código del Laboratorio	AG231497	AG231498	AG231499	AG231500
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
FO20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.465	0.695	1.400	1.090	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	1.0	

<sup>1</sup>Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 26 de Noviembre de 2023

"Fin del Informe de Ensayo"



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este Informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230575

**CLIENTE**  
 Razón Social : REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA**  
 Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230464

**MUESTREO**  
 Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO**  
 Fecha de recepción : 21/Noviembre/2023  
 Fecha de análisis : 21 de Noviembre - 28 de Noviembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	21/11/2023	21/11/2023	21/11/2023	21/11/2023
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	11:10	11:15	11:20	11:25
					Código del Laboratorio	AG231544	AG231545	AG231546	AG231547
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>									
FQ									
FQ20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0,010	0,870	0,810	1,065	0,965	
<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>									
NU									
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1,0	1,2	< 1,0	1,2	< 1,0	

<sup>1</sup> Datos corroborados con el cliente

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 28 de Noviembre de 2023



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirigidas se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO AG230599

**CLIENTE** Razón Social : "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023"  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Humedal Tratada<sup>1</sup>  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Humedal de flujo horizontal y vertical - Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará<sup>1</sup>  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230479

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 27/Noviembre/2023  
 Fecha de análisis : 27 de Noviembre - 30 de Noviembre/2023  
 Cotización N° : CO230368

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA				
					Código del cliente	HH - E	HH - S	HV - E	HV - S
					27/11/2023	27/11/2023	27/11/2023	27/11/2023	
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	11:12	11:10	11:05	11:15
					Código del Laboratorio	AG231612	AG231613	AG231614	AG231615
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
FO20	Fosfato	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	Vanadatomolibdato	0.010	1.150	0.930	1.140	0.910	
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES								
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	
NU06	Nitrógeno Total	mg/l N	Digestión Koroleff, nitrospectral (	0.5	5.1	4.9	5	4.5	

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 30 de Noviembre de 2023

"Fin del Informe de Ensayo"



Dr. Mario Leyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CCP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.  
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO CS2300011

**CLIENTE** Razón Social : "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023"  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian  
**MUESTRA** Producto declarado : Muestra de Suelo  
 Matriz : Suelo  
 Procedencia : Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230012  
**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica  
**LABORATORIO** Fecha de recepción : 16/Agosto/2023  
 Fecha de análisis : 16 de Agosto - 23 de Agosto/2023  
 Cotización N° : CO2300390

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	SUE - HH
FQS	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO EN SUELOS					
FQS18	Fosfato	mg/kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Vanadatomolibdato	0.5	36.66	35.13
NUS	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN SUELOS					
NUS04	Nitratos	mg/kg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	48.48	35.71

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 23 de Agosto de 2023



Dr. Mario Loyva Collas  
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### INFORME DE ENSAYO CS230019

**CLIENTE** Razón Social : "REMOCIÓN DE NITRATO Y FOSFATO EN AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON ZANTEDESCHIA AETHIOPICA EN HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL Y VERTICAL, TUYU RURI - MARCARÁ - 2023"  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Camilo Oncoy Christian  
**MUESTRA** Producto declarado : Muestra de Suelo  
 Matriz : Suelo  
 Procedencia : Centro Experimental Tuyu Ruri - Marcará  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC230020  
**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica  
**LABORATORIO** Fecha de recepción : 22/Noviembre/2023  
 Fecha de análisis : 22 de Noviembre - 29 de Noviembre/2023  
 Cotización N° : CO230390

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	HV
FQS	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO EN SUELOS					
FQS18	Fosfato	mg/kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Vanadatomolibdato	0.5	38.1	29.6
NUS	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN SUELOS					
NUS04	Nitros	mg/kg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral	1.0	923.3	925.7

Huaraz, 29 de Noviembre de 2023

"Fin del Informe de Ensayo"

  
 Dr. Mario Leyva Collas  
 Director del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.  
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.