



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con
Chrysopogon zizanioides para el tratamiento de aguas grises en la urbanización
El Cóndor-Callao, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Vargas Rubio, Ronald Andre (ORCID: [0000-0002-5217-8623](https://orcid.org/0000-0002-5217-8623))

ASESOR:

Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (ORCID: [0000-0003-2526-112X](https://orcid.org/0000-0003-2526-112X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA — PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi familia, especialmente a mis padres por darme el apoyo, comprensión y motivación para concluir con este reto de culminar exitosamente mi carrera profesional.

A Dios por darme la oportunidad de seguir adelante, poder lograr cumplir mis objetivos y ser la luz que alumbra mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la institución César Vallejo por haber aportado su infraestructura de calidad y los buenos docentes que han contribuido con sus conocimientos para formarme profesionalmente.

Al Dr. Valverde Flores Jhonny Wilfredo, por habernos aconsejado y enseñado a concluir satisfactoriamente nuestro trabajo de investigación. Además, a mis compañeros por ser parte de este proceso tan importante para nosotros.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	26
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	26
3.2. Población, muestra y muestreo:.....	28
3.2.1. Población:.....	28
3.2.2. Muestra:.....	28
3.2.3. Muestreo:.....	28
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	29
3.4. Procedimientos:.....	31
3.5. Método de análisis de datos.....	50
3.6. Aspectos éticos.....	52
IV.RESULTADOS.....	53
V. DISCUSIÓN.....	61
VI. CONCLUSIONES.....	65
VII. RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS.....	67
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía de la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i> (Vetiver)	23
Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	29
Tabla 3: Valoración de expertos.....	30
Tabla 4: Ubicación geográfica.	31
Tabla 5: Valores calculados para el THR con base a las concentraciones máximas de parámetros de diseño y temperatura críticas registradas.....	38
Tabla 6: Calcular la pendiente para una sección rectangular.	39
Tabla 7: Materiales para la construcción del HAFV	41
Tabla 8: ECA´s para agua- Categoría 3: Riego de vegetales (D1)	50
Tabla 9: Parámetros físicos pre (antes), durante y post (después) tratamiento	53
Tabla 10: Parámetros químicos pre (antes), durante y post (después) tratamiento	54
Tabla 11: Comparación de las concentraciones de los parámetros físicos y químicos del pre, durante, post-tratamiento y ECA'S.....	55
Tabla 12: Prueba de normalidad para SST pre-tratamiento y SST post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	56
Tabla 13: Prueba de T- Student para SST pre-tratamiento y SST post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	57
Tabla 14: Prueba de normalidad para turbidez pre-tratamiento y turbidez post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	57
Tabla 15: Prueba de T- Student para la turbidez pre-tratamiento y la turbidez post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	57
Tabla 16: Prueba de normalidad para DBO ₅ pre-tratamiento y DBO ₅ post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	58
Tabla 17: Prueba de T- Student para DBO ₅ pre-tratamiento y DBO ₅ post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	58
Tabla 18: Prueba de normalidad para DQO pre-tratamiento y DQO post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	59
Tabla 19: Prueba de T- Student para DQO pre-tratamiento y DQO post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	59
Tabla 20: Prueba de normalidad para Detergentes pre-tratamiento y Detergentes post-tratamiento- Humedal artificial con la especie <i>Chrysopogon zizanioides</i>	59

Tabla 21: Prueba de T- Student para Detergentes pre-tratamiento y Detergentes post-tratamiento- Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.....60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: humedal artificial de flujo superficial	18
Figura 2: humedal artificial de flujo superficial horizontal.....	19
Figura 3: Humedal artificial de flujo vertical.....	20
Figura 4: Vistas alzado y planta del humedal artificial de flujo vertical	20
Figura 5: vista perfil y afluente y efluente.....	21
Figura 6: comparación entre hierba luisa (A) y Vetiver (B).....	22
Figura 7: Ubicación de la vivienda.....	31
Figura 8: Lugar donde se realizará la construcción.....	40
Figura 9: Distribución del sustrato.....	43
Figura 10: Distribución de las plantas.....	44
Figura 11: Diagrama de Tratamiento aguas grises en el humedal artificial de flujo vertical en días.....	46
Figura 12: Diagrama de muestreo.....	48

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización “El Condor”, Callao 2021. La investigación fue de tipo aplicada, de diseño experimental y nivel explicativo. Se analizaron tres muestras en siete tiempos diferentes, la cual para dos muestras se realizaron tres repeticiones cada una de ellas. Para el tratamiento de aguas grises se realizó mediante un humedal artificial de flujo de vertical (HAFV) con medidas de 2 metros de largo, 1,6 metros de ancho y 50 centímetros de profundidad o altura en un tiempo total de 13 días, con la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* también llamada comúnmente Vetiver. Los resultados en el pre-tratamiento fueron de 820 mg/L, 167 UNT, 367,5 mg/L, 1138 mg/L y 83,290 mg/L, en el post-tratamiento los resultados promedios fueron de 9,7 mg/L, 52 UNT, 58,3 mg/L, 187,7 mg/L y 0,025 mg/L; obteniendo los siguientes porcentajes de remoción 99,39%, 99,40%, 98,80%, 97,81% y 99,97% para SST, Turbidez, DBO₅, DQO y Detergentes respectivamente. Finalmente, se concluyó que la utilización de esta tecnología es un método eficiente para remover los contaminantes establecidos presentes en las aguas grises, ya que al compararlo con los Estándares de calidad ambiental de agua para riego de vegetales (categoría 3: D1), los valores están por debajo de los establecidos.

Palabras claves: humedal, flujo vertical, aguas grises, *Chrysopogon zizanioides*

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the efficiency of a vertical flow artificial wetland with *Chrysopogon zizanioides* for the treatment of gray water in a house located in the “El Condor” urbanization, Callao 2021. The research was applied, experimental design and explanatory level. Three samples were analyzed at seven different times, which for two samples were performed three repetitions each. For the treatment of gray water, it was carried out using an artificial vertical flow wetland (HAFV) with measurements of 2 meters long, 1.6 meters wide and 50 centimeters deep or high in a total time of 13 days, with the plant species *Chrysopogon zizanioides* also commonly called Vetiver. The results in the pre-treatment were 820 mg/L, 167 UNT, 367.5 mg/L, 1138 mg/L and 83,290 mg/L, in the post-treatment the average results were 9.7 mg/L , 52 UNT, 58.3 mg/L , 187.7 mg/L and 0.025 mg/L; obtaining the following removal percentages 99.39%, 99.40%, 98.80%, 97.81% and 99.97% for SST, Turbidity, BOD5, COD and Detergents respectively. Finally, it was concluded that the use of this technology is an efficient method to remove the established pollutants present in gray water, since when compared with the Environmental quality standards of water for irrigation of vegetables (category 3: D1), the values they are below the established ones.

Keywords: wetland, vertical flow, gray water, *Chrysopogon zizanioides*

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional tiene un impacto significativo en tiempos actuales, debido al incremento de las actividades industriales y domésticas teniendo como consecuencia, la generación de aguas residuales que son vertidos directamente a diversos cuerpos receptores como lagos, ríos, mares, entre otros. Según la UNESCO (2015), la utilización del recurso hídrico se va incrementando en proporción inversa con la cantidad de agua disponible. Los más de 7 000 000 000 de ciudadanos, ya se han apoderado del 50% del agua dulce en ríos, lagos y acuíferos. Por lo que, se estima que el consumo del recurso Hídrico se incrementara en un 70% para el año 2025. Es por ello que se utiliza PTAR (plantas de tratamiento de aguas residuales), pero a causa de su elevado consumo del recurso energético y los altos costos para lograr su mantenimiento no es rentable.

Latinoamérica es uno de los territorios con una mayor cantidad de ecosistemas más diversos del planeta donde un gran porcentaje de la población viven en grandes ciudades, por desgracia no hay un método adecuado para recuperar el recurso hídrico residual domésticas teniendo como consecuencia la contaminación de fuentes de agua naturales, según el Banco Mundial (2013), confirma que en la realidad es aún más difícil recuperar a causa del 70% de las aguas residuales de América latina que no han pasado por ningún proceso de tratamiento. Extraemos el agua, la utilizamos y la reintegramos a los ríos contaminados en su totalidad [...], Humildemente, varias metrópolis importantes de América latina como Buenos Aires, Tegucigalpa, San Pablo o Asunción están esforzándose en encontrar resultados totales al mal manejo y distribución de este recurso hídrico contaminado para así evitar que los contaminantes modifiquen el estado natural de los cuerpos de aguas importantes como los ríos.

En el Perú se realizó una investigación por ANA (Autoridad Nacional de Agua) acerca de la realidad actual en el sector del recurso hídrico, siete millones de pobladores de nuestra nación no disponen de agua apta para el consumo humano; un nivel mayor del 80% abarca la cobertura de agua apta para el consumo humano [...]. Esta investigación determina también mediante registros realizados en el año 2009, mencionan que 786 millones de m³ (MMC) de Aguas Residuales Domésticas

(ARD), 511 MMC se hallaban sin ningún tipo de tratamiento, estos números pertenecen respectivamente a la capital y en la provincia constitucional Callao 325 MMC. De un total de 143 PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales), solo 4,9% (7 plantas) estaban funcionando en óptimos niveles.

Es por ello, en nuestra sociedad la generación de aguas residuales en los hogares es un problema ambiental relevante, ya que estas son dispuestas inadecuadamente causando una modificación en las propiedades naturales de los cuerpos receptores. Se pudo observar a la población de la urbanización El Cóndor vertiendo sus aguas grises (en adelante A.G) directamente al suelo, jardines o alcantarillado; este recurso contaminado no tiene ningún tipo de tratamiento tanto natural o artificial, generando contaminación al ambiente

Estas acciones que realizan los ciudadanos, es por falta de conocimiento sobre la implementación de un sistema de tratamiento adecuado para las aguas grises producidas en sus hogares; debido a la mala calidad de este recurso hídrico se generan alteraciones a las propiedades del suelo por impactos significativos negativos asociados principalmente a la dispersión de agregados a causa de la acumulación de sodio, así mismo provoca la proliferación de vectores infecciosos (moscas, mosquitos, etc.) por la generación de charcos, además de la modificación de propiedades hidrodinámicas de los suelos ocasionada por la acumulación de surfactantes, también generan malos olores y el deterioro de la apariencia física de los cuerpos receptores (suelo y plantas).

Dado a esta problemática, la presente investigación se enfocó en la evaluación de la eficiencia al momento de reducir las concentraciones de los parámetros físicos y químicos para cumplir con la categoría 3-D1: Riego de vegetales de los ECA's para agua, por lo cual se propuso el tratamiento de muestras de A.G. mediante el diseño y la implementación de un humedal artificial de flujo vertical (en adelante HAFV) con la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* conocido como vetiver.

Volver a utilizar las A.G. es relevante ya que es un componente importante para las diversas actividades sustentables; existen demasiadas ventajas como el reemplazo de las A.G en vez de agua potable para riego de vegetales, además reducir el

manejo de agua potable desde el 16% al 40%, dependiendo del lugar donde se realice la actividad y el diseño del sistema. (Allen, 2015)

Las muestras se tomaron en una vivienda ubicada en la calle Los Mirlos, perteneciente en la urbanización El Cóndor, con el fin de reutilizar las A.G. tratadas para riego de áreas verdes. Es por eso, que esta propuesta fue económicamente viable, mediante la selección de materiales que se utilizaron en la construcción del HAFV de acuerdo a su diseño, por consiguiente, estos componentes no tuvieron un alto costo, por otro lado, el investigador corrió con todos los gastos de los análisis de las muestras.

De acuerdo con lo expresado, el presente trabajo de investigación se planteó la siguiente **pregunta general** ¿Cuán eficiente será un humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021? Acompañada de las siguientes **preguntas específicas** ¿Qué niveles de sólidos suspendidos totales y turbidez se presentan en el pre, durante y post tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021?, además ¿Qué niveles de DBO₅, detergentes y DQO se presentan en el pre, durante y post tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021? Finalmente, ¿Los niveles de parámetros físicos y químicos en el post-tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 permitirán su uso como agua de riego?

La justificación de la presente investigación se sustentó en tres ámbitos importantes: La **justificación teórica** se basó en la recopilación y análisis de una serie de estudios y documentos sobre la depuración de aguas grises generadas por las actividades domésticas empleando un humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides*, de manera que se buscó generar un aporte y ayuda a investigadores con una información actualizada. Así mismo en la **justificación metodológica** para esta investigación experimental, se dio mediante la aplicación de instrumentos validados por 3 expertos especializados en el tema para la recolección de información sobre el tratamiento de aguas grises, así como el método que se utilizó para evaluar la eficiencia del humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides* al momento de reducir los

contaminantes. La **justificación práctica** se realizó mediante trabajo de campo en una vivienda ubicada en la urbanización “El Cóndor” se utilizó materiales para la recolección de las muestras que se analizaron en el laboratorio para conocer la eficiencia de remoción de contaminantes al tratar las aguas grises mediante el HAFV con vetiver.

Esta clase de tratamiento simula el proceso de un humedal natural, además este método artificial no requiere de aditivos para lograr un óptimo rendimiento al momento de tratar las aguas residuales domésticas. Permitiendo así que este proyecto de escala piloto sea realizado dentro de un domicilio en la calle Los Mirlos perteneciente a la urbanización El Cóndor, logrando reutilizar las A.G. tratadas para riego de áreas verdes, compactar el suelo y así evitar el levantamiento de polvo y otras consecuencias ya mencionadas. Los beneficios sobre el tratamiento de A.G. traería cambios positivos, debido a que la Urbanización el Cóndor cuenta con una asociación provivienda que es parte de la municipalidad del Callao, por lo que el investigador se contactara con dicha asociación al momento de culminar la presente investigación para dar a conocer los resultados y así proponer a través de una presentación audiovisual ante la junta vecinal sobre la implementación de este sistema de tratamiento, adecuándolas a las condiciones de las viviendas que pertenecen a dicha urbanización, de ser aprobatoria la recepción de los resultados de la presente investigación, se procederá a replicar esta experiencia con la participación de familias voluntarias, por lo cual se realizaran campañas de concientización sobre las aguas grises y su posible tratamiento, esto traería un beneficio social, ya que, supondría un ahorro económico para los pobladores de la calle “Los Mirlos”, debido a que se podría reducir su tarifa de agua que pagan mensualmente, puesto que no es necesario utilizar agua potable que viene directo de las cañerías como agua de riego si no sería las A.G. tratadas que cumplen con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: ECA’s del agua (categoría 3-D1) (**ver Anexo 09**). Aunque los vecinos tendrían que invertir primero en la edificación del HAFV.

Para poder lograr las metas trazadas en el presente trabajo de investigación, se propuso como **objetivo general**, Evaluar la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas grises en

una vivienda ubicada en la urbanización “El Cóndor”, Callao 2021. Los **objetivos específicos** fueron; determinar los niveles de sólidos suspendidos totales y turbidez que presentan las aguas grises pre, durante y post-tratamiento en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021, además determinar los niveles de DBO₅, detergentes y DQO que presentan las aguas grises pre, durante y post-tratamiento en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021, finalmente, determinar si los niveles de los parámetros físicos y químicos en el post-tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 permitirán su uso como agua de riego.

Las hipótesis correspondientes para los objetivos tanto general y específicos son, la **hipótesis general** se ha planteado si El humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* será eficiente para el tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización “El Cóndor”, Callao 2021. Acompañada de **hipótesis específicas** como, Los niveles de sólidos suspendidos totales y turbidez que presentan las aguas grises pre, durante y post-tratamiento en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 presentarán una reducción del 92% y 95%, respectivamente, además los niveles de DBO₅, detergentes y DQO que presentan las aguas grises pre, durante y post-tratamiento en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 presentarán una reducción del 75%, 50% y 70%, respectivamente, finalmente, Los niveles de los parámetros físicos y químicos en el post tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 si permitirán su uso como agua de riego.

II. MARCO TEÓRICO

Basándonos en trabajos previos a nivel internacional sobre el tratamiento de Aguas residuales domésticas mediante un humedal artificial de flujo vertical, obtuvimos que:

Para S. Kantawanichkul, *et al.* (1999), cuya investigación tuvo como objetivo la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales por *Vetiveria zizanioides* Nash y *Cyperus flabettiformis* Rottb. La metodología utilizada consiste en una guía de diseño del sistema y diseño experimental, además los materiales utilizados son el acrílico y tubos; los parámetros analizados fueron el DQO, SS, TKN, NHS-N, N. Según los resultados, el porcentaje de remoción de DQO era de un 90% a una tasa de carga orgánica baja (55 kg de DQO/ha.d), aumentaron en un factor de dos, la eficiencia de eliminación se redujo del 90% al 80% para el primero y del 76% para el segundo, de la concentración total de nitrógeno orgánico y amoniaco (TKN) fue del 88% y se redujo al 85% cuando aumentó la tasa de carga hidráulica, además se redujo al 81% cuando la concentración de DQO aumentó en un factor de dos, la remoción de N-hidroxisuccinimida (NHS-N) fue del 89%, 87% y 83% en cada experimento, el TKN y NH₄-N en el efluente fueron menos de 5 mg/l para los dos primeros experimentos y menos de 10 mg/l para el último experimento como resultado de una mayor concentración en el afluente, el nitrato aumentó de 1,5 a 39 mg /l y de 0,6 a 15,5 mg/l a una tasa de carga hidráulica de 18 y 36 mm/d, respectivamente, Cuando la tasa de carga hidráulica se mantuvo en 18 mm/d, pero la DQO aumentó a 600 mg/l, el nitrato aumentó de 2.9 en el afluente a 48 mg/l en el efluente, la eficiencia de remoción estuvo en el rango de 92-93%. La concentración de sólidos en suspensión en el efluente fue de menos de 5 mg/l en promedio, la eliminación de fósforo fue baja, 32-52%.

Para Prochaska, C. A., Zouboulis, A. I. y Eskridge, K. M. (2007), cuya investigación tuvo como objetivo identificar los efectos de los principales factores operativos sobre el rendimiento de los humedales artificiales de flujo vertical a escala piloto (VFPCW) se examinaron en experimentos paralelos. La metodología utilizada consiste en el alcance de las pautas, requisitos de pretratamiento, operación y diseño del sistema, además de un sistema estándar para un solo hogar de 5 PE, sistema de distribución, recirculación de efluentes, plantando, sistemas mayores de

5 PE, eliminación de fósforo y requisitos de gestión. Según los resultados hubo una alta remoción de DQO (más del 92%), una eficiente nitrificación (más del 60% de TN se transformó en NO_3^- -N) y la adición de dolomita en el sustrato no afectó significativamente la eliminación total de fósforo, que se mantuvo en el rango de 39 a 64%. Los resultados obtenidos en el presente estudio no se pudieron aplicar directamente a un humedal a gran escala, debido a las dificultades y problemas relacionados con la aplicación de aguas residuales sintéticas en lugar de reales y al período de funcionamiento bastante corto de un año, pueden proporcionar una fuerte indicación de que VFCW con un área de $6,3 \text{ m}^2 \text{ PE}^{-1}$. Con respecto a la desnitrificación, la recirculación adecuada de efluentes puede ser una opción simple, que se espera que maximice el rendimiento del tratamiento de los humedales. La adición de dolomita en el sustrato principal de la mitad de los humedales examinados no mejoró significativamente la eliminación general de fósforo.

Para Valencia (2019), cuya investigación tuvo como objetivo reducir la concentración de parámetros químicos producidos por el Instituto de Investigación de Suelos CENTA a través de la instalación de un sistema de saturación vegetal (humedal artificial) con el objetivo de tener un leve impacto en el medio ambiente. La metodología utilizada consiste en la ubicación del estudio, selección de los tipos de plantas que se utilizaran, recolección de las especies vegetales y establecimiento de vivero, construcción del humedal artificial, recolección de la muestra, pre-tratamiento del agua residual, análisis de parámetros, metodología analítica y análisis de suelo. Los parámetros analizados fueron: Cloruros, sulfatos, sodio, DQO, cromo, fosfatos, SST y metales totales como resultado se obtuvo un porcentaje de reducción promedio de 60% para todos los parámetros mencionados. Se concluyó que se logró altas tasas de remoción y algunos parámetros como el sulfato y el hierro se mantuvieron con valores elevados. Se recomienda realizar más investigaciones utilizando humedales artificiales y otros tratamientos para estos contaminantes.

Para Jun-jun Chang, et al. (2013), cuya investigación tuvo como objetivo Investigar las remociones de nitrógeno de las aguas residuales cargadas de nitratos utilizando dos sistemas de humedales construidos de flujo vertical integrados (IVCW)

replicados a escala piloto. La metodología utilizada consiste en la configuración y procedimiento experimentales, características de las aguas residuales, análisis de la calidad del agua, análisis cinético y análisis estadístico. Según los resultados las remociones de nitrógeno moderadas con eficiencias de remoción promedio de 56.2% y 55.1%, tasas de remoción de masa de $762.1 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y $819.7 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para nitrato y TN, respectivamente, con una relación COD:N de influente relativamente baja de 1,67. Se lograron remociones efectivas de nitrógeno en los IVCW con DQO de entrada: N, las eficiencias de remoción de nitrógeno variaron con las estaciones, y el orden fue: verano > otoño > primavera > invierno, las constantes de la tasa de remoción de nitrato y TN se correlacionaron significativamente con la temperatura del agua efluente (positivamente) y concentración de DO (negativamente) y las remociones de nitrógeno podrían predecirse basándose en modelos con la temperatura del agua efluente, el valor de pH y la conductividad como parámetros.

Para Juan Huang, et al. (2020), cuya investigación tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de eliminación de fósforo, la actividad enzimática y la dinámica de la población microbiana en humedales artificiales (H.A.). La metodología utilizada consiste en la preparación de suspensión de nanopartículas de plata, configuración y funcionamiento de los HA, aguas residuales sintéticas, métodos analíticos, extracción de ADN y secuenciación de alto rendimiento y análisis estadístico; los parámetros analizados: fósforo, la actividad enzimática y la dinámica de la población microbiana en humedales artificiales. Según los resultados la exposición a corto plazo (0-90 días) de Nanopartículas de plata (AgNP) inhibió evidentemente la eliminación de fósforo con una eficiencia de eliminación de fósforo total (TP) del 75% (HA1-3) reduciéndose a $55,70\% \pm 5,46\%$ en HA2 ($50 \mu\text{g} / \text{L}$) y $50,62\% \pm 4,41\%$ en HA3 ($200 \mu\text{g} / \text{L}$), después del día 330, las tasas de eliminación de TP se recuperaron gradualmente y mantuvieron la estabilidad con una eficiencia de eliminación de $77,30\% \pm 8,06\%$ en CW1, $77,15\% \pm 6,30\%$ en CW2 y $80,39\% \pm 6,11\%$ en CW3, respectivamente.

Para Alireza Valipoura, V. Kalyan Ramanb y V.S. Gholea. (2009), cuya investigación tuvo como objetivo desarrollar un nuevo enfoque para el sistema de humedales de flujo horizontal (denominado bio-rack) para el tratamiento de aguas

residuales domésticas. La metodología utilizada consiste en la configuración de la planta piloto (sistema de humedales bio-rack), plantación, muestreo y análisis y determinación del aspecto morfológico; los parámetros analizados fueron: temperatura, pH, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, oxígeno disuelto, cloruros, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, amoníaco nitrógeno y fosfato. Según los resultados con un tiempo óptimo de retención hidráulica de 10 h, se redujo aproximadamente 75,15% DQO, 86,59% DBO₅, 27,54% SDT, 73,13% SST, 8,86% cloruros, 70,22% NH₃-N, 31,71% PO₄-P y 92,11% número más probable (MPN) logrado en sistema bio-rack. Los estudios destacan el rendimiento de un sistema de humedales mejorado utilizando un bio-rack. El sistema bio-rack es capaz de contener la vegetación y también proporcionar una superficie eficiente para que crezca la población microbiana. Una de las características significativas del sistema es la presencia de un número de tubos verticales con perforaciones y ensamblados a modo de rack, denominado bio-rack. Este sistema de humedales bio-rack es diferente del sistema convencional donde se coloca tierra, arena, piedra, etc. para formar la zona de raíces. El sistema de bio-rack elimina todas las desventajas del sistema de zona de raíces convencional, a saber, asfixia, obstrucción, transferencia de masa lenta, etc. El sistema de humedal de bio-rack requiere poco espacio, baja inversión de capital y, lo más importante, una alta tasa de degradación orgánica a menor tiempo de retención hidráulica (HRT).

Para Gideon P. Winwarda, et al. (2008), cuya investigación tuvo como objetivo Investigar la presencia de patógenos comunes en aguas grises y comparar el rendimiento de eliminación de patógenos de las principales tecnologías de tratamiento de contendientes. La metodología utilizada consiste en utilizar tecnologías de tratamiento de aguas grises y análisis de las muestras de aguas grises y efluentes tratados; siendo los parámetros analizados: Turbidez, SST, DQO y DBO₅ y los sustratos fueron: medios de mezcla de arena, suelo y compost. Según los resultados fue la eliminación de DBO₅ del 86% o más, con concentraciones de DBO efluente de 3 mg/l o menos, el lecho de juncos fue operado en flujo vertical (VFRB) y sistema de reciclaje de agua de lecho verde (GROW) también dieron una alta eliminación de sólidos en suspensión del 90% o más, el lecho de juncos se hizo funcionar en flujo horizontal (HFRB) fue 69% de eliminación de sólidos en

suspensión, los efluentes de los sistemas GROW, reactor químico de membrana (MCR) y biorreactor de membrana (MBR) tuvieron los valores de turbidez más bajos, menos de 1 NTU, la turbidez de los dos efluentes del lecho de juncos fue considerablemente mayor a 8.1 y 16.9 NTU para el VFRB y HFRB, respectivamente, las remociones de DBO por HFRB y GROW se redujeron en condiciones de influencia de alta resistencia al 75 y 68%, respectivamente, VFRB y MBR mantuvieron elevadas eliminaciones de DBO de 97 y 99%, respectivamente, los efluentes VFRB y MBR mostraron sólo pequeños aumentos en la concentración de DQO de 10 y 6 mg/l, HFRB y GROW, que tenían valores de DQO 95 y 140 mg L⁻¹ más altos que cuando se trataba el agua gris de baja concentración, el efluente MCR mostró aumentos en DBO₅, DQO Y la turbidez del GROW aumentó de 0.8 NTU a baja fuerza a 28,8 NTU a alta resistencia. La turbidez MBR se mantuvo sin cambios en 0,2 NTU.

Para M.Y. Sklarz*, A. Gross*, A. Yakirevich, M.I.M. Soares. (2007), cuya investigación tuvo como objetivo aplicar un humedal artificial de flujo vertical recirculante (RVFCW) un sistema descentralizado a pequeña escala, al tratamiento de aguas residuales domésticas, modificándolo, cuando sea necesario, para producir efluentes que se ajusten a las regulaciones israelíes para el riego de paisajes urbanos. Métodos utilizados como los Humedales artificiales, fuente de agua gris, muestreo y análisis estadístico. Según los resultados reducen el SST, en promedio, en aproximadamente un 90%, de 90 a 10 mg/L, DBO₅ en un 95%, en promedio, de 120 a 5 mg /L, DQO en un promedio del 84%, de 270 a 40 mg/L, los niveles de amoníaco cayeron de un promedio de 37 mg NL, los resultados mostraron que el 80% de la turbidez y el 75% de la DQO se eliminaron dentro de la primera hora y casi el 95% del amoníaco se convirtió en nitrato en 5 h. Los efluentes del RVFCW fueron de alta calidad incluso cuando se operaron sin el componente suelo-planta del lecho, y cumplieron con las regulaciones israelíes para el riego de paisajes urbanos.

Para KARATHANASIS, A.D., C.L. Potter, M.S. (2003), cuya investigación tuvo como objetivo comparar la eficiencia de los sistemas de humedales de monocultivo y policultivo sin vegetación y con vegetación. La metodología utilizada consistió en la evaluación de 12 humedales subterráneos, geolocalización de 4 zonas de

estudio, la siembra de las especies vegetales, realización del monitoreo, los parámetros analizados fueron: coliformes fecales (CF), estreptococos fecales (SF), DBO₅ y SST. Teniendo un resultado de remoción de un 93% para las bacterias fecales, 75% (DBO₅) y 88% (SST). Se concluyó, los sistemas de policultivo proporcionan el mejor y más consistente tratamiento para todos los parámetros de las aguas residuales.

Para Larriva, J. y González Orestes. (2017), cuya investigación tuvo como objetivo caracterizar los patrones de flujo de los humedales subterráneos, con base en evidencia rastreable y la aplicación de términos conocidos de otros sistemas de biorremediación. La metodología utilizada consistió en la utilización de tres reactores, la recolección de agua a través de un tubo PVC, pruebas de trazados y la tabulación de datos. Los materiales fueron: tres reactores, grava de 18 a 25 mm y tubos PVC. Se registraron los datos obtenidos durante y después del tratamiento al realizar 16 pruebas, con la finalidad de observar la remoción del DBO₅ en los 4 reactores, los tiempos de retención hidráulica (TRH) entre 3, 4 y 5 días son necesarios para lograr una mayor eficiencia al momento de reducir el DBO₅. Se concluyó que es importante identificar que diseño de humedales artificiales se va a utilizar.

Morales, M y Castellanos, L. (2018), cuya investigación tuvo como objetivo rediseñar un modelo de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales y reutilizarlo en plantas de la Universidad Católica de Colombia. La metodología utilizada consistió en la FASE I: Realizar la evaluación del humedal que se encuentra en el laboratorio de la Universidad Católica de Colombia, FASE II: Generar la investigación de los diferentes humedales artificiales desarrollados en otras ciudades y modelos didácticos y la FASE III: Se realiza los ensayos correspondientes. Los parámetros analizados pH, conductividad, resistividad, turbiedad, salinidad, oxígeno, porcentaje de oxígeno, SDS, alcalinidad y temperatura. Según los resultados la remoción en el prototipo 1 y prototipo 2 del pH es del 2,3% y 1,8% respectivamente, para la conductividad eléctrica es del 20% y 93.42% respectivamente, la resistividad es del 75% para los dos casos, turbiedad es del 92.31% y 50% respectivamente, salinidad se evidencia un aumento lo cual puede generar un marchitamiento en las plantas, oxígeno disuelto es del 16.67% y

12,5% respectivamente, porcentaje de oxígeno es del 10% y 9,09% respectivamente, SDS es del 20.39% y 92.93% respectivamente, no hay variación en la temperatura, alcalinidad es del 48% en los 2 casos, concluyendo que la utilización de humedales artificiales como mecanismos de depuración de agua son eficientes y ayudan a la reducción de distintos microorganismos presentes en el agua.

Para Morales, Gabriela et al. (2013), cuya investigación tuvo como objetivo es realizar una revisión de la literatura que muestra la viabilidad de utilizar humedales artificiales de flujo superficial plantados con especies ornamentales para eliminar la materia orgánica y los nutrientes de las aguas servidas. La metodología utilizada fue revisión bibliográfica de humedales construidos de flujo subsuperficial, la eliminación de materia orgánica y nutrientes en humedales artificiales y plantas ornamentales utilizadas en humedales construidos. Los parámetros que se tomaron en cuenta para la revisión bibliográfica fueron: DBO, nutrientes, NT y PT; obteniendo como resultado 70%, 93%, 45% y 73% respectivamente. En conclusión, los humedales construidos con plantas ornamentales pueden realizar un tratamiento de las aguas servidas en condiciones similares a las presentadas por plantas comunes.

Para Gonzales, B. (2012), cuya investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de un humedal artificial a escala piloto para eliminar la materia orgánica de las aguas residuales de despulpado del beneficiado húmedo del café bajo dos tiempos de retención hidráulica. La metodología utilizada consistió la construcción del humedal artificial, además de su diseño, establecimiento del humedal artificial piloto y adaptación de la especie vegetal, caudal y tiempos de retención hidráulica, y lavado del soporte, alimentación y operación del humedal artificial, muestreo y evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los parámetros analizados fueron: OD, T^o, CE, pH, DQO, DBO₅, NTK, PT, CT y CF, teniendo como resultado de la eficiencia de remoción un 90% (DQO), DBO₅ (40%), NT (83%), PT (97%), CT (88%) Y CF (89%). Se concluyó que el sistema es altamente eficiente en la remoción de los contaminantes presentes en el agua residual de despulpado de café.

Para Moreno, J. y Rangel, J. (2018), cuya investigación tuvo como objetivo es la evaluación de la remoción de materia orgánica en un prototipo de humedal artificial de escorrentía subterránea horizontal prototipo donde se plantó previamente un sistema de *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de agua residual en una vivienda rural en el municipio de Floridablanca. La metodología utilizada consiste en cuatro fases, en la FASE I: Aplicación de humedales artificiales con pasto de *Chrysopogon zizanioides* que tengan en cuenta las relaciones geométricas, FASE II: Evaluación de la capacidad de eliminación de materia orgánica basada en la estructura de los humedales, FASE III: Comparación del crecimiento de plantas *Chrysopogon zizanioides* con la eliminación de materia orgánica y la FASE IV: Determinar la tasa de eliminación de materia orgánica en los humedales artificiales donde se plantó pasto de *Chrysopogon zizanioides*, los parámetros analizados fueron óxido disuelto, DQO, DBO₅, sólidos totales y sólidos volátiles. Según los resultados la remoción del 85% para los parámetros analizados.

Para Rasha Al-Saedi, et al. (2018), cuya investigación tuvo como objetivos comparar la eficiencia de transformación y remoción de N productos en condiciones insaturadas y saturadas en aguas residuales inorgánicas caracterizado por un bajo contenido de componentes orgánicos e identificar el microbiano comunidades que recubren la grava de VFCW (humedal artificial de flujo vertical) en los insaturados y saturados zonas para identificar las vías de eliminación de N más probables. La metodología utilizada consiste en un procedimiento experimental y de muestreo, medidas analíticas y análisis de ADN de células microbianas; los parámetros analizados fueron las concentraciones de compuestos nitrogenados, DBO₅, Temperatura, oxido disuelto, el potencial de reducción de la oxidación y la concentración de iones de hidrogeno. Según los resultados se obtuvo eficiencias de eliminación de nitrógeno total (94% y 93%) para las zonas insaturadas y saturadas respectivamente, además las proteobacterias fueron las cepas bacterianas dominantes involucradas en la transformación de nitrógeno y representaron el 80% del total de bacterias en la zona insaturada y el 60% en la zona saturada. Se concluyó que, con poca diferencia en las eficiencias de remoción de concentración de las zonas insaturadas y saturadas, un diseño más efectivo sería un humedal completamente saturado ya que la remoción total de nitrógeno depende del volumen de agua almacenado, que en la saturación total en este

diseño fue siete veces mayor por unidad de volumen de humedal que la zona no saturada.

Para Osama Abrahiem AL Falahi, et al. (2021), cuya investigación tuvo como objetivo analizar la efectividad del humedal construido con flujo subterráneo vertical a escala piloto (VSSFCW) plantado con *Scirpus grossus* utilizando un sistema de aireación. Los materiales y metodología fueron mediante la construcción de humedales con capacidad 500 mL, se llenaron de grava y arena y se sembraron la especie *S. grossus*, tratamiento del contenido farmacéutico en las aguas residuales domesticas durante 21 días a través de tres experimentos; los parámetros analizados fueron DQO, ibuprofeno y nutrientes. Según los resultados se obtuvo en 5 días de tiempo de retención hidráulica se removió el 99,3% de ibuprofeno, el 88,2% de DQO, el 99,1% amoniaco, el 72,9% de nitrato-nitrógeno y 83,2% de ortofosfato. Se concluyó, se cumplió satisfactoriamente con el Estándar B para efluentes establecido por el gobierno de malasia. Por lo tanto, el humedal artificial de flujo vertical con la especie *S. grossus* se convierte en un método técnicamente factible para tratamiento de aguas residuales que contiene compuestos farmacéuticos.

Para Fida Hussain Lakhp, et al. (2021), cuya investigación tuvo como objetivo evaluar el desempeño del humedal artificial de flujo vertical (VFCW). La metodología utilizada es la construcción de un humedal de flujo vertical y muestreo y análisis; los parámetros analizados fueron DQO, DBO₅, SST, TN y TP. Según los resultados se obtuvo una remoción de 84%, 97%, 92%, 42% y 24% para demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP) respectivamente. Se concluyó, el efluente de VFCW se trató adicionalmente usando una combinación de carbón activado, ultrafiltración, ósmosis inversa e intercambio iónico de lecho mixto, remineralización y desinfección ultravioleta para producir agua potable. Esta agua potable cumplió con los criterios legislativos y se utilizó en el restaurante para beber y limpiar. Como tal, un sistema de agua potable descentralizado sostenible con la reutilización directa de aguas negras se demostró a gran escala.

Para Suhad A.A.A.N. Almuktar y Miklas Scholz (2015), cuya investigación tuvo como objetivo evaluar si las aguas residuales domésticas tratadas por diferentes

humedales pueden reciclarse con éxito para regar cultivos comerciales. Los materiales y métodos son la instalación y operación de humedales artificiales, análisis de la calidad del agua, calidad y análisis de frutos, ensayos microbiológicos de suelos, monitoreo ambiental, hortalizas de fruto seleccionadas y condiciones de crecimiento; los parámetros contaminados fueron DBO₅, nitrato- nitrógeno, pH, SS y relación de adsorción de sodio (SAR). Según los resultados se obtuvo una remoción del 80% DBO₅, se obtuvo un nivel de concentración por debajo de 30 mg/L de nitrato-nitrógeno, el valor de pH estaban adentro del rango normal entre 6.0 y 8.5, El valor más alto para SS se observó para las muestras de aguas residuales tratadas preliminarmente y seguidas del agua de salida obtenida de los Filtros 5 y 3. Por el contrario, los valores más bajos se observaron para el agua del grifo con fertilizante y agua desionizada, seguidos del agua de salida del filtro y los valores de la relación de adsorción de sodio (SAR) para todas las salidas estaban dentro del rango normal entre 0 miliequivalentes por litro (meq/L) y 15 meq/L. Se concluyó, los resultados indican que las macetas de hortalizas que reciben aguas residuales tratadas con humedales pueden considerarse seguras en comparación con las que solo reciben aguas residuales tratadas de forma preliminar.

Además, basándonos en trabajos previos a nivel nacional sobre el tratamiento de Aguas residuales domésticas mediante un humedal artificial de flujo vertical, obtuvimos que:

Para Torres, G. (2017), cuya investigación tuvo como objetivo evaluar el humedal artificial con la planta totora (*Typha domingensis*) en el tratamiento de aguas grises domésticas. La metodología utilizada consistió en la construcción del humedal artificial, selección del cuerpo de agua a estudiar, selección y recolección de *Typha domingensis*, siembra de *Typha domingensis*, humedal en funcionamiento, toma de muestras antes y después del tratamiento, características de desarrollo de la especie *Typha domingensis* y Volumen de agua tratada, los parámetros analizados fueron fosforo, pH, DBO, DQO, SST y turbidez y los materiales fueron: cemento, arena fina, arena gruesa, confitillo, sika impermeabilizante, tuberías de ½ y de 2 pulgadas, fierro 5/8, pegamento y llave reguladora de agua. Según los resultados la remoción del DBO fue 99,92%, del DQO 99,80%, SST 99.62%, Turbiedad 99, 45%, pH 18,13% que es igual a 7,45 y fósforo total (P) fue del 99,8%,

concluyendo, los humedales artificiales con las plantas totora (*Typha dominguensis*) tienen un efecto adecuado en el tratamiento del agua residual doméstica (aguas grises), lo que permite que el agua tratada se reutilice como agua de riego (categoría 3-D1), según los ECA's (estándares de calidad ambiental) y la normativa internacional FAO (organización de las Naciones Unidas para alimentación y la agricultura).

Torres, J et al. (2015) cuya investigación tuvo como objetivo comparar y ver que especie es más eficiente para el tratamiento de las aguas residuales. La metodología utilizada fue, comparar las muestras tratadas con los ECA's para agua- categoría 3: riego de vegetales de tallo alto y bajo y bebidas de los animales, la elaboración del diseño se tomó como referencia el trabajo de Crites y Tchobanoglous, teniendo como medidas son de largo:0,60m, ancho: 0.40 m y de alto: 0,30 m. Los resultados obtenidos de la remoción para la DBO₅, coliformes fecales, turbidez y pH fue 84%, 89%, 77% y 3% respectivamente. En conclusión, el uso de humedales artificiales con las especies vegetales *Cyperus papyrus* y *Phragmites australis* es una alternativa de solución que reduce los contaminantes de las aguas residuales.

Rojas, M (2018), cuya investigación tuvo como objetivo realizar el tratamiento de las aguas residuales domésticas con la especie *Chrysopogon zizanioides* en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa Bajo- Chota, 2017. La metodología utilizada fue la localización geográfica del proyecto de estudio, la implementación del humedal artificial, selección de la especie vetiver y el diseño experimental; los parámetros analizados fueron: Sustrato, SST, Turbidez, temperatura, DBO₅, DQO, grasas y aceites, pH y coliformes termotolerantes. Los resultados obtenidos fueron los siguientes T^o (temperatura) promedio de 22 °C, 72,97% (DQO), 83,89% (DBO₅), 88,89% (Aceites y grasas), 99,99% (coliformes termotolerantes), 47% (pH), 95,51% (SST) y con un 99,53% (turbidez). En conclusión, este sistema de tratamiento con la especie *Chrysopogon zizanioides* es eficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Por tal, es necesario, conocer las bases teóricas para lograr entender a profundidad el proceso de tratamiento de las A.G domésticas a través de la implementación de un humedal artificial de flujo vertical.

Los humedales artificiales son sistemas que procuran imitar las características existentes de pantanos naturales [...]. Están contruidos para utilizar plantas con substratos de arena generando procesos naturales en condiciones ambientales adecuadas como la formación de comunidades bacterianas [...]. (Rotaria del Perú, 2017)

Existen diferentes tipos de humedales artificiales, donde se utiliza plantas para el tratamiento simulando procesos que ocurren en la naturaleza y así obtener efluente (Paredes,2015, p.25).

Así mismo, cuando se habla sobre estos tipos de sistema de tratamiento artificiales se debe de tener un diseño para su construcción, para lograr el tratamiento de aguas grises; según El ministerio del ambiente (2016), menciona que los humedales contruidos o artificiales tienen como componentes suelo, arena, grava y plantas, teniendo de esta última un beneficio en la transferencia de oxígeno en la zona de la raíz.

Del mismo modo, Paredes (2015) menciona que para la edificación e implementación tiene que tener el diseño adecuado para así poder lograr la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales y así obtener los resultados esperados para la investigación.

Por esta razón Carvajal, A., Zapattini, C y Quintero, C. (2018) menciona que los humedales artificiales es un sistema de tratamiento con una tecnología relacionada con la sostenibilidad ambiental, debido a que no necesita de un alto presupuesto para lograr su mantenimiento, ya que no requiere de instalaciones complejas.

Para evitar la lixiviación se debe de utilizar arcilla o geotextil como revestimiento impermeable en el lecho del humedal artificial. Para lograr que el flujo del agua tenga contacto con las raíces de la especie vegetal es necesario que sea ancho y poco profundo para maximizar la trayectoria. La entrada debe ser una zona amplia, en cambio, en la salida debe ser variable para que el flujo de agua pueda ajustarse y así obtener un buen rendimiento al momento del tratamiento. (TILLEY et al. 2018)

Existen diferentes humedales artificiales relacionados con el tipo de circulación que está sometido el flujo del caudal que se va a tratar. Son las siguientes:

Paredes, L. (2015), menciona que el humedal de flujo superficial es conocido como flujo libre, ya que las características de las plantas acuáticas están expuestas a la atmosfera (pp.27-29).

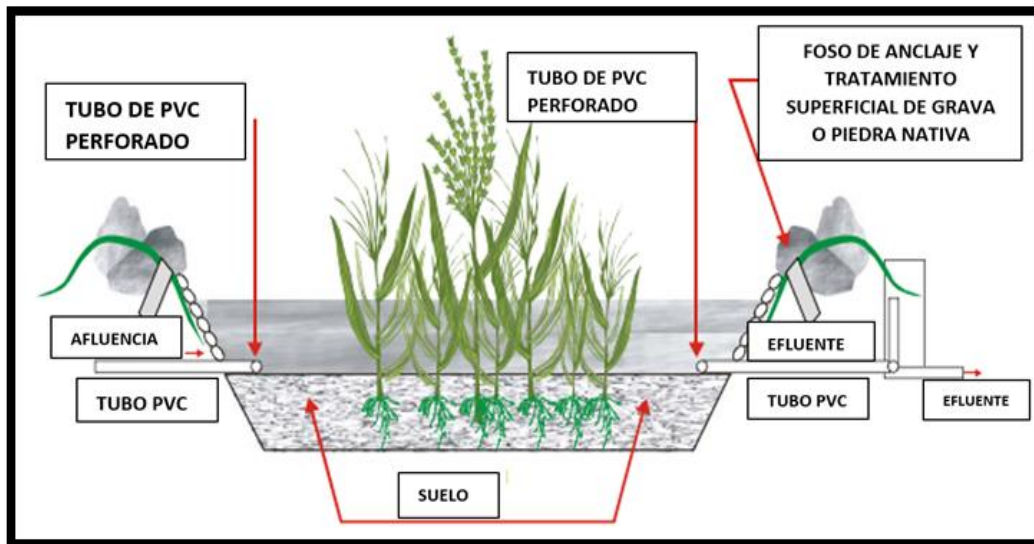


Figura 1: humedal artificial de flujo superficial

Fuente: <https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-1-sistemas-de-depuracion-de-agua/1-1-humedales>

Los humedales de flujo subsuperficial son estanques que utilizan un sustrato poroso como la grava, arena o cualquier tipo de suelo de textura gruesa, con plantas emergentes, son de 2 clases: Humedales de flujo horizontal y flujo vertical. (Viviana et al. 2020).

Flujo subsuperficial Horizontal, en este tipo de humedal no se puede observar el flujo de agua, este conlleva que su recorrido sea a través de los sustratos como arena, grava y tierra, logrando que las raíces y rizomas de las plantas crezcan con el agua. (Paredes, 2015).

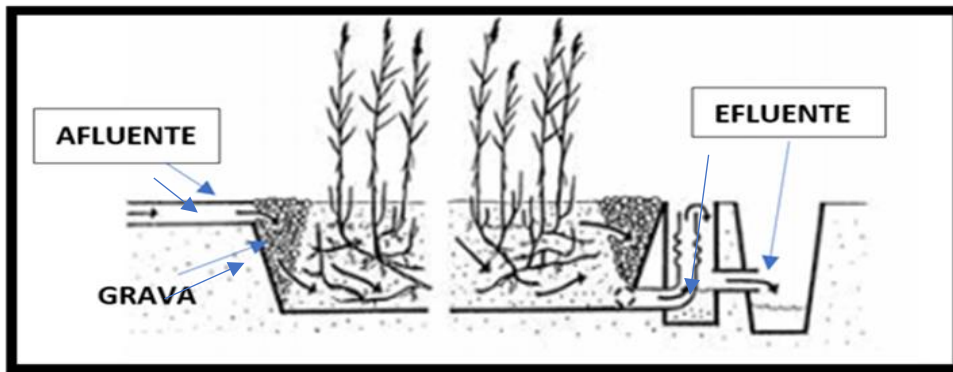


Figura 2: humedal artificial de flujo superficial horizontal.

Fuente: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1285/Q07036.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

El humedal artificial de flujo vertical consiste en circulación de las aguas grises de arriba hacia abajo, siendo el afluente la entrada del caudal y teniendo como resultado las A.G. tratada que sale por el efluente, pasando por la especie vegetal y el sustrato que está conformado por la grava y la arena.

“Los humedales artificiales de flujo vertical también llamados como filtros intermitentes, este tipo de humedales hace circular el flujo de agua residual de arriba hacia abajo, utilizando un sistema de tuberías para la distribución de este recurso hídrico contaminado. La filtración de las aguas residuales ocurre verticalmente pasando por la arena y gravas (sustrato inerte), son recogidos en una red de drenaje en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para conservar e incitar al límite las naturalezas de los organismos aeróbicos. La especie vegetal emergente se siembra también en este medio granular.” (Delgadillo et al, A.; 2010)

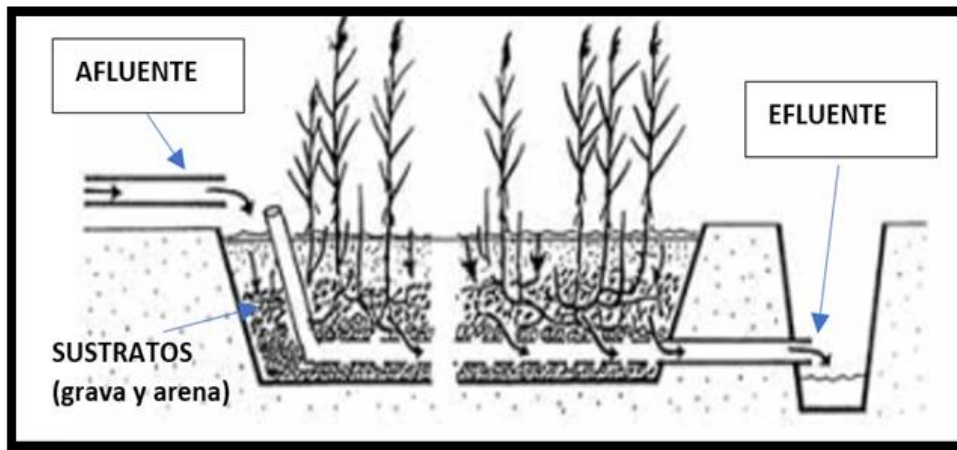


Figura 3: Humedal artificial de flujo vertical.

Fuente: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1285/Q07036.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fabricación del humedal artificial de la presente investigación es de flujo vertical, cuando se realizó el diseño de este sistema de tratamiento se consideró a Pilaila, S (1999), menciona que se simularon sistemas de humedales artificiales de flujo vertical subterráneo en un tanque a escala de laboratorio. El tamaño del tanque acrílico es de 40 x 65 x 50 cm (ancho x largo x alto), el medio de soporte consistió en arena de 1 mm en la capa inferior para 30 cm y grava de 2-5 mm para 10 cm de la capa superior, respectivamente (**Figura 4 y 5**)

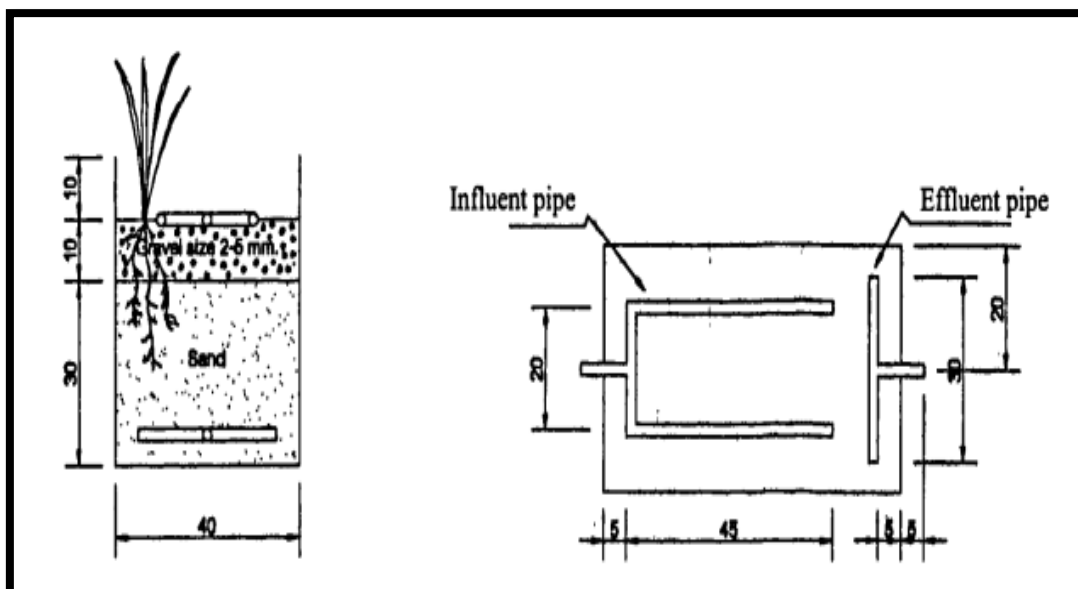


Figura 4: Vistas alzado y planta del humedal artificial de flujo vertical

Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027312239900462X>

Nota: las medidas de las dimensiones son en cm.

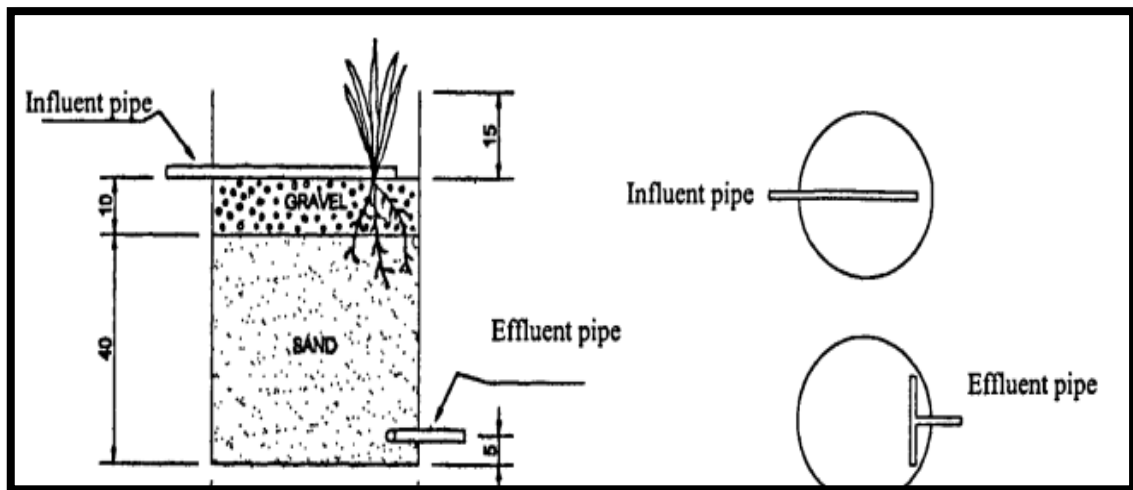


Figura 5: vista perfil y afluente y efluente.

Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027312239900462X>

Nota: las medidas de las dimensiones son en cm.

Este estudio se adecuó a las condiciones de la presente investigación, tomando como referencia la distribución del afluente mediante pulsación a través de una red de tubos PVC que se ubicaran en la parte superior del HAFV.

Los componentes del humedal artificial están conformados por el Sustrato (medio granular).

En los humedales, el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de las especies vegetales que se acumulan en el humedal debido a su desarrollo a lo largo del tiempo. La característica principal de los sustratos es la capacidad que tienen para permitir que el agua residual lo atraviese (permeabilidad) y llegue hasta el fondo del humedal, para así permitir obtener como resultado un efluente de agua tratada. Esto exige utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos. Los componentes mencionados anteriormente que conforman los H.A. tiene una gran relevancia por diversos motivos: sostienen a la cantidad seleccionada de especies vegetales para lograr el tratamiento en el reactor biológico (humedal artificial), la permeabilidad de la arena y grava sea fina o gruesa, interviene en la circulación de la muestra a través del sistema de tratamiento, muchas modificaciones químicas y biológicas principalmente las

microbianas, tienen lugar dentro del sustrato y proporciona almacenamiento para muchos contaminantes. (Delgadillo et al, 2010)

Además, la planta es el componente principal del sistema de tratamiento, ya que a través de sus raíces se libera oxígeno que captan los contaminantes para sí lograr la remoción, según Teresa Alarcón-Herrera et al. (2018), explica que la especie vegetal a través de las hojas aporta oxígeno hacia las raíces, logrando el equilibrio del sustrato, regulando la canalización de flujo dando lugar a velocidades de aguas bajas permitiendo que los materiales suspendidos sedimente, además que el tallo y las raíces fijan los microorganismos.

La especie utilizada en la presente investigación es el *Chrysopogon zizanioides* conocido como Vetiver.

La planta *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) es una gramínea perenne, teniendo un aspecto parecido a la *Aloysia citrodora* (hierba luisa) [...] de tupidos penachos, con inflorescencia y semilla estériles que se producen con dificultad [...]. Sus tallos tienen como dimensiones de alto ente 0.5 a 1.5 m. Las hojas son relativamente rígidas, largas y angostas, miden hasta 75 cm de largo y no más de 8 mm de ancho [...]. Está la planta son resistentes a las sequías que duran largos periodos debido a las sales presentes en la savia de sus hojas, así como inundaciones por largos periodos [...]. Su crecimiento abarca un espacio considerado en los suelos, [...] y es resistente a bajas temperaturas de -9 °C desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm. [...] (Alegre, 2007).



Figura 6: comparación entre hierba luisa (A) y Vetiver (B).

Vetiver conocido por su nombre científico como *Chrysopogon zizanioides*, antes llamado *Vetiveria zizanioides*. Esta especie vegetal puede crecer en un rango amplio de circunstancias climáticas, y si se cultiva adecuadamente tiene una gran probabilidad en ser utilizada en cualquier lugar con un clima tropical [...]. El vetiver puede ser usado [...] como un medio de protección directamente en las cuencas hidrográficas y los cauces de los ríos para resistir daños ambientales [...] como: flujos de sedimentos y excesos de nutrientes, metales pesados y la presencia de sustancias químicas sintéticas o natural en lixiviados de fuentes tóxicas. (Truong, Tan Van y Pinners, 2008).

La especie *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) se encuentra dentro de la siguiente clasificación:

Tabla 1: Taxonomía de la especie *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver)

REINO	Plantae
DIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Liliopsida
SUBCLASE	Liliidae
ORDEN	Poales
FAMILIA	Poaceae
GENERO	<i>Chrysopogon</i>
ESPECIE	<i>Chrysopogon zizanioides</i>

Fuente: <https://es.linkfang.org/wiki/Vetiver>

Las aguas grises se consideran aguas residuales domésticas, esto es debido al lavado de ropa con detergentes, jabón, etc. Según Garduño, Raquel, Gutiérrez, Julio y Bulnes, María. (2016), mencionan que las A.G. son llamadas jabonosas las cuales se producen durante las actividades de limpieza y aseo personal, cuando se utiliza [...] productos de aseo personal en lavaderos, fregaderos, lavadoras, lavamanos y regaderas. Esta agua residual doméstica puede contener grasas, células muertas, también restos de alimentos, cabellos y aceites, depende las diferentes familias que existe en una comunidad varía la cantidad, así como en sus características. Tomando como factores el número de personas que conforman una familia, de este modo como la disponibilidad del recurso hídrico, los hábitos de higiene, etc.

Es un recurso hídrico contaminado generado en las lavadoras, duchas, lavados de utensilios de cocina y bañeras, que tienen poca contaminación y que con tratamientos simples pueden reciclarse para volverse a emplear. (Trapote, 2013, p.19)

Para esta investigación se analizaron los parámetros físicos y químicos, para cumplir los estándares de calidad (ECA) de agua- categoría 3: Riego de vegetales (D1) (**ver Anexo 09**), a continuación, se mencionarán los parámetros que se analizarán en la presente investigación.

Los parámetros físicos otorgan una representación cercana de la calidad del agua residual en el procedimiento que se ejecuta y de las posibles complicaciones que se puedan presentar durante el tratamiento, [...] (Delgadillo et al., 2010, p.53)

Sólidos suspendidos totales (SST), son partículas en suspensión presentes en el agua como compuestos solubles, definiéndose la suma de ambos como sólidos totales (ST) [...]. Los sólidos sedimentables (SS) determinan por decantación [...] nos otorga una representación sobre la cantidad de lodos que se producirán en la decantación primaria. Los sólidos disueltos se determinan gravimétricamente mediante filtración [...], denominándose Sólidos suspendidos (SS) (MENDOZA, 2017, p. 1).

Se define a la turbidez de una muestra de agua, como una medida de la pérdida de su transparencia, ocasionada por el material particulado o en suspensión como arcillas, limo, partículas de sílice, materias orgánicas, etc. (Frías, T. y Montilla, L., 2016).

Los parámetros químicos del recurso hídrico poseen una gran relevancia, ya que interactúan con los compuestos químicos del suelo, cambiando la concentración de todos los parámetros presentes en los componentes del agua. Por lo tanto, se debe considerar que los cambios que ocurren en las aguas residuales deben ser equilibrados para prevenir que un componente se convierta en factor limitante del crecimiento del sistema natural que queremos aplicar (Delgadillo et al., 2010, p.73).

La demanda bioquímica de oxígeno, es necesaria para que los microorganismos puedan oxidar metabólicamente a la M.O. (materia orgánica) que hay en la muestra

de aguas residuales, en un periodo de cinco días a 20°C, esto ocurre por la presencia de una cierta cantidad de oxígeno. (Frías, T. y Montilla, L., 2016).

La demanda química de oxígeno está relacionada con la presencia de oxígeno, la cual cumple con la función de descomponer químicamente la M.O (materia orgánica) degradable y biodegradable en un periodo corto de 3 horas. (Frías, T. y Montilla, L., 2016).

Los detergentes típicos es una mezcla de varios componentes [...]. Se hacen los detergentes basándose en condiciones de lavado para así lograr su aplicación [...], como por ejemplo solo se utilizaba un componente para hacer el jabón de tocador [...]. Existen diferentes grupos de numerosas sustancias que se dividen y se usan mediante la aplicación de fórmulas para crear detergentes, como: a) Surfactantes, la mayoría de las numerosas clases de surfactantes individuales son los más comunes para hacer detergentes, ya que es un ingrediente más usado [...], se adicionan a las fórmulas para crear los detergentes con el fin de aumentar los efectos humectantes o espumante. b) Sales, ácidos y bases inorgánicas, estos componentes se llaman coadyuvantes tiene una gran importancia en la mezcla para la creación de los detergentes. Si no contribuyen, se llaman “diluyentes” o “rellenos”, son los componentes inorgánicos que tienen una gran importancia para los detergentes debido a que se pueden juntar en seis categorías ácidas, sales neutrales solubles, silicatos, fosfatos, álcalis y coadyuvantes inorgánicos insolubles. c) Reforzadores orgánicos, son utilizados como aditivos que incrementan la detergencia, el efecto dispersor de la composición sobre las partículas de suciedad o el poder espumante y emulsivo, y por último d) Aditivos para fines especiales, son utilizados como un componente blanqueador, además de sustancias que otorgan brillo, bactericidas, emolientes, estos tipos de sustancias cambian o mejoran la forma física o la estabilidad del detergente (Gender y Armao, 2005).

La detección de detergentes es por las características de una sal de color azul al momento de lograr su formación, esto ocurre debido a la reacción con el cloruro de metiltionina. Los sulfatos de alquilo y sulfatos polietoxil son tipos de surfactantes que también reaccionan, dado que todas las sustancias determinadas son designadas como sustancias activas al azul de metileno (SAAM). (Ramírez, 2006).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada debido a que en la presente investigación se aplicaron conocimientos teóricos, además se ha tomado en cuenta investigaciones previas para así poder adaptarlas a la problemática y obtener un procedimiento para la reducción de los parámetros físicos: sólidos suspendidos totales (SST) y turbidez y los parámetros químicos: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química del Oxígeno (DQO) y detergentes.

Es de enfoque cuantitativo, debido a que se ha realizado análisis de una muestra en inicial (pre-tratamiento), además de 3 muestras durante el tratamiento de las aguas grises implementado el HAFV con la especie vegetal y de 3 muestras en el HAFV con la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* post tratamiento, para así poder evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento al momento de remover los contaminantes. Además, se empleó el programa Excel, Word y SPSS para los respectivos análisis estadísticos.

Este enfoque es el más utilizado en las ciencias exactas o naturales; La recopilación de datos se utiliza para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer modelos de comportamiento y probar teorías. (Universidad de desarrollo del estado de puebla, 2012).

El nivel de la investigación es explicativo porque se buscó explicar la relación causa – efecto entre variable dependiente (tratamiento de aguas grises) con la variable independiente (humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides*), ya que la causa sería las aguas grises y el efecto es la reducción de contaminantes

El diseño de la investigación es experimental, pues existió la manipulación controlable de la variable dependiente (tratamiento de aguas grises) debido a la variable independiente (humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides*) para poder observar el efecto que se produjo.

GE: O ₁ X O ₂

GE: Grupo Experimental.

O₁: Medición de los parámetros físicos y químicos antes del tratamiento.

X: Tratamiento experimental (Humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides*)

O₂: Medición de los parámetros físicos y químicos después del tratamiento.

La investigación experimental se ha ideado con el propósito de determinar, con la máxima confiabilidad posible, la conexión que existe entre la causa y el efecto, generan estímulos experimentales, teniendo en cuenta que son llamados experimentales a uno o más grupos, además la relación de causa y efecto generan comportamientos resultantes que son comparados con los comportamientos de uno u otro grupo, conocidos como grupo de control que no reciben el tratamiento o estímulo experimental. Las características de la investigación experimental: a) Requiere de una manipulación rigurosa de las variables y del control directo de otros factores que puedan afectar al experimento [...], b) Emplea un grupo de control para comparar los resultados obtenidos en el grupo experimental [...] y c) Los estudios empíricos son procedimientos simples para investigar las relaciones de causa-efecto, pero al mismo tiempo tienen la desventaja de ser artificiales y restrictivos [...] (Monje, 2011)

Además de tipo Preexperimental y de subtipo Pre y Post Experimental, ya que se midieron muestras antes y después del tratamiento.

Los pre experimentos son de tipo de diseño experimental, debido a que tienen como particularidad el grado mínimo de control. Esto quiere decir, que no se realiza la distribución aleatoriamente de los sujetos y grupos, además no cuenta con un grupo de control. Por ello, no son adecuadas para lograr establecer relaciones explicativas entre la variable dependiente con la variable independiente. Se utilizan en situaciones

exploratorias de experimentos veraces y su interpretación es muy cautelosa debido a la invalidez tanto interna como externa que presentan. Esta clase de experimentos ocurren en las actividades que se efectúan diariamente. [...]. En este diseño se aplica una pre prueba (O) a un grupo de sujetos, luego un tratamiento (X) y finalmente el post prueba (O). El resultado es la valoración del cambio ocurrido desde la pre prueba hasta la post prueba. A partir de aquí él encargó de realizar la investigación puede obtener una medida del cambio, pero no puede comprobar hipótesis alternativas. (SERRANO et al., 2012)

3.2. Población, muestra y muestreo:

3.2.1. Población:

La población de la presente investigación fueron las aguas grises producidas en un día en una vivienda perteneciente a la urbanización El Cóndor, distrito del Callao.

Criterios de inclusión: Se tuvo en cuenta los siguientes parámetros que conforman los ECA's para agua- categoría 3 en el pre y post tratamiento de las aguas grises, parámetros físicos: sólidos suspendidos totales (SST) y turbidez, parámetros químicos: DBO₅, DQO y detergentes. Se incluyeron las aguas grises generadas por las siguientes actividades: aseo personal, lavado de pisos y de ropa.

Criterios de exclusión: No se incluyeron los siguientes parámetros inorgánicos y orgánicos que conforman los ECA's para agua- categoría 3 en el pre y post tratamiento de las aguas grises, además tampoco se consideraron los parámetros microbiológicos y los parámetros físicos y químicos no mencionados en el criterio de inclusión. Se excluyeron las aguas negras generadas en la vivienda y del lavado de platos.

3.2.2. Muestra:

La muestra seleccionada son 90 litros de aguas grises producidas en un día por las actividades de lavado en el primer piso de una vivienda perteneciente a la urbanización El Cóndor, distrito Callao.

3.2.3. Muestreo:

El tipo de muestreo en la presente investigación fue no probabilístico por conveniencia, ya que se seleccionaron una muestra de la población de manera conveniente para el investigador debido a que le resulto más sencillo analizar los elementos que están fácilmente disponibles.

Unidad de análisis: Un litro de agua gris producida en la vivienda perteneciente a la Urbanización El Cóndor, distrito de Callao.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Para desarrollar el presente trabajo de investigación se utilizó la siguiente técnica.

Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

ETAPAS	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
1.- Diagnostico de la zona de estudio.	Zona de estudio	Observación	-----	Zona de estudio diagnosticada.
2.- Recolección de la muestra inicial (pre tratamiento).	Aguas grises generadas en una vivienda perteneciente a la urbanización el cóndor.	Experimentación	Registro de recolección de muestras (ver ANEXO 02)	Muestra inicial (pre tratamiento) recolectada
3.- Análisis de la muestra inicial (pre tratamiento)	Laboratorio	Observación	Reporte de resultados de los análisis de las muestras (ver ANEXO 03)	Resultados de la muestra inicial (pre tratamiento) en el análisis del laboratorio.
4.- Diseño y construcción del humedal artificial de flujo vertical a escala piloto.	Bibliografía y Elaboración propia	Observación y experimentación	Reporte de datos del humedal artificial (ver ANEXO 04)	Humedal artificial de flujo vertical construido.
5.- Recolección y siembra de <i>Chrysopogon zizanioides</i> (vetiver)	Red mundial de vetiver (Ver Anexo 14)	Experimentación	Reporte de datos de las características de las plantas. (ver ANEXO 05)	Humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i>

6.- Tratamiento aguas grises en el humedal artificial de flujo vertical	Aguas grises de una vivienda en la urbanización el cóndor.	Experimentación	-----	Tratamiento de agua por debajo del ECA's para agua- Categoría 3
7.- Recolección de las muestras en el HAFV con la especie vegetal (durante el tratamiento y post tratamiento).	Aguas grises	Experimentación	Registro de recolección de muestras (ver ANEXO 02)	Muestras con la especie vegetal, durante el tratamiento y post tratamiento recolectadas
8.- Análisis de las muestras del HAFV con la especie vegetal (durante el tratamiento y post tratamiento).	Laboratorio	Observación	Reporte de resultados de los análisis de las muestras (ver ANEXO 03)	Resultados en el análisis de las muestras con la especie vegetal, durante y post tratamiento.
9.- Comparación de los resultados	Gabinete	Análisis de documentos	Registro de la eficiencia y comparativos (ver ANEXO 06)	<p>Eficiencia del tratamiento en el HAFV según los parámetros.</p> <p>Comparación de resultados promedios con el ECA cat. 3-D1</p>

Fuente: Elaboración propia

Para la validación y confiabilidad del instrumento se debe de cumplir con los requisitos de validación para el presente trabajo de investigación, para ello se solicitó a 3 expertos especializados en el tema (a base de su experiencia) para la evaluación separada de los ítems elaborados en la presente investigación.

Tabla 3: Valoración de expertos

EXPERTOS	PROMEDIO DE VALORACIÓN
Dr. Castañeda Olivares, Carlos	90%
Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalo	90%
Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio	90%

Fuente: Elaboración propia

3.4. Procedimientos:

Las etapas de la presente investigación fueron las siguientes:

ETAPA 1: Diagnóstico de la zona de estudio y toma de muestra en crudo.

El área de estudio se encuentra en la calle los mirlos Manzana I- Lote 8 perteneciente a la urbanización el cóndor en el distrito de Callao.

Tabla 4: Ubicación geográfica.

Departamento que limita:	Lima
Provincia:	Callao
Distrito:	Cercado de callao
Dirección:	Calle "los mirlos" (#167). URB. El Condor, Callao
Coordenadas (UTM):	N: 8670928 S: 272098

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7: Ubicación de la vivienda.

Fuente: Google Maps.

Al realizar el diagnóstico de la zona, se identificó las actividades que generan las aguas grises, las cuales son utilizadas como agua de riego para jardines o suelo, además son vertidas directamente a la red de alcantarillado en la vivienda #167 ubicada en la calle los Mirlos perteneciente a la urbanización el cóndor, en el distrito de Callao.

ETAPA 2: Recolección de la muestra inicial (pre-tratamiento).

Dada el diagnóstico de la zona de estudio, en el presente trabajo de investigación se elaboró la Ficha 1 con el nombre Registro de recolección de muestras (**ver Anexo 02**), por ello en el momento específico de la recolección de la muestra inicial (pre-tratamiento), la cual se obtuvo directamente de las actividades que generan aguas grises, se registró dicha información en el instrumento mencionado anteriormente.

Para el muestreo de las aguas grises inicial (pre-tratamiento) se tomó como referencia el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales – PTAR, resolución ministerial N° 273-2013.

Para el presente trabajo de investigación, se utilizó un recipiente de 23 litros previamente esterilizado con agua ionizante para almacenar las aguas grises generadas por las actividades y de allí se realizó los muestreos correspondientes; según el protocolo menciona que los frascos que se van a utilizar deben de estar previamente esterilizados y se deben de enjuagar 3 veces con la misma agua de estudio. Por último, se debe de considerar el tipo de material de los frascos, el etiquetado, los preservantes, la manipulación de los recipientes y el transporte de las muestras al laboratorio. Bajo estas condiciones se realizó los siguientes muestreos.

El muestreo para los parámetros físicos como los sólidos suspendidos totales (SST) se utilizó un envase de plástico de 500 mL y para la turbidez un frasco de plástico ámbar de 100 mL, estos 2 parámetros se pueden refrigerar a $< 6^{\circ}\text{C}$ con un tiempo de almacenamiento de unos 7 días y 48 horas respectivamente. Para los

Por último, para los parámetros Químicos como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se utilizó un envase de plástico de 100 mL, para su preservación se adicionó 10 gotas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) debido a que el pH debe ser menor a 2 ($\text{pH}<2$), para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) se utilizó un frasco de 1 L que se debe de llenar completamente, sin dejar burbujas de aire y por último, el Detergente (S.A.A.M.) se utilizó un frasco de plástico de 500 mL. Todos estos parámetros se

pueden refrigerar a <6 °C y los tiempos de almacenamiento serán de 28 días, 48 horas y 47 horas respectivamente.

Al finalizar el muestreo de los parámetros y transportar las muestras al laboratorio, se obtuvo las siguientes observaciones: Se analizó la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO) dado que el resultado del análisis en el laboratorio se usará para calcular el área superficial (A_s) del humedal mediante una fórmula que está indicada en la etapa 4 (diseño del humedal) del procedimiento.

ETAPA 3: Análisis de la muestra inicial (pre-tratamiento)

Realizado el muestreo inicial (pre-tratamiento), el cooler que contiene las muestras se transportó al laboratorio ALAB (ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.) donde se realizó el análisis correspondiente. Este laboratorio de ensayo está acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL- DA (Instituto Nacional de Calidad- Dirección de Acreditación) con el registro N° LE- 096, también está acreditado por la INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE (IAS); los certificados de las acreditaciones se pueden observar en el **Anexo 10**.

El laboratorio siguió los protocolos mencionados en los métodos normalizados y fijados en ediciones actuales de los métodos estándar por la APHA (Asociación pública norteamericana), AWWA (Asociación norteamericana de servicios de agua) y la WEF (Federación del ambiente del agua) para análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas grises pre-tratamiento establecidos en la investigación.

El laboratorio envió al investigador un informe de ensayo final (**ver Anexo 11**) según el número de orden otorgado al momento de contratar sus servicios, este informe contó con los resultados de los parámetros analizados. Dicha información se registró en el instrumento nombrado “Reporte de resultados de los análisis de las muestras” (**ver Anexo 03**), previamente validado por 3 Ingenieros para ser utilizado en la presente investigación.

ETAPA 4: Diseño y construcción del humedal artificial de flujo vertical.

Al ser una urbanización que no dispone de un sistema de tratamiento adecuado para aguas residuales domésticas, no existe un registro de resultados sobre análisis previos que se hayan realizado. Por ello en el presente trabajo de investigación se recomienda realizar el diseño basándose en parámetros más comunes, en este caso se considerará el DBO₅.

Para obtener el diseño adecuado con el propósito de lograr la construcción del humedal artificial, primero se calculó el caudal promedio diario ($Q_{prom,d}$), con este resultado se pudo obtener el área superficial (A_s) y así obtener las dimensiones del sistema de tratamiento.

El caudal promedio diario se determina:

$$Q_{prom,d} = \frac{\beta \cdot P \cdot D}{1000} \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

$Q_{prom,d}$ = Caudal promedio diario en m³/día

P = Población, basándose en el número de habitantes

D = El consumo en L/hab.día

β = La cantidad de agua abastecida que se convierte en agua residual, expresada en tanto por uno.

Después de lograr calcular el caudal promedio diario, se realizó el siguiente procedimiento para hallar la fórmula del área superficial en metros cuadrados y así obtener el largo y ancho del humedal artificial.

En primer lugar, se debe obtener las ecuaciones relacionadas con el diseño. Para ello se supone que los humedales funcionan como reactores biológicos de flujo ideal en pistón, dentro de estos sistemas de tratamiento ocurre una degradación de contaminantes siguiendo modelos cinéticos de primer orden (Brix, 1994). Por tanto, el balance de masa para el contaminante es:

$$\frac{dC}{dt} = (-)K_t C \dots\dots\dots (2)$$

Dónde,

C = la concentración del contaminante. (mg/L)

K_t = Constante de temperatura de depuración/ Constante de velocidad de reacción de primer orden. (días⁻¹)

(-) = Se coloca el signo “-“en la ecuación, a causa de una disminución a través del tiempo de la concentración del contaminante.

El siguiente paso a realizar, es la integración del balance de masa (ecuación 2) entre C₀ (la concentración inicial de contaminante o afluente) para t=0 y C_e (la concentración final o efluente) para t=t, siendo este último el tiempo de retención hidráulico, en días (Rodríguez, 2017). Se obtiene como resultado:

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp(-k_t t) \dots\dots\dots (3)$$

El tiempo de retención hidráulico:

$$t = \frac{V}{Q_{prom,d}} = \frac{n.A_s.h}{Q_{prom,d}} \dots\dots\dots (4)$$

Dónde,

V = Volumen del humedal. (m³)

Q = Caudal promedio. (m³/d)

n = Porosidad, en tanto por uno

A_s = Área superficial del sistema de tratamiento (H.A). (m²)

h = Altura del humedal. (m)

Reemplazando el tiempo de retención hidráulica en las ecuaciones 3 y 4, además definiendo una nueva constante cinética de primer orden (K_A, en m/d), esta nueva constante varía según el contaminante común que está basado el diseño. Por ello el contaminante a eliminar es el DBO₅ considerando un valor de 0,088 m/d (García et al, 2004).

$$K_A = K_T . n . h \dots\dots\dots (5)$$

K_t = Constante de temperatura de depuración/ Constante de velocidad de reacción de primer orden. (días⁻¹)

n = Porosidad

h = Altura

Se tiene como resultado de la sustitución:

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp\left(\frac{-K_A A_s}{Q_{prom,d}}\right) \dots\dots\dots (6)$$

Despejando A_s :

$$A_s = \frac{Q_{prom,d}}{K_A} \ln \left[\frac{C_o}{C_e} \right] \dots\dots\dots (7)$$

A_s = Área superficial. (m^2)

$Q_{prom,d}$ = Caudal promedio. (m^3/d)

K_A = Nueva constante cinética de primer orden para el DBO_5 .

C_o = Concentración inicial de contaminante o afluente.

C_e = Concentración final de contaminante o efluente

El valor de la concentración inicial de contaminante o afluente (C_o) se determinó a partir del resultado del DBO_5 que se obtuvo del análisis de la muestra inicial (pre-tratamiento) en el laboratorio y el valor de la concentración final de contaminante o efluente (C_e) se definió a partir de los datos establecidos de DBO_5 en los estándares de calidad (ECA's) para agua- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

El tiempo de retención hidráulico (TRH) del sistema de tratamiento se halló considerando el tipo de contaminante que se tomó como referencia para obtener el área superficial del humedal artificial, en este caso fue el DBO_5 , según Mendoza (2012), la ecuación del tiempo de retención hidráulica para un contaminante se obtiene a partir del arreglo de la ecuación cinética de primer orden y de la ecuación del tiempo de tratamiento del flujo sin interrupciones. En el presente trabajo de

investigación son las ecuaciones 5 y 7 respectivamente, teniendo como resultado la siguiente fórmula.

$$THR = \frac{\ln\left[\frac{C_e}{C_o}\right]}{K_T} \dots\dots\dots(8)$$

De esta fórmula se obtuvo el tiempo de retención hidráulica para reducir el DQO, DBO₅ y NTK, dependiendo de las concentraciones obtenidas y de su relación con la constante de velocidad de reacción de primer orden o temperatura de depuración (K_T). Los valores obtenidos las cuales se tomarán como referencia, se muestran a continuación:

Tabla 5: Valores calculados para el THR con base a las concentraciones máximas de parámetros de diseño y temperatura críticas registradas.

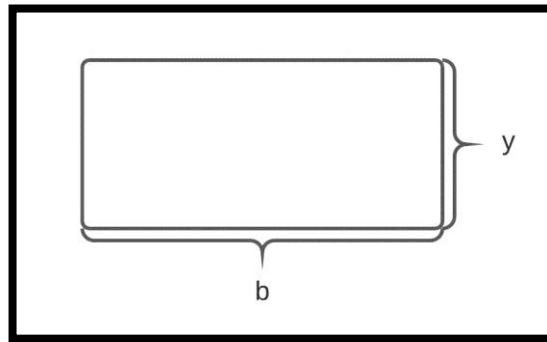
Parámetro	Ln [C _o /C _e]	K _T		TRH	
		Min (d ⁻¹)	max (d ⁻¹)	Min (d)	Max (d)
DQO	2.2811	1.1040	1.7601	1.3	2.0
DBO ₅	1.8901	1.1040	1.7601	1.1	1.7
NTK	0.6152	1.1040	1.7601	0.4	0.6

Fuente: (Mendoza y Ramos, 2012)

En el presente trabajo de investigación se calculó la concentración del DBO₅ para hallar el área superficial, teniendo este dato se utilizó la información de la tabla 5 para hallar el tiempo de retención hidráulica mínima y máxima. Una vez especificado el valor del TRH se ajustará a un tiempo de operación de 7 días, para que tenga una eficiencia mayor al momento de remover los contaminantes.

Además, se debe de calcular la pendiente, ya que gracias a esta inclinación el agua tratada circulará y saldrá por el efluente; para obtener la pendiente se utilizará las siguientes fórmulas considerando una sección rectangular obtenida del libro titulado Hidráulica de canales.

Tabla 6: Calcular la pendiente para una sección rectangular.



Pendiente (S)

$$S = \left(\frac{V \cdot n_c}{2} \right)^2 \frac{1}{R^3}$$

n_c = coeficiente de rugosidad, Condiciones de las paredes **perfectas** para la superficie de mampostería con cemento, pero con plantas, piedras y arena. (0.042)

Área Hidráulica (A_H)	Perímetro mojado (P)	Radio Hidráulico (R)	Velocidad del caudal (V) (m/d)
$A_H = by$ b = ancho del humedal (m) y = altura del humedal (m)	$P = b + 2y$	$R = \frac{A_H}{P}$	$Q_{prom,d} = V \times A_H$ $Q_{prom,d}$ = Caudal promedio diario

Fuente: (Hidráulica de canales, 2007)

El humedal artificial de flujo vertical tiene un revestimiento de mampostería con cemento, sirve para evitar la filtración del agua. Se realizó un formulario que estará conformado por las principales fórmulas del diseño (**ver Anexo 11**).

Obtenido todos los datos para lograr la construcción del humedal artificial se realizó primero un modelamiento 3D del sistema de tratamiento, para tener una representación de cómo se verá el humedal artificial para su implementación, el programa que se utilizará será el AutoCAD 2018.

AutoCAD es un software para realizar trazados en segunda y tercera dimensión (2D Y 3D), el nombre de este programa tiene un reconocimiento mundial [...] en la actualidad es empleados por diversos ingenieros, arquitectos, por técnicos y diseñadores gráficos. Existe diferentes tipos de programas que son utilizados por diferentes sectores de investigación como el Map 3D es utilizado por la cartografía, el Mechanical por la ingeniería industrial, Civil 3d por la ingeniería Civil, Architecture por la Arquitectura, etc. (Sánchez et al., 2017).

Para la construcción del humedal artificial de flujo vertical se adaptó a las condiciones del lugar para la instalación del sistema experimental con el fin de probar la eficiencia de remoción de los parámetros físico y químicos seleccionados de las A.G., en el mes de noviembre del 2020 se diseñó, por ello se consideró el área superficial previamente calculada y la profundidad que tendrá el sistema de tratamiento, en este caso será 0.5 m (50 cm) debido a la altura de la especie vegetal que se utilizará. El lugar seleccionado para la construcción es el siguiente:



Figura 8: Lugar donde se realizará la construcción

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la **Figura 8** el cuadro rojo delimita al lugar seleccionado, la cual debe de estar previamente limpiada antes de comenzar la construcción del humedal artificial. Para la construcción se necesitó los siguientes materiales:

Tabla 7: Materiales para la construcción del HAFV.

Materiales	Descripción
Cemento	Para realizar la mezcla y el acabado del humedal artificial.
Tuberías PVC de ½ pulgadas	Para la distribución de la muestra en el humedal.
Tuberías PVC de 2 pulgadas	Tuberías de recolección Para realizar el muestreo durante el tratamiento en el H.A. y además se usarán como un medio de aeración.
Impermeabilizante Zika para morteros	Se utilizará para que el humedal sea impermeable y resistente a la humedad.
Llaves reguladoras de agua	Se utilizarán para la regulación del afluente (entrada) y efluente (salida) del humedal.
Fierro 5/8	Se utilizará para realizar el encofrado.
Arena fina	Se utilizará como sustratos para el humedal artificial para así poder obtener un medio granular con estructura porosa.
Arena gruesa	
Piedra Gruesa ½	
Piedra confitillo	
Deposito Acrílico de 90 L	Se utilizará para almacenar la muestra de Aguas grises.
Deposito Acrílico de 3 L	Se utilizará para realizar el muestreo pre, durante y post tratamiento.
Vegetación	Recolección y siembra de la especie vegetal <i>Chrysopogon zizanioides</i> .

Fuente: Elaboración propia.

Además, para la construcción se contrató a un técnico constructor quien realizó el encofrado reforzado con fierro de 5/8; cuando ya estuvo armado el encofrado se procedió a llenarlo con la mezcla de cemento previamente realizada, teniendo así un acabado impermeable para que no se filtre la muestra cuando esté circulando por el sistema. Después se instaló un tubo de policloruro de vinilo (PVC) de ½" con orificios de 0.5 cm de diámetro cada 2 cm para lograr distribuir el agua gris en el humedal artificial mediante la técnica de goteo, este tubo está conectado a través de una manguera hacia un depósito acrílico que contiene la muestra de 90 litros de agua gris.

También se colocó 3 puertos de muestreos con tubería PVC de 2" previamente perforadas con orificios de 5 mm (0.5 cm) de diámetro a una profundidad de 0.4 m (40 cm) separadas entre sí por 0.5 (50 cm) de largo, estos puertos se nombraron como S1, S2 Y S3, debido a que se ubicaron estratégicamente en 3 sectores en la parte media y a lo largo del humedal artificial para así poder recolectar las muestras durante el tratamiento y además sirvieron como tubos de aireación.

Se utilizó 4 tipos de sustratos para obtener un medio poroso: 5 cm (0.05 m) de piedra confitillo, 5 cm (0.05 m) de piedra gruesa, 15 cm (0.15 m) de arena fina y 15 cm (0.15 m) de arena gruesa, previamente los sustratos se tuvieron que lavar con agua destilada para eliminar las sales minerales presentes. La representación gráfica del medio granular se observa a continuación:

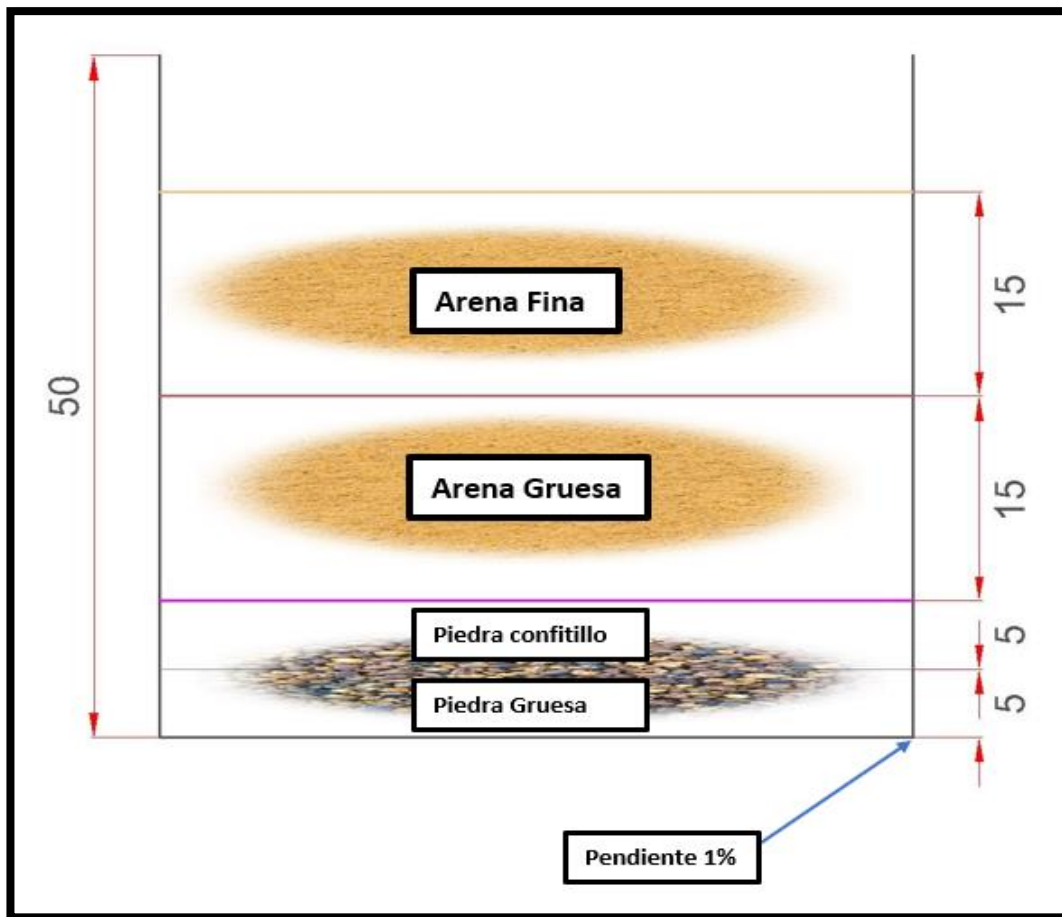


Figura 9: Distribución del sustrato

Fuente: AutoCAD.

Nota: las medidas están en cm

Nota: El cálculo de las fórmulas para realizar el diseño del humedal artificial están en el “**Anexo 13**”

ETAPA 5: Recolección y siembra de *Chrysopogon zizanioides* (vetiver):

Se recolecto de la Red vetiver Perú un total de 10 plantas de *Chrysopogon zizanioides* (vetiver), de los cuales una sola planta se observó su crecimiento que tendrán desde la siembra hasta terminar el tratamiento en el HAFV, registrando sus características en la Ficha 4. Reporte de datos de las características de las plantas (**ver Anexo 05**) y las otras 9 plantas se utilizaron en el tratamiento, para la selección se tomó ciertas consideraciones como una pequeña cantidad de raíces de tamaño de 10 cm. La siembra en el humedal artificial fue de una profundidad de 10 cm, regándolas con agua destilada a través de la red de tuberías del sistema de

tratamiento con la finalidad de lograr su adaptación y evitar la pérdida de ejemplares.

La distribución de las plantas debe ser la adecuada para permitir el desarrollo de estas, a continuación, se mostrará la distribución a través de un esquema.

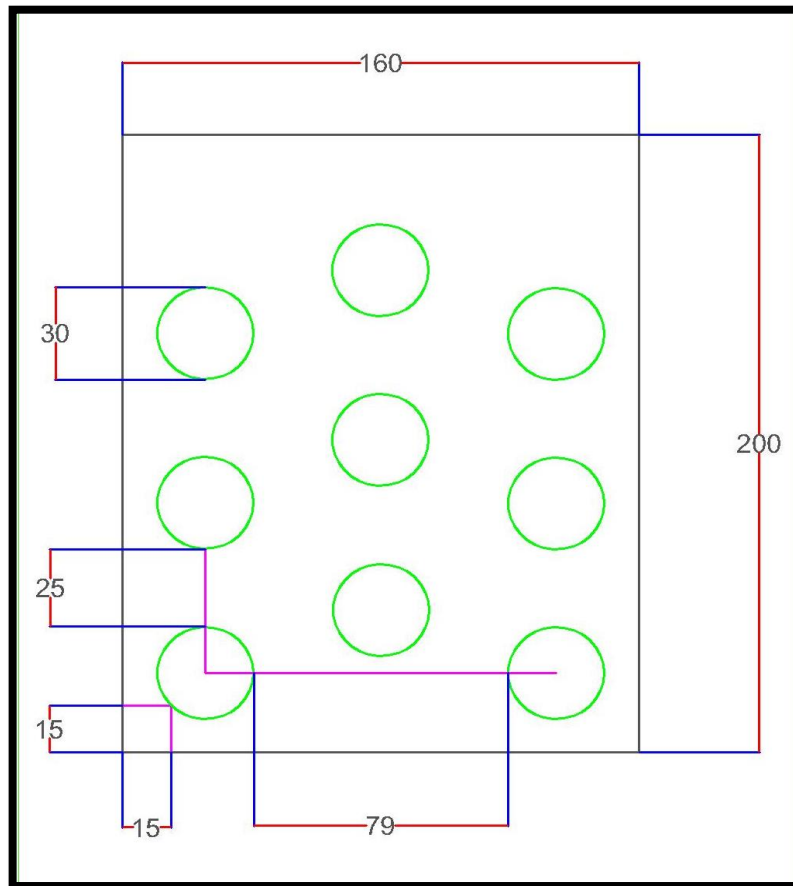


Figura 10: Distribución de las plantas

Fuente: AutoCAD

Nota: las medidas están en cm.

Nota 2: El tiempo de adaptación de las plantas será 28 días.

ETAPA 6: Tratamiento aguas grises en el humedal artificial de flujo vertical:

Para la obtención de las aguas grises generadas por las actividades de aseo personal, lavado de pisos y de ropa, se utilizó un balde de 23 litros previamente esterilizado con agua ionizante para llenar el recipiente que almacenara los 90 litros de muestra, este recipiente tiene una llave de válvula que se conectó mediante una manguera hacia la entrada del humedal a fin de lograr la distribución de la muestra en el sistema de tratamiento. Tomando en cuenta que la vivienda estuvo activa un día martes desde las 6:00 a.m. hasta las 6:00 p.m.

El tratamiento para las aguas grises generadas en un día por la actividad de lavado del primer piso de una vivienda se dio mediante la implementación de un humedal artificial de flujo vertical con la especie vegetal que tuvo un tiempo de operación de 3 días debido a que el tiempo de retención hidráulica (THR) así lo indica en el **Anexo 14**, pero para obtener una mayor eficiencia al momento de remover los contaminantes el tiempo de operación se prolongó por 7 días, El tiempo de retención hidráulica mayores o iguales a 7 días garantiza rendimientos mayores al 85% de eliminación de contaminantes (Akratos y Tsihrintzis, 2007).

Los TRH que duran más días favorece una interacción más cercana y duradero del afluente con el sustrato, biofilm y las raíces de la especie vegetal que participa en los procesos internos del humedal artificial, la cual tiene como resultado una mejora en la tasa de depuración (Ghosh y Gopal, 2010).

Al analizar la eficiencia de eliminación de DBO_5 para TRH se demostró que es necesario entre 3, 4 Y 5 días para alcanzar el 90% de eficiencia, valores que son comparables a las experiencias reportadas por la bibliografía (Vymazal and Kröpfelová 2008)

El inicio de tratamiento en él HAFV con *Chrysopogon zizanioides* se dio el día miércoles 23 de junio del 2021; las fechas para muestrear las repeticiones (R) durante el tratamiento son las siguientes:

- **Repeticón 1:** 24 de junio.
- **Repeticón 2:** 25 de junio.
- **Repeticón 3:** 26 de junio.

Las fechas para realizar el muestreo de las repeticiones post-Tratamiento son las siguientes:

- **Repeticón 1:** 30 de junio.
- **Repeticón 2:** 03 de julio.
- **Repeticón 3:** 06 de julio.

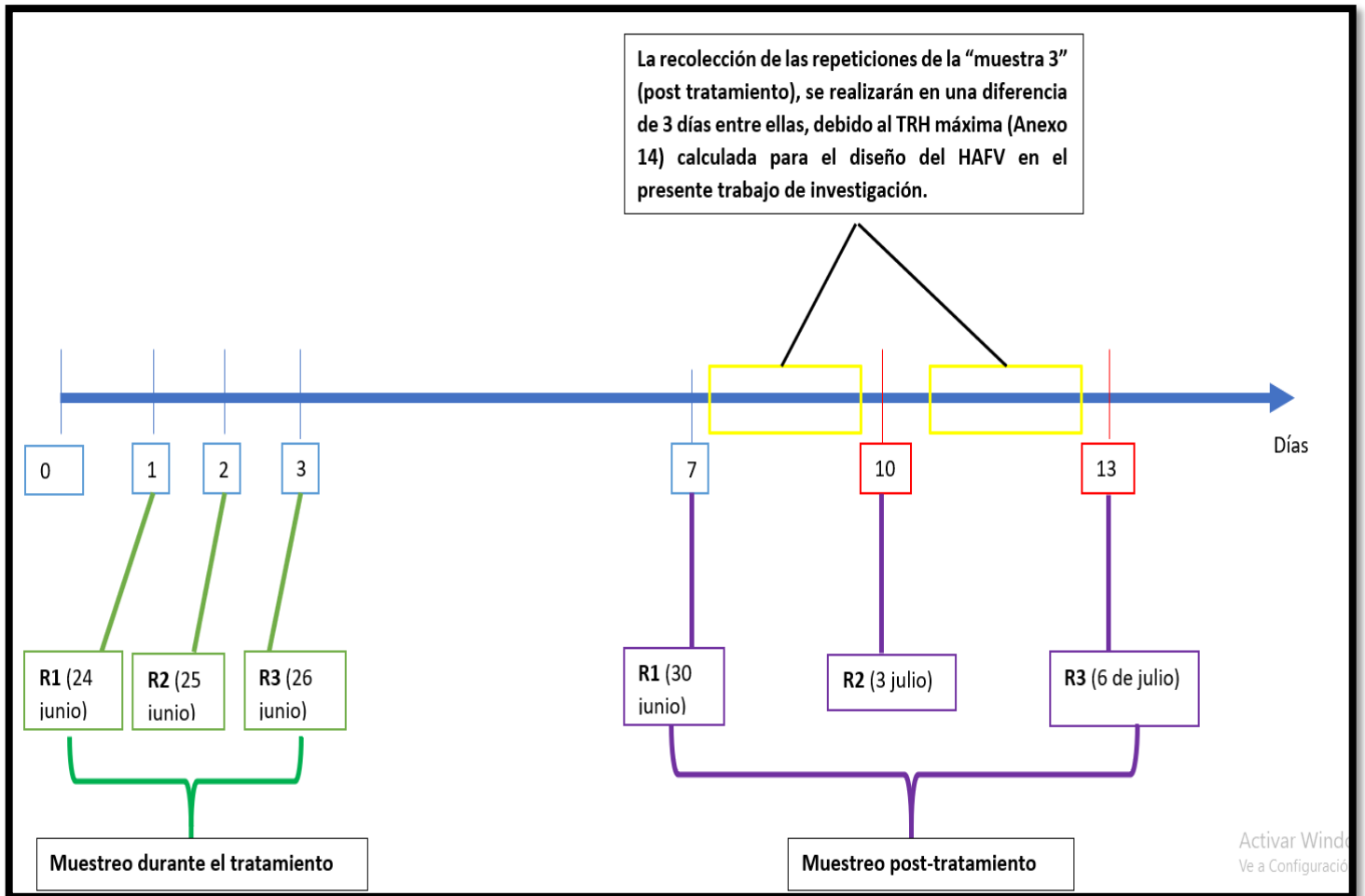


Figura 11: Diagrama de Tratamiento aguas grises en el humedal artificial de flujo vertical en días.

ETAPA 7: Recolección de las muestras en el HAFV con la especie vegetal (durante el tratamiento y post tratamiento).

Se registraron en la FICHA 1 los datos que se obtuvieron al momento de recolectar la muestra 3 en los 3 tubos de recolección ubicados en 3 sectores del HAFV con la especie vegetal durante el tratamiento. Por último, se recolectó en el efluente del HAFV con a la especie vegetal (post tratamiento) la muestra 3 que consta de 3 repeticiones obteniendo datos que se registraron en la FICHA 1.

Para el muestreo de las aguas grises inicial (pre-tratamiento), en el HAFV con la especie vegetal (durante y post tratamiento) se tomó como referencia el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales – PTAR, resolución ministerial N° 273-2013.

Para el presente trabajo de investigación, se utilizó un recipiente de 23 litros previamente esterilizado con agua ionizante para almacenar las aguas grises generadas por las actividades y de allí se realizó los muestreos correspondientes; según el protocolo menciona que los frascos que se van a utilizar deben de estar previamente esterilizados y se deben de enjuagar 3 veces con la misma agua de estudio. Por último, se debe de considerar el tipo de material de los frascos, el etiquetado, los preservantes, la manipulación de los recipientes y el transporte de las muestras al laboratorio. Bajo estas condiciones se realizó los siguientes muestreos.

El muestreo para los parámetros físicos como los sólidos suspendidos totales (SST) se utilizó un envase de plástico de 500 mL y para la turbidez un frasco de plástico ámbar de 100 mL, estos 2 parámetros se pueden refrigerar a $< 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ con un tiempo de almacenamiento de unos 7 días y 48 horas respectivamente.

Por último, para los parámetros Químicos como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se utilizó un envase de plástico de 100 mL, para su preservación se adicionó 10 gotas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) debido a que el pH debe ser menor a 2 ($\text{pH}<2$), para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) se utilizó un frasco de 1 L que se debe de llenar completamente, sin dejar burbujas de aire y por último, el Detergente (S.A.A.M.) se utilizó un frasco de plástico de 500 ml. Todos estos parámetros se pueden refrigerar a $<6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los tiempos de almacenamiento serán de 28 días, 48 horas y 47 horas respectivamente.

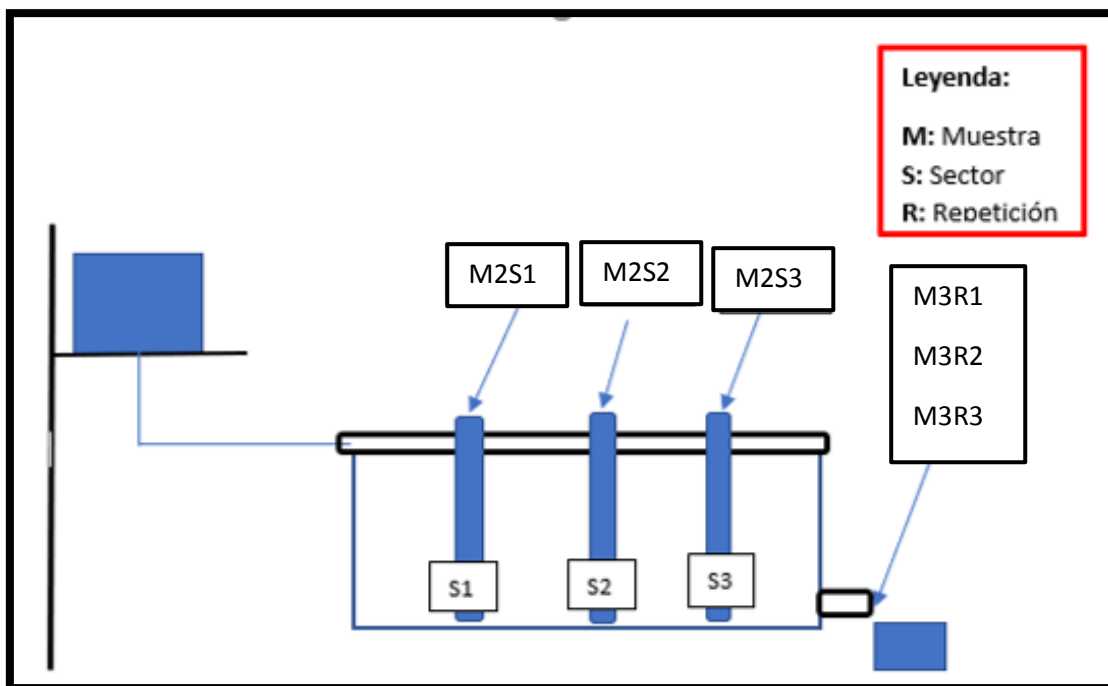


Figura 12: Diagrama de muestreo.

ETAPA 8: Análisis de las muestras del HAFV con la especie vegetal (durante el tratamiento y post-tratamiento)

Se realizó el muestreo correspondiente de las aguas grises tratadas mediante el humedal artificial, cuando estuvo en funcionamiento con la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* (vetiver), las muestras obtenidas del muestreo realizado durante el tratamiento y post tratamiento que consta de 3 repeticiones cada uno, se llevaron en un cooler hacia el laboratorio.

ALAB (ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.) es el laboratorio donde se realizaron los análisis correspondientes, este laboratorio de ensayo está acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL- DA (Instituto Nacional de Calidad- Dirección de Acreditación) con el registro N° LE- 096, también está acreditado por la INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE (IAS); los certificados de las acreditaciones se pueden observar en el **ANEXO 10**.

El laboratorio siguió los protocolos mencionados en los métodos normalizados y fijados en ediciones actuales de los métodos estándar por la APHA (Asociación pública norteamericana), AWWA (Asociación norteamericana de servicios de agua) y la

WEF (Federación del ambiente del agua) para análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las de aguas grises pre-tratamiento establecidos por la investigación.

El laboratorio envió al investigador informes de ensayo final (**ver ANEXOS 11, 12 Y 13**) según el número de orden otorgado al momento de contratar sus servicios, este informe conto con los resultados de los parámetros analizados. Dicha información se registró en el instrumento nombrado “Reporte de resultados de los análisis de las muestras” (**ver ANEXO 03**), previamente validado por 3 Ingenieros para ser utilizado en la presente investigación.

ETAPA 9: Comparación de resultados:

Para evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes presentes en las aguas grises mediante el humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides* (vetiver), se tomó en cuenta los resultados obtenidos de los análisis de muestra inicial (pre-tratamiento) con los resultados de los análisis de muestra después (post tratamiento), para ello se utilizó la siguiente fórmula.

$$EF (\%) = \frac{C_i - C_f}{C_i} X 100 \dots\dots\dots(9)$$

Dónde:

EF = es el porcentaje de eficiencia.

C_i = Concentración inicial de los parámetros.

C_f = Concentración final de los parámetros.

Se utilizó los estándares de calidad Ambiental para agua (ECA´s) categoría 3- D1: Riego de vegetales para realizar la comparación de los resultados obtenidos en la evaluación de la eficiencia de las aguas grises pre, durante y post tratamiento con el humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides*

(vetiver). Los parámetros evaluados fueron: Parámetros físicos son los Sólidos suspendidos totales (SST) y la turbidez y Parámetros químicos son la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO₅), Demanda Química del Oxígeno (DQO) y Detergentes. Los parámetros físicos fueron seleccionados a base de trabajos de investigaciones previos, por ende, no se usaron para la comparación, ya que estos 2 parámetros no están en los ECA's para agua- categoría 3: D1.

Tabla 8: ECA's para agua- Categoría 3: Riego de vegetales (D1)

Parámetros		Unidad de medida	Riego de vegetales	
			Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido
Químicas	DBO ₅	mg/L	15	
	DQO	mg/L	40	
	Detergentes	mg/L	0,2	

Fuente: estándares de calidad ambiental (ECA's) para agua (ver ANEXO 09)

3.5. Método de análisis de datos

En el presente trabajo de investigación, se utilizó los siguientes softwares para realizar los métodos de análisis de datos.

AutoCAD 2018: Es un software de modelamiento 3D, se realizó una interpretación en 3D del sistema de tratamiento para así tener una referencia de cómo se verá antes de su construcción e implementación.

Microsoft Word: Es un software de procesamiento de textos, permitió digitalizar toda la información propia del autor, así como la información obtenida de diversas fuentes para hacer la investigación. Además de la creación de diversas tablas como por ejemplo los instrumentos de recolección de datos.

Microsoft Excel: Es un software de hojas de cálculo, permitió la tabulación de los datos obtenidos de los análisis de los parámetros en el laboratorio, además se utilizó gráficos estadísticos para evaluarla la eficiencia de los procesos internos del

humedal artificial mediante la comparación de los resultados obtenidos con los estándares de calidad para agua- categoría 3: Riego de vegetales (D1).

SPSS Statistics 23: Es un software que realizó análisis estadísticos, por eso se ingresan los resultados obtenidos de las muestras pre y post-tratamiento analizados en el laboratorio, a través de tablas que el programa nos brindara.

Para la presente investigación se optó por una estadística deductiva llamada la prueba t de student, para realizar el análisis del efecto de la variable independiente (humedal artificial) en la variable dependiente (Tratamiento de aguas grises domésticas) a través del análisis de las muestras pre y post-tratamiento implementado el humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

Las circunstancias que influyen para señalar las diferencias entre dos grupos con sus respectivas medias se pueden estimar que habrá algún cambio, cuanto mayor es la variación entre las dos medias, significa que mayor es la probabilidad que una diferencia significativa exista, en cambio, si las diferencias son menores entonces, menor será la probabilidad que una diferencia estadística significativa exista. Además, un nivel más grande de la alfa requiere menos diferencia entre las medias ($p < .0.5$).

$$t = \frac{|Y_1 - Y_2|}{\sqrt{\frac{SC_1 + SC_2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \dots\dots\dots(10)$$

Dónde:

Y₁ y Y₂: son las medidas de las muestras de aguas grises pre y post-tratamiento.

S₁² y S₂²: son las varianzas de las muestras de aguas grises pre y post-tratamiento.

n₁ y n₂: son los tamaños de las muestras de aguas grises pre y post-tratamiento.

3.6. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó en base de los principios éticos a nivel nacional como a nivel personal del investigador, por ello se respetó los códigos nacionales de integridad ética- CONCYTEC y el código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo como por ejemplo no copiar información de otros trabajos de investigación respetando los derechos de autor, además de la fabricación y falsificación de datos durante la investigación, ya que estas acciones son consideradas como Actos de mala conducta científica. Así mismo, los instrumentos de recolección de datos utilizados en la presente investigación son validados por expertos obteniendo así un porcentaje de confiabilidad.

Otro principio ético es la beneficencia, ya que se busca obtener beneficios tanto sociales como ambientales sin realizar acciones que generen impactos negativos sobre otros ecosistemas, logrando de esta manera un equilibrio sostenible.

IV. RESULTADOS

Se analizaron muestras de aguas grises domésticas antes, durante y después del tratamiento para conocer el nivel de contaminación que presentan. A continuación, se mostrará los niveles de las concentraciones de los parámetros físicos durante todo el proceso de tratamiento en el humedal artificial de flujo vertical con la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides*.

Tabla 9: Parámetros físicos pre (antes), durante y post (después) tratamiento.

PARÁMETROS		AGUA GRISES GENERADAS (pre-tratamiento)	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL CON <i>Chrysopogon zizanioides</i> (durante el tratamiento)			PROMEDIO	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL CON <i>Chrysopogon zizanioides</i> (post-tratamiento)			PROMEDIO
		Muestra 1	Muestra 2				Muestra 3			
		S1	S2	S3	R1		R2	R3		
CÓDIGO		M1	M2S1	M2S2	M2S3		M3R1	M3R2	M3R3	
FÍSICOS	Sólidos Suspendidos Totales (SST) (mg/L)	820	19	<5	<5	9,7	<5	<5	<5	5
	Turbidez (UNT)	167	141	9	6	52	2	<0,50	<0,50	1

Interpretación:

En la tabla 9, se observa los resultados de los parámetros físicos como los sólidos suspendidos totales, se obtuvo un valor de 820 mg/L en el primer análisis de aguas grises generadas (pre-tratamiento), en cambio, hubo una considerable disminución durante el tratamiento, obteniendo un promedio de 9,7 mg/L y en el post-tratamiento se registró una concentración promedio aproximado de 5 mg/L. Para la turbidez en el primer análisis se obtuvo un valor de 167 UNT, en cambio, durante el tratamiento hubo una disminución obteniendo un valor promedio de 52 UNT y en el post-tratamiento fue de una cantidad promedio de 1 UNT.

Además, se mostrará los niveles de las concentraciones de los parámetros químicos durante todo el proceso de tratamiento en el humedal artificial de flujo vertical con la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* son los siguientes:

Tabla 10: Parámetros químicos pre (antes), durante y post (después) tratamiento.

PARÁMETROS		AGUA GRISES GENERADAS (pre-tratamiento)	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL CON <i>Chrysopogon zizanioides</i> (durante el tratamiento)			PROMEDIO	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL CON <i>Chrysopogon zizanioides</i> (post-tratamiento)			PROMEDIO
		Muestra 1	Muestra 2				Muestra 3			
		S1	S2	S3	R1		R2	R3		
CÓDIGO		M1	M2S1	M2S2	M2S3		M3R1	M3R2	M3R3	
QUÍMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	367,5	56	65,6	53,2	58,3	9,2	<2	<2	4,4
	Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	1138	191,9	198,6	178,6	189,7	64,7	<5	<5	24,9
	Detergentes (mg/L)	83,290	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025

Interpretación:

En la tabla 10, se observa los resultados de los parámetros químicos como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), se obtuvo un valor de 367,5 mg/L en el primer análisis de aguas grises generadas (pre-tratamiento), en cambio, hubo una considerable disminución durante el tratamiento, obteniendo un promedio de 58,3 mg/L y en el post-tratamiento tuvo una concentración promedio de 4,4 mg/L. Para la demanda química del oxígeno (DQO) en el primer análisis (pre-tratamiento) se obtuvo un valor de 1138 mg/L, en cambio, durante el tratamiento hubo una disminución obteniendo un valor promedio de 189,7 mg/L y en el post- tratamiento fue de una cantidad promedio de 24,9 mg/L. Por último, en detergentes se obtuvo como resultado 83,290 mg/L en el primer análisis (pre-tratamiento), en cambio, hubo una considerable disminución durante el tratamiento, obteniendo un promedio aproximado de 0,025 mg/L y en el post- tratamiento se registró una concentración promedio aproximado de 0,025 mg/L.

Por último, se comparó las concentraciones de los parámetros físicos y químicos del pre-tratamiento, durante el tratamiento, post-tratamiento y los estándares de calidad del agua (categoría 3-D1). Además, se calculó la eficiencia que tuvo el HAFV con *Chrysopogon zizanioides* entre los resultados iniciales y finales.

Tabla 11: Comparación de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológico del pre, durante, post-tratamiento y ECA'S.

PARÁMETROS		AGUA GRISES GENERADAS (pre-tratamiento)	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL CON <i>Chrysopogon zizanioides</i> (post-tratamiento)	EFICIENCIA (%)	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL CON <i>Chrysopogon zizanioides</i> (durante el tratamiento)	ECA'S AGUA
			Promedio		Promedio	Categoría 3-D1
FÍSICOS	Sólidos Suspendidos Totales (SST) (mg/L)	820	<5	99,39	9,7	-----
	Turbidez (UNT)	167	1	99,40	52	-----
QUÍMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	367,5	4,4	98,80	58,3	15
	Demanda Química del Oxígeno (DQO) (mg/L)	1138	24,9	97,81	189,7	40
	Detergentes (mg/L)	83,290	<0,025	99,97	<0,025	0,2

Interpretación:

En la tabla 11, se observa el porcentaje de remoción de todos los parámetros están por encima del 90%, además, los valores promedios del DBO₅ (367,5 mg/L), DQO (1138 mg/L) y Detergentes (83,290 mg/L) en el pre-tratamiento, sobrepasan lo establecido en los estándares de calidad del agua (categoría 3-D1) 15 mg/L, 40 mg/L y 0,2 mg/L respectivamente, en cambio, durante el tratamiento solo el parámetro químico: detergentes (<0,025 mg/L) cumple en no sobrepasar ECA's

(0,2 mg/L). Por último, en el post-tratamiento los parámetros DBO₅ (4,4 mg/L), DQO (24,9 mg/L) y Detergentes (0,025 mg/L) cumplen con los ECA'S (categoría 3- D1).

El análisis estadístico que se utilizó para contrastar la hipótesis general (resultados antes y después del tratamiento de A.G) se realizó mediante la prueba t student.

Prueba t student

Hipótesis nula (Ho): El humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* no será eficiente para el tratamiento de aguas grises en la urbanización “El Cóndor”, Callao 2021

Hipótesis alterna (Hi): El humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* será eficiente para el tratamiento de aguas grises en la urbanización “El Cóndor”, Callao 2021.

Tabla 12: Prueba de normalidad para SST pre-tratamiento y SST post-tratamiento-Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
sólidos suspendidos totales pre-tratamiento	,175	3	.	1,000	3	1,000
sólidos suspendidos totales post-tratamiento	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. sólidos suspendidos totales pre-tratamiento es constante.

Se observa en la tabla 12, la prueba de normalidad para el parámetro SST en el afluente (pre-tratamiento) y SST para el efluente (post-tratamiento), donde el Sig. (bilateral) es de 1,000 para los 2 casos dichos valores son mayores que 0,05, de modo que existe una distribución normal.

Tabla 13: Prueba de T- Student para SST pre-tratamiento y SST post-tratamiento- Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
sólidos suspendidos totales pre-tratamiento - sólidos suspendidos totales post-tratamiento	814,11000	,91000	,52539	811,84943	816,37057	1549,538	2	,000

En la tabla 13 de la prueba T-student, el sig. (bilateral) es 0, siendo menor que 0,05, por lo tanto, existe diferencia significativa entre las medias, rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, de modo que el humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides* será eficiente para el tratamiento de las aguas grises domésticas con respecto a los SST.

Tabla 14: Prueba de normalidad para turbidez pre-tratamiento y turbidez post-tratamiento- Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
turbidez pre-tratamiento	,175	3	.	1,000	3	1,000
turbidez post-tratamiento	,346	3	.	,837	3	,206

a. turbidez pre-tratamiento es constante.

Se observa en la tabla 14, la prueba de normalidad para el parámetro turbidez en el afluente (pre-tratamiento) y turbidez para el efluente (post-tratamiento), donde el Sig. (bilateral) es de 1,000 y 0,206, dichos valores son mayores que 0.05, de modo que existe una distribución normal.

Tabla 15: Prueba de T- Student para la turbidez pre-tratamiento y la turbidez post-tratamiento- Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
turbidez pre-tratamiento - turbidez post-tratamiento	166,08667	,93029	,53710	163,77571	168,39763	309,228	2	,000

En la tabla 15 de la prueba T-student, el sig. (bilateral) es 0, siendo menor que 0.05, por lo tanto, existe diferencia significativa entre las medias, rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, de modo que el humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides* será eficiente para el tratamiento de las aguas grises domésticas con respecto a la turbidez.

Tabla 16: Prueba de normalidad para DBO₅ pre-tratamiento y DBO₅ post-tratamiento-Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO pre-tratamiento	,175	3	.	1,000	3	1,000
DBO post-tratamiento	,338	3	.	,852	3	,246

a. DBO pre-tratamiento es constante.

Se observa en la tabla 16, la prueba de normalidad para el parámetro DBO₅ en el afluente (pre-tratamiento) y DBO₅ para el efluente (post-tratamiento), donde el Sig. (bilateral) es de 1,000 y 0,246, dichos valores son mayores que 0,05, de modo que existe una distribución normal.

Tabla 17: Prueba de T- Student para DBO₅ pre-tratamiento y DBO₅ post-tratamiento-Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
DBO pre-tratamiento - DBO post-tratamiento	362,66667	3,82143	2,20630	353,17371	372,15963	164,377	2	,000

En la tabla 17 de la prueba T-student, el sig. (bilateral) es 0, siendo menor que 0,05, por lo tanto, existe diferencia significativa entre las medias, rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, de modo que el humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides* será eficiente para el tratamiento de las aguas grises domésticas con respecto al DBO₅.

Tabla 18: Prueba de normalidad para DQO pre-tratamiento y DQO post-tratamiento- Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO pre-tratamiento	,175	3	.	1,000	3	1,000
DQO post-tratamiento	,365	3	.	,797	3	,107

a. DQO pre-tratamiento es constante.

Se observa en la tabla 18, la prueba de normalidad para el parámetro DQO en el afluente (pre-tratamiento) y DQO para el efluente (post-tratamiento), donde el sig. (bilateral) es de 1,000 y 0,107, dichos valores son mayores que 0.05, de modo que existe una distribución normal.

Tabla 19: Prueba de T- Student para DQO pre-tratamiento y DQO post-tratamiento- Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
DQO pre-tratamiento - DQO post-tratamiento	1114,83333	35,58937	20,54753	1026,42443	1203,24223	54,256	2	,000

En la tabla 19 de la prueba T-student, el sig. (bilateral) es 0, siendo menor que 0.05, por lo tanto, existe diferencia significativa entre las medias, rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, de modo que el humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides* será eficiente para el tratamiento de las aguas grises domésticas con respecto al DQO.

Tabla 20: Prueba de normalidad para Detergentes pre-tratamiento y Detergentes post-tratamiento- Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Detergentes pre-tratamiento	,175	3	.	1,000	3	1,000
Detergentes post-tratamiento	,253	3	.	,964	3	,637

a. Detergentes pre-tratamiento es constante.

Se observa en la tabla 20, la prueba de normalidad para el parámetro Detergentes en el afluente (pre-tratamiento) y Detergentes para el efluente (post-tratamiento),

donde el sig. (bilateral) es de 1,000 y 0,637, dichos valores son mayores que 0.05, de modo que existe una distribución normal.

Tabla 21: Prueba de T- Student para Detergentes pre-tratamiento y Detergentes post-tratamiento- Humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides*.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Detergentes pre-tratamiento - Detergentes post-tratamiento	83,17167	,09251	,05341	82,94186	83,40148	1557,189	2	,000

En la tabla 21 de la prueba T-student, el sig. (bilateral) es 0, siendo menor que 0.05, por lo tanto, existe diferencia significativa entre las medias, rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, de modo que el humedal artificial de flujo vertical con la especie *Chrysopogon zizanioides* será eficiente para el tratamiento de las aguas grises domésticas con respecto a los detergentes.

V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se determinó que el humedal artificial con la especie *Chrysopogon zizanioides* tuvo una eficiente remoción de las concentraciones de los contaminantes de las aguas grises (agua residual doméstica) los resultados coinciden con lo manifestado por Rojas (2018) quien afirma que la utilización de la especie vetiver para el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales es eficiente, ya que es apropiada para tolerar y remover altas concentraciones de contaminantes hasta incluso metales pesados como el mercurio. Torres (2017) menciona la importancia de considerar en las metodologías de diseño de humedales de flujo subsuperficial vertical, los factores que contribuyen en la distribución del flujo son las dimensiones (Largo, ancho y la profundidad), la temperatura de la muestra, la conductividad y carga hidráulica con el fin de obtener una mayor eficiencia al momento de remover los contaminantes. Moreno y Rangel (2018), menciona que durante el crecimiento y desarrollo de las plantas vetiver se infiere que están realizando su proceso de descontaminación y remoción del agua residual, debido a que la planta captura los nutrientes presentes en las aguas grises por medio de sus raíces y los incorporan a sus tejidos, para poder realizar sus procesos vitales.

Los sustratos (arena y grava) son importantes al momento de contribuir en el tratamiento, ya que actúan como un medio granular, lo dicho coincide con lo manifestado por Torres (2017) menciona que debe de ser de tres tipos diferentes de granulometría con la finalidad de evitar una rápida o lenta filtración de la muestra en el medio granular y así no permanezca inundado, además para mejorar los procesos de degradación aeróbica se cuenta con tuberías para airear el sistema de tratamiento, otra característica es que la muestra no está expuesta a las condiciones atmosféricas con lo cual evitara el contacto directo con las personas, la generación de malos olores y la presencia de vectores. Para obtener una mejor experiencia al momento de utilizar esta tecnología para el tratamiento de aguas grises se debe de realizar en los meses cálidos. Morales, López, Vera y Vidal (2013) afirma, para obtener un máximo desempeño de un humedal artificial, este sistema de tratamiento debe de tener una temperatura de 26.7 °C, la cual influye positivamente en los resultados.

Los resultados obtenidos de los parámetros físicos como los sólidos suspendidos totales (SST), se pudo observar el comportamiento de las concentraciones en todo el proceso del tratamiento, la concentración en el afluente (pre-tratamiento) fue de 820 mg/L, mientras las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo en los tres primeros días durante el tratamiento fueron: 19 mg/L, 5 mg/L y 5 mg/L obteniendo un promedio de 9,7 mg/L. En el efluente (post-tratamiento) las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo fueron: 5 mg/L, 5 mg/L y 5 mg/L para los tres tiempos de retención hidráulica de 7, 10 y 13 días respectivamente, obteniendo un promedio de 5 mg/L. Valencia (2019), menciona la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales, está relacionado con el crecimiento fisiológico de las plantas sobre todo en su sistema de raíces, tomando en cuenta al sustrato empleado como la grava y arena, la cual aporta en una gran medida a retener este tipo de partículas. La concentración del parámetro Turbidez en el afluente (pre-tratamiento) fue de 167 UNT, mientras las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo en los tres primeros días durante el tratamiento fueron: 141 UNT, 9 UNT y 6 UNT obteniendo un promedio de 52 UNT. En el efluente (post-tratamiento) las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo fueron: 2 UNT, 0,50 UNT y 0,50 UNT para los tres tiempos de retención hidráulica de 7, 10 y 13 días respectivamente, obteniendo un promedio de 1 UNT. Morales y Castellanos (2018), mencionan que a los 5 días de tiempo de retención hidráulica se obtuvo una reducción del 92.3 % de la turbiedad, la cual está relacionada con los sólidos suspendidos totales, ya que cuando disminuye los SST la turbidez también disminuye o viceversa.

Los resultados obtenidos de los parámetros químicos como la demanda bioquímica del oxígeno (DBO_5), se pudo observar el comportamiento de las concentraciones en todo proceso del tratamiento, la concentración en el afluente (pre-tratamiento) fue de 367,5 mg/L, mientras las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo en los tres primeros días durante el tratamiento fueron: 56 mg/L, 65,6 mg/L y 53,2 mg/L obteniendo un promedio de 58,3 mg/L. En el efluente (post-tratamiento) las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo fueron: 9,2 mg/L, 2 mg/L y 2 mg/L para los tres tiempos de retención hidráulica de 7, 10 y 13 días respectivamente, obteniendo un promedio de 4,4 mg/L. Gonzáles (2012), menciona que para lograr la degradación de la concentración del DBO_5 se necesita

del traslado de los constituyentes disueltos como los ácidos desoxirribonucleico encontrados dentro de las biopelículas microscópicamente finas que están en todas las superficies húmedas, o por la zona de las raíces de la especie vegetal utilizada. Además, se toma en cuenta las características microbianas como el metabolismo, sedimentación y absorción que se ejecuta en el sistema de tratamiento (H.A) mejorando la reducción del parámetro. (Karathanasiet al. 2003). La concentración del parámetro demanda química del oxígeno (DQO) en el afluente (pre-tratamiento) fue de 1138 mg/L, mientras las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo en los tres primeros días durante el tratamiento fueron: 191,9 mg/L, 198,6 mg/L y 178,6 mg/L obteniendo un promedio de 189,7 mg/L. En el efluente (post-tratamiento) las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo fueron: 64,7 mg/L. 5 mg/L y 5 mg/L para los tiempos de retención hidráulica de 7, 10 y 13 días respectivamente, obteniendo un promedio de 24,9 mg/L, según Moreno y Rangel (2018), mencionan que el periodo de adaptación de 20 días de la planta vetiver es recomendable, ya que de este modo se producirá una disminución significativa para la variable de DQO, debido a la degradación de la materia orgánica como inorgánica por efecto en mayor proporción de las bacterias anaeróbicas que se encontraron en lecho del sistema de tratamiento contribuyendo en la descontaminación de la muestra. Por último, la concentración del parámetro detergente en el afluente (pre-tratamiento) fue de 83,290 mg/L, mientras las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo en los tres primeros días durante el tratamiento obtuvieron el mismo resultado de 0,025 mg/L, obteniendo un promedio de 0,025 mg/L. En el efluente (post-tratamiento) las concentraciones de las tres repeticiones que se llevó a cabo fueron menores a 0,025 mg/L para los tiempos de retención hidráulica de 7, 10 y 13 días respectivamente, obteniendo un promedio de 0,025 mg/L.

Según los resultados del laboratorio ALAB se determinó que las muestras analizadas post-tratamiento no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para agua (categoría 3- D1), además se obtuvo un alto porcentaje de remoción de las concentraciones inicial y final de los parámetros, la cual se halló entre la muestra del afluente (pre-tratamiento) y efluente (post-tratamiento): El porcentaje de remoción fue del 97, 81% para el parámetro DQO, cumpliendo así con lo establecido en la hipótesis (70%) de la presente investigación; este resultado

coincide con lo expresado por S. Kantawanichkul, et al. (1999), su investigación consistió en analizar la eficiencia de dos humedales artificiales de flujo vertical con dos tipos de especie vegetal, una de ellas fue el vetiver, la cual tuvo un porcentaje de remoción del DQO entre el 90% al 80. El porcentaje de remoción del parámetro sólidos suspendidos totales (SST) fue de un 99,39%, cumpliendo de esta manera lo establecido en la hipótesis (92%) de la presente investigación; este resultado coincide con lo expresado por Alireza Valipoura, V., et al. (2009), menciona en su investigación que obtuvo un porcentaje de remoción del 73,13% para el parámetro SST. El porcentaje de remoción fue del 99,40% para el parámetro turbidez, cumpliendo así con lo establecido en las hipótesis (95%) de la presente investigación; este resultado coincide con lo expresado por M.Y. Sklarz, et al. (2007), cuya investigación tuvo que implementar un humedal artificial de flujo vertical obteniendo un porcentaje de remoción del 80% para la turbidez. Para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) el porcentaje de remoción fue del 98,80%, cumpliendo de este modo con lo establecido en las hipótesis (75%) de la presente investigación, este resultado coincide con lo expresado por Gideon P. Winwarda, et al. (2008), su investigación consistió en el tratamiento de aguas grises a través de un humedal artificial de flujo vertical, obteniendo un porcentaje de remoción del 86% de DBO₅. Por último, para detergentes el porcentaje de remoción fue del 99,97%, cumpliendo así con el porcentaje establecido en las hipótesis (50%). En conclusión, la implementación de un humedal artificial de flujo vertical con la especie vetiver tuvo una alta eficacia en la remoción de los contaminantes presentes en las muestras de aguas grises doméstica, además los valores de las concentraciones en las tres repeticiones de todos los parámetros en el efluente (post-tratamiento) no sobrepasan los ECA's para agua, categoría 3- D1: Riego de vegetales.

VI. CONCLUSIONES

1. La eficiencia del humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización “El Cóndor”, Callao fue evaluada en un tiempo total de retención hidráulica de 13 días para los siguientes parámetros SST, Turbidez, DBO₅, DQO y Detergentes obteniendo un alto porcentaje de reducción de las concentraciones de parámetros del 99,39%, 99,40%, 98,80%, 97,81% y 99,97% respectivamente.
2. Se determinaron los niveles de sólidos suspendidos (SST) y turbidez que presentan las aguas grises pre, durante y post-tratamiento en una vivienda ubicada en la urbanización “El Cóndor”, Callao obteniendo los siguientes resultados: afluente (pre-tratamiento) para los SST de 820 mg/L y turbidez de 167 UNT; durante el tratamiento se realizó tres repeticiones, se obtuvieron los siguientes resultados: 19 mg/l, 5 mg/L y 5 mg/L con un promedio de 9,7 mg/L para SST y 141 UNT, 9 UNT y 6 UNT con un promedio de 52 UNT para la turbidez y en el efluente (post-tratamiento) se realizó tres repeticiones, se obtuvieron los siguientes resultados 5 mg/L, 5 mg/L y 5 mg/L con un promedio de 5 mg/L para SST y 2 UNT, 0,50 UNT y 0,50 UNT con un promedio de 1 UNT para la turbidez.
3. Se determinaron los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y detergentes que presentan las aguas grises pre, durante y post-tratamiento en una vivienda ubicada en la urbanización “El Cóndor”, Callao obteniendo los siguientes resultados: afluente (pre-tratamiento) para DBO₅ de 56 mg/L, DQO de 1138 mg/L y detergentes de 83,290 mg/L; durante el tratamiento se realizó tres repeticiones, se obtuvieron los siguientes resultados 56 mg/L, 65,5 mg/L y 53,2 mg/L con un promedio de 58,3 mg/L para DBO₅; 191 mg/L, 198,6 mg/L y 178,6 mg/L con un promedio de 189,7 mg/L para DQO y 0,025 mg/L, 0,025 mg/L y 0,025 mg/L con un promedio de 0,025 mg/L para detergentes y en el efluente (post-tratamiento) se realizó tres repeticiones, se obtuvieron los siguientes resultados 9,2 mg/L, 2 mg/L y 2 mg/L con un promedio de 4,4

mg/L para DBO₅; 64,7 mg/L, 5 mg/L y 5 mg/L con un promedio de 24,9 mg/L para DQO y 0,025 mg/L, 0,025 mg/L y 0,025 mg/L para detergentes.

4. Se determinaron los niveles de los parámetros físicos y químicos en el post-tratamiento de aguas grises en una vivienda ubicada en la urbanización “El Condor”, Callao cumplen con los ECA’s (estándares de calidad ambiental) para aguas de categoría 3- D1 (agua para riego), a su vez este tipo de agua podrán ser reutilizadas como agua de riego o en diferentes actividades del hogar.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar otros análisis de parámetros como el fosfato o metales pesados que también se encuentran en las aguas residuales, para poder observar cómo influye el humedal artificial de flujo vertical con la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* en estos contaminantes
- Se recomienda la compra de sustratos como la arena fina y gruesa que no tengan impurezas (materia orgánica, olor, color negruzco, etc.) para que no altere las muestras, además se recomienda lavar las piedras gruesas y el confitillo.
- Se recomienda realizar el tratamiento de aguas grises en el humedal artificial de flujo vertical con la especie vetiver en un tiempo de retención hidráulica mayor a lo aplicado en la presente investigación para conocer el rendimiento del sistema de tratamiento en los parámetros.
- Se recomienda contactar con asociaciones vecinales para poder implementar humedales artificiales con la especie *Chrysopogon zizanioides* en zonas urbanas para generar interés en la población sobre el cuidado del ambiente.

REFERENCIAS

Alarcon, T., Zurita, F., Hadad, H., Garcia, A., Vidal, G., Maine, M., Borrero, J., Rivas, A., Moeller, G. y Vera, I. Humedales de tratamiento: alternativa de tratamiento de aguas residuales aplicable en América Latina [en línea] .1.er ed. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, June 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2020].

Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jaime_Lara-Borrero/publication/325722763_Humedales_de_tratamiento_alternativa_de_tratamiento_de_aguas_residuales_aplicable_en_America_Latina/links/5b202e7ea6fdc69745cf775/Humedales-de-tratamiento-alternativa-de-tratamiento-de-aguas-residuales-aplicable-en-America-Latina.pdf?origin=publication_detail

Alegre, Juan. Manual sobre el uso y manejo del pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2007.

Disponible en: http://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf

Allen, Luis. Manual de diseño para manejo de aguas grises. California: Greywater Action, 2015. Disponible en: <https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>

Akratos, C. & TSIHRINTZIS, V. Vegetation porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering* [online]. February 2007, vol. 29, n°2. [date of consultation: October 27, 2020].

Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857406001285>

Arteaga V., Quevedo A., Paniagua D., Castro M., Bravo A. y Ramírez J. Estado del arte: una revisión actual a los mecanismos que realizan los humedales artificiales para la remoción de nitrógeno y fósforo. SciELO. [en línea]. 15 de febrero 2020, vol. 10, n.º 5. [Fecha de consulta: 07 de julio de 2021]. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222019000500319

ISSN: 2007-2422

Aznar, Antonio. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba” [en

línea]. 2000. Vol.2 n.º23. [Fecha de consulta: 9 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Brix, H. The role of wetlands for the Control of Pollution in rural Areas. Desing and Use of Constructed Wetlands. Curso CIHEAM-IAWQ. Zaragoza, 1994. Vol. 30 n.º8. [date of consultation: September 8, 2020]. Available in: https://www.researchgate.net/publication/230563362_Use_of_Constructed_Wetlands_in_Water-Pollution_Control_-_Historical_Development_Present_Status_and_Future_Perspectives

Carvajal, A., Zapattini, C. y Quintero, C. Humedales Artificiales, una alternativa para la depuración de Aguas Residuales en el Municipio de Mizque, Bolivia. *DISTECD* [online]. 2018, nº 5. [día de la consulta: 22 de abril del 2021]. Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/distecd/article/view/3744>

ISSN: 23868546

Chang, J., Su-qingWu, Yan-ranDai, WeiLiang & Zhen-binWu. Nitrogen removal from nitrate-laden wastewater by integrated vertical-flow constructed wetland systems. *Ecological Engineering* [online]. September 2013, Vol. 58. [date of consultation: September 8, 2020]. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857413002401>

ISSN: 09258574

Delgadillo, O., Camacho, A., Perez, L. y Andrade M. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Bolivia: centro Andino para la gestión y uso del agua, 2010.pp7. (fecha de consulta: 15 de junio del 2020). Disponible en: <https://blogdelagua.com/wp-content/uploads/2013/02/depuracion-de-aguas-residuales-por-medio-de-humedales-artificiales.pdf>

EPA. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. Humedales de Flujo superficial. Washington, D.C.: Office of Water, 2000.
EPA 832.F.00-023.

FRIAS, Tatiana y MONTILLA, Lizeth. Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015. Tesis (Licenciado en Ecología). San Juan: Universidad Cinética del Perú, 2016. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%C3%8DAS-MONTILLA-Evaluaci%C3%B3n-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, E. Tratamiento de aguas industriales: Análisis microbiológicos de aguas residuales. Fundación Universitaria Iberoamericana. Barcelona, 2004.

García, J. Initial contaminant removal performance factors in horizontal flow reed beds used for treating urban wastewater, 2004. *Wat. Res.*, 38, 1669-1678.

Garduño, Raquel, Gutiérrez, Julio y Bulnes, María. Manual de uso, mantenimiento y construcción: Estación de lavado con manejo de aguas grises por infiltración subsuperficial. [en línea]. [fecha de consulta: 9 de septiembre 2020]. Disponible en: <https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>

Gender, Kelvin y ARMAO, Juan. Estudio de la biodegradación de los detergentes comerciales domésticos de nuestro país. Tesis (Ingeniero Químico). Guayaquil: Universidad de Guayaquil del Ecuador, 2005. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/414/1/TESIS%20952.pdf>

Ghosh, D. & Gopal, B. Effect of hydraulic retention time on the treatment of secondary effluent in a subsurface flow constructed wetland. *Ecological engineering* [online]. August 2010, vol. 36. [date of consultation: October 27, 2020]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741000090X>

GONZÁLEZ, BALDEMAR. Eficiencia de un humedal artificial a escala piloto en el tratamiento de las aguas residuales del beneficiado húmedo del café. Tesis (Ingeniero en procesos ambientales). México: Universidad autónoma agraria “Antonio Narro” unidad laguna, 2012. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2648>

GUIA para la elaboración del protocolo de tesis e informe de tesis profesional. Puebla: Universidad para el desarrollo, 2012

Huang, J., Xiao, J., Guo, Y., Guan, W., Cao, C. & Yan, Y. Wang, M. Long-term effects of silver nanoparticles on performance of phosphorus removal in a laboratory-scale vertical flow constructed wetland. *Ecological Engineering* [online]. January 2020, vol. 87. [date of consultation: September 8, 2020]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074219315980>
ISSN: 18787320

Hussain, F., Quan, H., Mattheeuws, F., Lgdt, W., Depuydt, V., Desloover, J., Rousseau, D. & Van Hulle, S. Decentralized grey and black water reuse by combining a vertical flow constructed wetland and membrane based potable water system: Full scale demonstration. *ScienceDirect* [online]. 2021, vol 9, n°1. [date of consultation: november 18, 2021]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221334372031037X>

KANTAWANICHKUL, S., Pilaila, S., Tanapiyawanich, W. & Kamkrua, S. Wastewater treatment by tropical plants in vertical-flow constructed wetlands. *Ecological Engineering* [online]. 1999, vol 40, n°3. [date of consultation: September 5, 2020]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027312239900462X>

KARATHANASIS, A.D., C.L. Potter & M.S. Coyne. Vegetation effects on fecal bacteria, BOD, and suspended solid removal in constructed wetlands treating domestic wastewater. *Ecological Engineering* [online]. 2003, vol 20: pp. 157-169. [date of consultation: july 15, 2021]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857403000119>

Larios, Fernando, Gonzáles, Carlos y Morales, Yennyfer. SABER Y HACER Revista de la facultad de Ingeniería. [en línea]. 2(2). 7 de octubre 2015. [Fecha de consulta: 1 de octubre de 2020]. Disponible en <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/download/115/215>

Larriva, B. y Gonzales, A. Modelación hidráulica de humedales artificiales de flujo sub-superficial horizontal. *Rev. Ing. Hidráulica y Ambiental* [online]. 2017, vol. XXXVIII, n°1. [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Modelaci%C3%B3n-hidr%C3%A1ulica-de->

[humedales-artificiales-de-V%C3%A1squez-](#)

[D%C3%ADaz/8bc23a5121dbff526d532b8a7da7ac016dab7e58](#)

ISSN: 1815-591

Mendoza, Daniel y Ramos, Gabriela. Diseño y Construcción a escala piloto de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. Apaxtla de Castrejón, Guerrero. Tesis (Titulo de biólogo). Iztapalapa: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. Disponible en:

[https://www.zaragoza.unam.mx/wp-](#)

[content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_ramos_escorza.pdf](#)

Mendoza, Roy. Sistema integrado de Gestion- SSYMA. (En línea) P.1. 2017. Disponible en:

[https://www.goldfields.com.pe/SSYMA/procedimientos_control_ambiental/documentos_varios/SSYMA-](#)

[D02.04%20Uso%20de%20Equipos%20de%20Medici%C3%B3n%20in%20situ%20V8.pdf](#)

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Tratamiento de Aguas Residuales mediante Humedales Artificiales. [en línea]. [2015]. Disponible en:

[http://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/tratamiento-aguas-residuales-mediante-humedales-artificiales](#)

Monje, Carlos. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa Guía didáctica. [en línea]. Neiva: Universidad surcolombiana Facultad de ciencias sociales y humanas programa de comunicación social y periodismo, 2011 [fecha de consulta: 2 de octubre de 2020]. Capítulo 7. Disponible en

[https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf](#)

Morales, G., Lopez, D., Vera, I. y Vidal, G. Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas. *Theoria* [online]. 2013, vol. 22, nº1. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2021]. Disponible en: [http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/194/v/v22-1/vidal_theo22\(1\)-2013.pdf](#)

Moreno, Javier y Rangel, Jennifer. Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal prototipo plantado con sistema vetiver para el tratamiento de aguas residuales en una vivienda rural en el municipio de Floridablanca. Tesis (ingeniero ambiental). Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, 2018. Disponible en: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5590/digital_37498.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Murcia, L., Calderón, O. y Días, J. Impactos de aguas grises en propiedades físicas del suelo. *Tecno Lógicas*. 17(32), 57-65, 2013.

Paredes, L. Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando *Eichhornia crassipes* "Jacinto de agua". Perú- Tingo María: Universidad nacional Agraria de la selva, 2015.p.10.

AL Falahi, O., Sheikh, S., Abu, H., Razi, A., Mufeed, H., Abdulwahab, I., Budi, S., Fauzul, M. & Izzati, N. Simultaneous removal of ibuprofen, organic material, and nutrients from domestic wastewater through a pilot-scale vertical sub-surface flow constructed wetland with aeration System. *ScienceDirect* [online]. 2021, vol 43. [date of consultation: november 18, 2021]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714421003019>

Prochaska, C. A., Zouboulis, A. I. & Eskridge K. M. Performance of pilot-scale vertical-flow constructed wetlands, as affected by season, substrate, hydraulic load and frequency of application of simulated urban sewage. *Ecological Engineering* [online]. September 2007, vol. 31, n°1. [date of consultation: September 8, 2020]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857407001115>

Ramírez, José. Detergentes orgánicos sintéticos y ambiente. *Hidrogénesis* [en línea]. Vol. 4. n°1, 2006. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2020]. Disponible en <https://silo.tips/downloadFile/detergentes-organicos-sinteticos-y-ambiente>

Ramon, Gustavo. Diseños experimentales apuntes de clase del curso Seminario Investigativo VI. Colombia: Universidad de Antioquia [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2020]. Disponible en <https://silo.tips/downloadFile/diseos-experimentales?preview=1>

Rasha Al-Saedi, Keith Smettem & Kadambot H.M. Siddique. Nitrogen removal efficiencies and pathways from unsaturated and saturated zones in a laboratory-scale vertical flow constructed wetland. ScienceDirect [online]. 2018, vol 228: pp. 466-474. [date of consultation: november 18, 2021]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718310491>

Rodríguez, Adrián. Diseño de un humedal artificial para el municipio arcos de las salinas (TERUEL). Master (Ingeniería hidráulica y medio ambiente). Valencia: Universitat Politècnica de Valencia, septiembre 2017. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89917/RODR%C3%8DGUEZ%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20humedal%20artificial%20para%20el%20municipio%20de%20Arcos%20de%20las%20Salinas%20%28Teruel%29.pdf?sequence=1>

Rojas, María. Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa bajo, distrito Chota, 2017. Tesis (ingeniera ambiental). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25780>

Rotaria del Perú SAC. Planta Modelo Para el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas por Medio de Humedales Artificiales, 2017. (fecha de consulta: 02 de mayo del 2021).

Salinas, Eduardo. 22 horas demora el proceso para potabilizar el agua y llevarla a las familias. La República. (1 de octubre 2016). Recuperado de: <https://www.pressreader.com/peru/peru-la-republica/20161001/281522225582391>

Sánchez D., Costafreda J., Marín A. y León A. CURSO básico de dibujo con AutoCAD. Madrid: Fundación Gómez- Pardo, 2017. Disponible en: http://oa.upm.es/50865/1/Curso_AutoCAD.pdf

ISBN: 9788460698562

Serrano, Atenea. Métodos de investigación de enfoque experimental. 2012. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2020]. Disponible en <https://docplayer.es/storage/26/8603432/8603432.pdf>

ISBN: 84-7133-748-7

SKLARZ, M. Y, Gross, A. Yakirevich, A. & Soares, M.I.M. A recirculating vertical flow constructed wetland for the treatment of domestic wastewater by. [et al.]. *Ecological Engineering* [online]. 30 September 2009, vol. 246, n°1-3. [date of consultation: September 8, 2020]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916409004779>

Suhad A.A.A.N. Almuktar & Miklas Scholz. Microbial contamination of *Capsicum annum* irrigated with recycled domestic wastewater treated by vertical-flow wetlands. *ScienceDirect* [online]. 2021, vol 82: pp. 404-414. [date of consultation: november 18, 2021]. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741530046X>

Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R. y Zurbrugg, C. Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento por TILLEY, E. [et al.]. Dübendorf (Suiza): Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática (Eawag), 2da. edición revisada. (2018). Disponible en: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TILLEY%20et%20al%202018.%20Compendio%20de%20sistemas%20y%20tecnolog%C3%ADas%20de%20saneamiento.pdf

Torres, Gian Marco. Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito- Carabayllo, 2017. Tesis (ingeniero ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28338>

Torres, J., Magno, J., Pineda, R. y Cruz, M. Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante Humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en Carapongo- Lurigancho. (s.l.) por TORRES, J [et al.]. *Revista, Tecnología y Desarrollo*, 2015. [fecha de consulta: 13 de noviembre del 2017]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322964639_Evaluacion_de_la_eficiencia_en_el_tratamiento_de_aguas_residuales_para_riego_mediante_humedales_Artif

[iciales de flujo libre superficial FLS con las especies Cyperus Papyrus y Phragmites Australis en C](#)

Trapote, A. Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas. San Vicente: Universidad de Alicante, 2013. pp. 19-48.
ISBN: 9788497172646

Truong, P., Tan Van, T. y Pinnars, E. Aplicaciones del sistema vetiver manual técnico de referencia. 2008. Recuperado de:
http://www.vetiver.org/TVN_manual_spanish%20o.pdf

Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas [en línea]. Bancomundial.org. 31 de diciembre de 2013. [Fecha de consulta: 1 de octubre de 2020]. Disponible en:

<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

UNESCO. Informe de las naciones unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015: Agua para para un mundo sostenible. [en línea]. [2015]. Disponible en:
http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf

Valencia, Ana. Tratamiento de aguas residuales de tipo especial generadas por el laboratorio de suelos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), utilizando humedales artificiales. Tesis (Grado de maestra en ciencias y gestión integral del agua). El salvador: Universidad del Salvador, 2019. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19739/>

Valipour, A., Kalyan Raman, V. & Ghole, V. S. A new approach in wetland systems for domestic wastewater treatment using Phragmites sp. *Ecological Engineering* [online]. December 2009, vol. 35, n°12. [date of consultation: September 8, 2020]. Retrieved from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857409002456>

Villon, Máximo. Hidráulica de canales. Segunda ed. Lima: Villón, octubre del 2007.
[Fecha de consulta: 8 de octubre del 2020].

Vymazal, J. & Kröpfelová, L. Wasterwater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-Surface flow. *Springer Netherlands* [online]. 2008, n°1. [date of consultation: May 8, 2020]. Retrieved from:
https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=lfqerCqRvg8C&oi=fnd&pg=PR11&dq=%E2%80%9CWastewater+Treatment+in+Constructed+Wetlands+with+Horizontal+Sub-Surface+Flow%E2%80%9D,&ots=rxml9oPz_f&sig=jNQCw1ndl-FLAqthytTVO2TqX1c#v=onepage&q=%E2%80%9CWastewater%20Treatment%20in%20Constructed%20Wetlands%20with%20Horizontal%20Sub-Surface%20Flow%E2%80%9D%2C&f=false

Winward, G., Avery, L., Frazer, R., Pidou, M., Jeffrey, P., Stephenson, T. & Jefferson, B. A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse by WINWARD, G. [et al.]. *Ecological Engineering* [online]. 1 February 2008, vol. 32, n°2. [date of consultation: September 8, 2020] Retrieved from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585740700211X>

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de Consistencia

“Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
GENERAL			VARIABLE INDEPENDIENTE					
¿Cuán eficiente será un humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021?	Evaluar la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> para el tratamiento de aguas grises en la urbanización “El Cóndor”, Callao 2021	El humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> será eficiente para el tratamiento de aguas grises en la urbanización “El Cóndor”, Callao 2021	HUMEDAL ARTIFICIAL	Los humedales artificiales son áreas que se encuentran llenas de agua con plantas emergentes [...] que aprovechan las interacciones con los microorganismos y la atmosfera para remover la materia orgánica. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas y permite la transferencia de oxígeno [...] (Silva y Zamora, 2005)	La evaluación de la eficiencia del humedal artificial de flujo vertical se dio mediante su diseño, componentes, la utilización de la especie vegetal <i>Chrysopogon zizanioides</i> y el porcentaje de remoción de los contaminantes.	Diseño del humedal artificial de flujo vertical	Ancho (cm)	Razón
							Largo (cm)	Razón
							Altura (cm)	Razón
							Tiempo de retención hidráulica (días)	Razón
							Pendiente (%)	Razón
						Componentes	Sustratos	Razón
						Características de la especie vegetal <i>Chrysopogon zizanioides</i>	Tamaño de la raíz (cm)	Razón
							Tamaño del tallo (cm)	Razón
							Tamaño de la hoja (cm)	Razón

ESPECÍFICOS			VARIABLE DEPENDIENTE					
¿Qué niveles de sólidos suspendidos totales y turbidez se presentan en el pre y post tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021?	Determinar los niveles de sólidos suspendidos totales y turbidez que presentan las aguas grises pre y post-tratamiento en la urbanización El Cóndor, Callao 2021	Los niveles de sólidos suspendidos totales y turbidez que presentan las aguas grises pre y post-tratamiento en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 presentarán una reducción del 92% y 95%, respectivamente	TRATAMIENTOS DE AGUAS GRISES DOMESTICAS	las A.G son llamadas jabonosas las cuales se producen durante las actividades de limpieza y aseo personal, cuando se utiliza [...] productos de aseo personal en lavaderos, fregaderos, lavadoras, lavamanos y regaderas. Esta agua residual domestica pueden contener también restos de alimentos, grasas, aceites, cabellos y células muertas [...] (Garduño, Gutiérrez, y Bulnes, 2016)	Las aguas grises domésticas pre y post tratamiento fueron evaluadas en el laboratorio mediante sus propiedades físicas y químicas.	Parámetros Físicos	Sólidos Suspendidos Totales (SST) (mg/L)	Razón
¿Qué niveles de DBO ₅ , detergentes y DQO se presentan en el pre y post tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021?	Determinar los niveles de DBO ₅ , detergentes y DQO que presentan las aguas grises pre y post-tratamiento en la urbanización El Cóndor, Callao 2021	Los niveles de DBO ₅ , detergentes y DQO que presentan las aguas grises pre y post-tratamiento en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 presentarán una reducción del 75%, 50% y 70%, respectivamente					Turbidez (UNT)	Razón
¿Los niveles de parámetros físicos y químicos en el post tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 permitirán su uso como agua de riego?	Determinar si los niveles de los parámetros físicos y químicos en el post-tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 permitirán su uso como agua de riego.	Los niveles de los parámetros físicos y químicos en el post tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021 si permitirán su uso como agua de riego.				Parámetros Químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	Razón
							Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	Razón
						Detergentes (mg/L)	Razón	

ANEXO 02

FICHA 1. REGISTRO DE RECOLECCION DE MUESTRAS			
Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical, con <i>Chrysopogon zizanioides</i> , para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021		Responsable Ronald Andre Vargas Rubio
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales		Asesor Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

ORIGEN DE LAS MUESTRAS	N° DE MUESTRAS	Código	Coordenadas (UTM)	Fecha de preparación	Hora de preparación	Fecha de envío	Hora de envío	Observaciones
Aguas grises generadas (pre tratamiento)	Muestra 1	M1	N: 8670928 E: 272098	23/10/2020	9:02 a.m.	23/10/2020	10:00 a.m.	- Se utilizo un recipiente de 23 L esterilizado con agua ionizante para realizar el muestreo.
Humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> (durante el tratamiento)	Muestra 2	Sector 1	N: 8670928 E: 272098	24/06/2021	9:00 a.m.	24/06/2021	10:00 a.m.	-Se muestreó directamente del efluente.
		Sector 2	N: 8670928 E: 272098	25/06/2021	8:00 a.m.	25/06/2021	9:30 a.m.	-Se muestreó directamente del efluente.
		Sector 3	N: 8670928 E: 272098	26/06/2021	9:18 a.m.	26/06/2021	10:30 a.m.	-Se muestreó directamente del efluente.
Humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> (post tratamiento)	Muestra 3	Repetición 1	N: 8670928 E: 272098	30/06/2021	9:00 a.m.	30/06/2021	10:00 a.m.	- Se utilizo un recipiente de 23 L esterilizado con agua ionizante para realizar el muestreo.
		Repetición 2	N: 8670928 E: 272098	03/07/2021	8:52 a.m.	03/07/2021	10:00 a.m.	- Se utilizo un recipiente de 23 L esterilizado con agua ionizante para realizar el muestreo.
		Repetición 3	N: 8670928 E: 272098	06/07/2021	9:15 a.m.	06/07/2021	10:00 a.m.	- Se utilizo un recipiente de 23 L esterilizado con agua ionizante para realizar el muestreo.

ANEXO 04

FICHA 3. REPORTE DE DATOS DEL HUMEDAL ARTIFICIAL			
Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical, con <i>Chrysopogon zizanioides</i> , para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021	Responsable	Ronald Andre Vargas Rubio
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales	Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

REPORTE DE DATOS DEL HUMEDAL ARTIFICIAL										
SISTEMA DE TRATAMIENTO	CARACTERÍSTICAS									
	Tiempo de retención hidráulica (THR)	DIMENSIONES			Área superficial de construcción (m ²)	Pendiente (S)	Cantidad de agua recuperada (L %)			Sustratos
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)			Inicial (L _i)	Final (L _f)	L % = $(L_i - L_f / L_i) \times 100$	
Humedal artificial de flujo vertical	13 días	200	160	50	3.2 m ²	1%	90L	35L	61%	<ul style="list-style-type: none"> • Arena fina. • Arena gruesa. • Confitillo. • Piedra gruesa. • Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)

ANEXO 05

FICHA 4. REPORTE DE DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS (unidades)						
Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical, con <i>Chrysopogon zizanioides</i> , para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021					
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales					
Responsable	Ronald Andre Vargas Rubio					
Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores					
ETAPA	ESPECIE VEGETAL	CARACTERÍSTICAS				
	<i>Chrysopogon zizanioides</i> (Vetiver)	EDAD (días)	RAÍZ (cm)	TALLO (cm)	HOJA (cm)	TAMAÑO TOTAL (cm)
INICIAL	Planta 1	90	10.3	4	41	55.3
	Planta 2	90	9.8	5	40	54.8
	Planta 3	90	10	5	41.6	56.6
	Planta 4	90	11	6	46.7	63.7
	Planta 5	90	10.4	3.4	36	49.8
	Planta 6	90	10.6	6	40	56.6
	Planta 7	90	10	4.7	39	53.7
	Planta 8	90	10	4	37.2	51.2
	Planta 9	90	10	5	39	54
FINAL	Planta 1	120	22	6.3	44	72.3
	Planta 2	120	19.3	7	41.8	68.1
	Planta 3	120	20	8	43.2	71.2
	Planta 4	120	24	9	49	82
	Planta 5	120	17	5	38	60
	Planta 6	120	20	7	42	69
	Planta 7	120	17.5	6	40	63.5
	Planta 8	120	18	5.2	39	62.2
	Planta 9	120	19	6	41	66


ANEXO 06

FICHA 5. REGISTRO DE LA EFICIENCIA Y COMPARATIVOS			
Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical, con <i>Chrysopogon zizanioides</i> , para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021	Responsable	Ronald Andre Vargas Rubio
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales	Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores


PARÁMETROS		AGUA GRISAS GENERADAS (pre tratamiento)	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL CON <i>Chrysopogon zizanioides</i> (post tratamiento)	EFICIENCIA (%)	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL CON <i>Chrysopogon zizanioides</i> (durante el tratamiento)	ECA's AGUA
			Promedio		Promedio	Categoría 3-D1
FÍSICOS	Sólidos Suspendedos Totales (SST) (mg/L)	820	5	99,39	9,7	-----
	Turbidez (UNT)	167	1	99,40	52	-----
QUÍMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg/L)	367,5	4,4	98,80	58,3	15
	Demanda Química del Oxígeno (DQO) (mg/L)	1138	24,9	97,81	189,7	40
	Detergentes (mg/L)	83,290	0,025	99,97	0,025	0,2

ANEXO 07: Instrumentos de recolección de datos firmados.

Ficha 1. Registro de recolección de muestras								
Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021					Responsable	Ronald Andre Vargas Rubio	
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales					Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores	
Origen de las muestras	N° de muestras	Código	Coordenadas (UTM)	Fecha de preparación	Hora de preparación	Fecha de envío	Hora de envió	Observaciones
Aguas grises generadas (pre tratamiento)	Muestra 1							
Humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> (durante el tratamiento)	Muestra 2	Sector 1						
		Sector 2						
		Sector 3						
Humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> (post tratamiento)	Muestra 3	Repetición 1						
		Repetición 2						
		Reptación 3						




Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275



Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998

Atentamente,





Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Ficha 2. Reporte de resultados de los análisis de las muestras

Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021	Responsable	Ronald Andre Vargas Rubio
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales	Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

Parámetros	Aguas grises generadas (pre tratamiento)	Humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> (durante el tratamiento)			Humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> (post tratamiento)		
		Muestra 2			Muestra 3		
		S1	S2	S3	R1	R2	R3
CÓDIGO							
Físicos	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)						
	Turbidez (UNT)						
Químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)						
	Demanda Química del Oxígeno (DQO)						
	Detergentes (mg/L)						


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

Atentamente,


Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 3. Reporte de datos del humedal artificial

Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021	Responsable	Ronald <u>Andre</u> Vargas Rubio
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales	Asesor	Dr. <u>Jhonny</u> Wilfredo Valverde Flores

Sistema de tratamiento	CARACTERÍSTICAS								
	Tiempo de retención hidráulica (THR)	Dimensiones			Área superficial de construcción (m ²)	Cantidad de agua recuperada (L%)			Sustratos
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)		Inicial (L _i)	Final (L _f)	L % = $(L_i - L_f / L_i) \times 100$	
Humedal artificial de flujo vertical									


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998


Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 4. Reporte de datos de las características de las plantas (unidades)

Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021					
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales					
Responsable	Ronald Andre Vargas Rubio					
Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores					
ETAPA	ESPECIE VEGETAL	CARACTERÍSTICAS				
	<i>Chrysopogon zizanioides</i> (Vetiver)	EDAD (días)	RAÍZ (cm)	TALLO (cm)	HOJA (cm)	TAMAÑO TOTAL (cm)
INICIAL	Planta 1					
	Planta 2					
	Planta 3					
	Planta 4					
	Planta 5					
	Planta 6					
FINAL	Planta 1					
	Planta 2					
	Planta 3					
	Planta 4					
	Planta 5					
	Planta 6					


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 5. Registro de la eficiencia y comparativos

Proyecto de investigación	Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021	Responsable	Ronald <u>Andre</u> Vargas Rubio
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los recursos naturales	Asesor	Dr. <u>Jhonny</u> Wilfredo Valverde Flores

Parámetros	Aguas grises generadas (pre tratamiento)	Humedal artificial deflujo vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> (post tratamiento)	Eficiencia (%)	Humedal artificial de <u>flujo</u> vertical con <i>Chrysopogon zizanioides</i> (durante el tratamiento)	ECA's agua
		Promedio		Promedio	
FÍSICOS	Solidos Suspendidos Totales (mg/L)				Categoría 3-D1
	Turbidez (UNT)				
QUÍMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)				
	Demanda Química del Oxígeno (mg/L)				
	Detergentes (mg/L)				


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

Atentamente,

Jhan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

ANEXO 08: Validación de instrumentos de recolección de datos.



SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Sr.: Doctor Castañeda Olivara, Carlos Alberto

Yo Ronald Andre Vargas Rubio identificado con DNI No 73231775 alumno(a) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el Proyecto de investigación que vengo elaborando titulado: "Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical, con *Chrysopogon zizanioides*, para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Ficha de validación de instrumentos
- Instrumentos
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 11 de noviembre del 2020

FIRMA

NOMBRES Y APELLIDOS: Ronald ~~Andre~~ Vargas Rubio

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de recolección de muestras.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Ronald Andre Vargas Rubio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 18 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de resultados de los análisis de las muestras.**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 18 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de datos del humedal artificial.**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
•

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 18 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de datos de las características de las plantas.**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 18 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de la eficiencia y comparativos**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
•

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 18 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0678275

SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

Sr.: **Doctor Benites Alfaro, Elmer Gonzalo.**

Yo **Ronald Andre Vargas Rubio** identificado con DNI No 73231775 alumno(a) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el Proyecto de investigación que vengo elaborando titulado: "**Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical, con *Chrysopogon zizanioides*, para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021**", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Ficha de validación de instrumentos
- Instrumentos
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 17 de noviembre del 2020



FIRMA

NOMBRES Y APELLIDOS: **Ronald Andre Vargas Rubio**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalo.**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de recolección de muestras.**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 17 de noviembre del 2020


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalo.**
 5.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 5.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de resultados de los análisis de las muestras.**
 5.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

si

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima 17 de noviembre del 2020


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalo.**
 9.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 9.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de datos del humedal artificial.**
 9.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

si
no

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima 17 de noviembre del 2020


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalo.**
 13.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 13.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 13.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de datos de las características de las plantas.**
 13.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

si
no

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 17 de noviembre del 2020


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVII. DATOS GENERALES

- 17.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalo.**
 17.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 17.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los recursos naturales**
 17.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de la eficiencia y comparativos**
 17.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

si

XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 17 de noviembre del 2020


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998

SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

Sr.: Dr. Ordoñez Galvez, Julio Juan.

Yo Ronald Andre Vargas Rubio identificado con DNI No 73231775 alumno(a) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el Proyecto de investigación que vengo elaborando titulado: "Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical, con *Chrysopsis zizanioides*, para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor, Callao 2021", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Ficha de validación de instrumentos
- Instrumentos
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 03 de mayo del 2021



FIRMA

NOMBRES Y APELLIDOS: Ronald Andre Vargas Rubio

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio.**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de recolección de muestras.**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima 3 de mayo de 2021

Asentamiento,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio.**
 5.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 5.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de resultados de los análisis de las muestras.**
 5.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima 3 de mayo de 2021

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 06447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio.**
 9.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 9.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de datos del humedal artificial.**
 9.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andra Vargas Rubio**

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima 3 de mayo de 2021

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio.**
 13.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 13.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
 13.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reporte de datos de las características de las plantas.**
 13.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 3 de mayo de 2021

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVII. DATOS GENERALES

- 17.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio.**
 17.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 17.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
 17.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de la eficiencia y comparativos**
 17.5. Autor(A) de Instrumento: **Ronald Andre Vargas Rubio**

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima 3 de mayo de 2021

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308 

ANEXO 09: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: ECAs del agua (categoría 3).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales				
Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₂)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

ANEXO 10: Los certificados de acreditación del laboratorio de ensayo ALAB.

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Laboratorio de Ensayo

Prolongación Zarumilla, Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019
Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023


ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0547-2019/INACAL-DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°025-16/INACAL-DA
Registro N° : LE-096

Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cláusula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-01P-02M Ver. 02 DE-LAB-06
DNC-Fuera del alcance de actualización



CERTIFICATE OF ACCREDITATION

This is to attest that

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L

OFFICE: PROLONGACION ZARUMILLA MZ D2 LOTE 3
BELLAVISTA-PROV. CONSTITUCIONAL DEL CALLAO-LIMA, PERU
LABORATORY: AV. GUARDIA CHALACA NO. 1877 BELLAVISTA, PROV.
CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, LIMA, PERU

Testing Laboratory TL-833

has met the requirements of AC89, *IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories*, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation on the following pages.

This certificate is valid up to February 1, 2020.

This accreditation certificate supersedes any IAS accreditation bearing an earlier effective date. The certificate becomes invalid upon suspension, cancellation or revocation of accreditation. See www.iasonline.org for current accreditation information, or contact IAS at 562-364-8201.



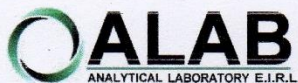
DE-LAB-56-1



Raj Nathan
President

DNC: Documento No controlado

ANEXO 11: Informe de análisis inicial (pre tratamiento).



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

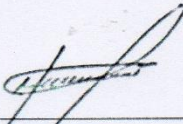
INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6023

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : RONALD ANDRE VARGAS RUBIO
2.-DIRECCIÓN : CALLE LOS MIRLOS #167 URB. EL CONDOR, CALLAO
3.-PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL, CON
CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN LA URBANIZACIÓN EL
CÓNDOR, CALLAO 2021
4.-PROCEDENCIA : AGUAS GRISES, EN LA CALLE LOS MIRLOS (#167) URBANIZACIÓN EL CÓNDR, CALLAO
5.-SOLICITANTE : RONALD ANDRE VARGAS RUBIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-20-2049
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2020-10-30

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2020-10-23
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2020 10-23 al 2020-10-30


Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6023

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NM P) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants, Anionic Surfactants as MBAS
pH ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017	pH Value Electrometric Method
Sólidos Suspendidos Totales ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Turbidez ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity, Nephelometric Method.

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

^(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6023

IV. RESULTADOS

ITEM		1		
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-20-19631		
CÓDIGO DEL CLIENTE:		MC-O		
COORDENADAS:		E:0272098		
UTM WGS 84:		N:8670928		
PRODUCTO:		Agua Residual		
SUB PRODUCTO:		Residual Doméstica		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO :		23-10-2020 09:02		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100mL	1,8	1,8	<1,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	367,5
Demanda Química de Oxígeno (*)	COD as mg O2/L	2	5	1 138
Detergentes (*)	mg MBAS/L	0,010	0,025	83,290
pH	Unidad de pH	NA	0,01	9,60
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	820
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	167,00


(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 12: Informe de análisis durante el tratamiento.

 ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	 IAS ACCREDITED Testing Laboratory TL-833	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 096	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096			

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-6921

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Ronald Andre Vargas Rubio
2.-DIRECCIÓN	: Calle los mirlos #167 URB. El Condor, Callao
3.-PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL, CON CHRYSOPOGON ZIZANOIDES, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN LA URBANIZACIÓN EL CÓNDOR, CALLAO 2021
4.-PROCEDENCIA	: AGUAS GRISES, EN LA CALLE LOS MIRLOS (#167) URBANIZACIÓN EL CÓNDOR, CALLAO
5.-SOLICITANTE	: RONALD ANDRE VARGAS RUBIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 000002913-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: EL CLIENTE (Muestras y fecha proporcionada por el cliente)
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-07-08

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-06-24
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-06-24 al 2021-07-08



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prolongación Zaramilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao Telf. +51 7130636 / 453 1389 / 940 598 588 Email. ventas@alab.com.pe www.alab.com.pe	Página 1 de 3
--	---------------

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-6921**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NM P) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Turbidez ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-6921
IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-24467
CÓDIGO DEL CLIENTE:				M251
COORDENADAS:				E:0273058
UTM WGS 84:				N:8670928
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				24-06-2021 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ¹	NMP/100mL	NA	1,8	1 300 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	56,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	191,9
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	19
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	141,00

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c* = Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *c* = Menor que el L.D.M.

*: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-6978

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Ronald Andre Vargas Rubio
2.-DIRECCIÓN	: Calle los mirlos #167 URB. El Condor, Callao
3.-PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL, CON CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN LA URBANIZACIÓN EL CÓNDOR, CALLAO 2021
4.-PROCEDENCIA	: CALLE LOS MELOS (NRO 167) URB EL CONDOR, CALLAO
5.-SOLICITANTE	: RONALD ANDRE VARGAS RUBIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000002913-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE (Muestras y fecha proporcionada por el cliente)
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-07-08

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-06-25
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-06-25 al 2021-07-08



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-6978**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NM P) ²	SMEWW 9221 F 2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Turbidez ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

²SMEWW[®] : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-6978
IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-24631
CÓDIGO DEL CLIENTE:				M2S2
COORDENADAS:				E:0272098
UTM WGS 84:				N:9670928
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				25-06-2021 08:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	3 300 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	65,6
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	198,6
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	<5
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	9,00

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

*.: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7087

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Ronald Andre Vargas Rubio
2.-DIRECCIÓN	: Calle los mirlos #167 URB. El Condor, Callao
3.-PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL, CON CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN LA URBANIZACIÓN EL CÓNDOR, CALLAO 2021
4.-PROCEDENCIA	: AGUAS GRISES, EN LA CALLE LOS MIRLOS (#167) URBANIZACIÓN EL CÓNDOR, CALLAO
5.-SOLICITANTE	: RONALD ANDRE VARGAS RUBIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000002913-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-07-08

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-06-26
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-06-26 al 2021-07-08



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7087**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NM P) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendedos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Turbidez ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

⁽¹⁾ "SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7087
IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-25017
CÓDIGO DEL CLIENTE:				M2S3
COORDENADAS:				E:0272098
UTM WGS 84:				N:8670928
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				26-06-2021 09:18
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	230 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	53,2
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	178,6
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	<5
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	6,00

¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

²) Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

*: No ensayado




NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 13: Informe de análisis pre-tratamiento.

 ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	 IAS ACCREDITED TIL-833	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 096	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096			

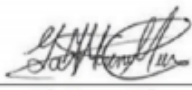
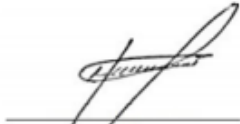
INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7289

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Ronald Andre Vargas Rubio
2.-DIRECCIÓN	: Calle los mirlos #167 URB. El Condor, Callao
3.-PROYECTO	: EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE UN HAFV CON CETIVEC - TRATAMIENTO DE A.G.
4.-PROCEDENCIA	: CALLE LOS MIRLOS N°167 URB. EL CONDOR CALLAO
5.-SOLICITANTE	: RONALD ANDRE VARGAS RUBIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000003082-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-07-19

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-06-30
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-06-30 al 2021-07-19

 Gaby Moreno Muñoz Jefe de Laboratorio CIP N° 191207	 Marco Valencia Huerta Ingeniero Químico CIP N° 152207
--	---

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao Telf. +51 7130636 / 453 1389 / 940 598 588 Email. ventas@alab.com.pe www.alab.com.pe	Página 1 de 3
--	---------------

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7289**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NM P) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Turbidez ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

⁽¹⁾SMEWW[®] : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7289
IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-25614
CÓDIGO DEL CLIENTE:				M3R1
COORDENADAS:				E-0272098
UTM WGS 84:				N-8670928
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				30-06-2021 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	33 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	9,2
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	64,7
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	<5
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	2,00

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

*: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7511

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : Ronald Andre Vargas Rubio
2.-DIRECCIÓN : Calle los mirlos #167 URB. El Condor, Callao
3.-PROYECTO : ?EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO VERTICAL, CON
CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS EN LA URBANIZACIÓN EL
CÓNDOR, CALLAO 2021?
4.-PROCEDENCIA : calle los mirlos (#167) urbanización el cóndor, Callao
5.-SOLICITANTE : RONALD ANDRE VARGAS RUBIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 000003082-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-07-19

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-07-03
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021 07-03 al 2021-07-19


Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207


Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del
sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7511**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NM P) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendidos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Turbidez ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

¹SMEWW[®] : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7511**IV. RESULTADOS**

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-26162
CÓDIGO DEL CLIENTE:				M3R2
COORDENADAS:				E-0272098
UTM WGS 84:				N-8670928
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				03-07-2021 08:52
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ¹	NMP/100mL	NA	1,8	<1,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	<5,0
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	<5
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	0,50

¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

²) Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

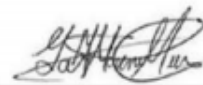
INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7644

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : Ronald Andre Vargas Rubio
2.-DIRECCIÓN : Calle los mirlos #167 URB. El Condor, Callao
3.-PROYECTO : EVALUACION DE LA EFICENCIA DE UN HRFV CON VET/VECPARA TRATAMIENTO DE A.Q
4.-PROCEDENCIA : CALLES LOS MIDAS #167 URB.EL CONDOR
5.-SOLICITANTE : RONALD ANDRE VARGAS RUBIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 000003082-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-07-19

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-07-06
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021 07-06 al 2021-07-19



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7644**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NM P) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendidos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Turbidez ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

¹SMEWW[®] : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7644

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-26534
CÓDIGO DEL CLIENTE:				M3R3
COORDENADAS:				E-0272098
UTM WGS 84:				N:8670928
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				06-07-2021 09:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ¹	NMP/100mL	NA	1,8	<1,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	<5,0
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	<5
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	0,50

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

*^: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

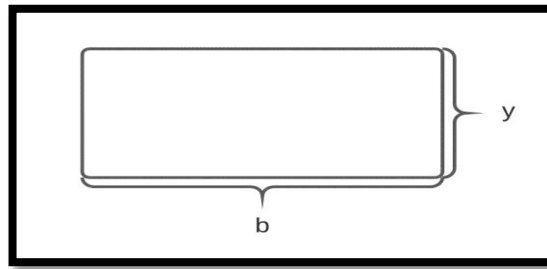
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 14: Formulario para realizar el diseño del HAFV.

Caudal promedio diario	
<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $Q_{prom,d} = \frac{\beta \cdot P \cdot D}{1000}$ </div>	
<p>$Q_{prom,d}$ = Caudal promedio diario en m³/día</p> <p>P = Población, en base al número de habitantes</p> <p>D = El consumo en L/hab.día</p> <p>β = La cantidad de agua abastecida que se convierte en agua residual, expresada en tanto por uno.</p>	
Área Superficial (A_s)	Tiempo de retención Hidráulica (TRH)
<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $A_s = \frac{Q_{prom,d}}{K_A} \ln \left[\frac{C_o}{C_e} \right]$ </div>	<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $THR = \frac{\ln \left[\frac{C_e}{C_o} \right]}{K_T}$ </div>
<p>A_s = Área superficial. (m²)</p> <p>$Q_{prom,d}$ = Caudal promedio. (m³/d)</p> <p>K_A = Nueva constante cinética de primer orden para el DBO.</p> <p>C_o = Concentración inicial de contaminante o afluente.</p> <p>C_e = Concentración final de contaminante o efluente</p>	<p>C_o = Concentración inicial de contaminante o afluente.</p> <p>C_e = Concentración final de contaminante o efluente</p> <p>K_t = Constante de temperatura de depuración/ Constante de velocidad de reacción de primer orden. (días⁻¹)</p>

Sección Rectangular



Pendiente (S)

$$S = \left(\frac{V \cdot n_c}{R} \right)^2$$

n_c = coeficiente de rugosidad, Condiciones de las paredes **perfectas** para la superficie de mampostería con cemento, pero con plantas, piedras y arena.

(0.042)

Área Hidráulica (A_H)	Perímetro mojado (P)	Radio Hidráulico (R)	Velocidad del caudal (V) (m/d)
$A_H = by$ <p>b = ancho del humedal (m) y = altura del humedal (m)</p>	$P = b + 2y$	$R = \frac{A_H}{P}$	$Q_{prom,d} = V \times A_H$ <p>$Q_{prom,d}$ = Caudal promedio diario</p>

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 15: Cálculos para realizar el diseño del HAFV.

- **Flujo promedio diario**

A fines de cumplir con los objetivos de la investigación se realizó el diseño del humedal artificial, para ello se calculó el flujo promedio diario en la primera planta con formada por 4 personas de una vivienda, teniendo así una generación de agua gris por habitante de unos 22.5 L.

$$Q_{prom,d} = \frac{\beta \cdot P \cdot D}{1000}$$

Dónde:

$Q_{prom,d}$ = Caudal promedio diario en $m^3/día$

P = Población, en habitantes

D = La dotación en L/hab.día

β = La cantidad de agua abastecida que se convierte en agua residual, expresada en tanto por uno.

$$Q_{prom,d} = \frac{1.4 \cdot 22.5}{1000} = 0.09 \text{ m}^3/día$$

- **Área superficial del humedal (m2)**

$$A_s = \frac{Q_{prom,d}}{K_A} \ln \left[\frac{C_o}{C_e} \right]$$

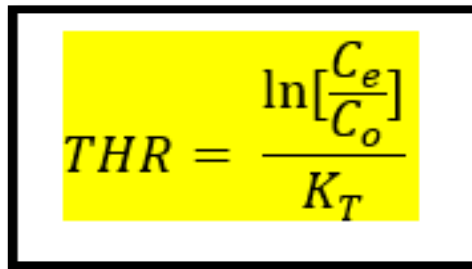
El valor de la concentración inicial de contaminante o afluente (C_o) se determinó a partir de los resultados que se obtuvo del análisis de la muestra en crudo en el laboratorio y el valor de la concentración final de contaminante o efluente (C_e) se define a partir de los datos establecidos de DBO_5 en los estándares de calidad (ECA's) para agua- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

El valor de K_A lógicamente varía según el contaminante. Para eliminar la DBO_5 es adecuado un valor 0,088 m/d (García, J et al, 2004)

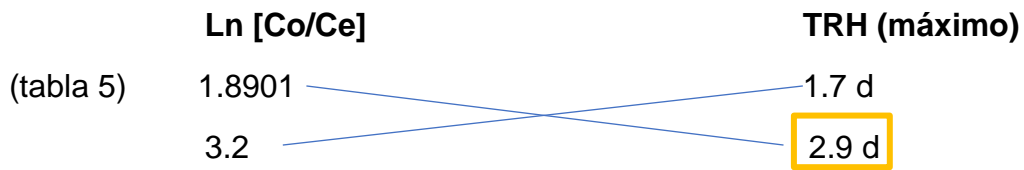
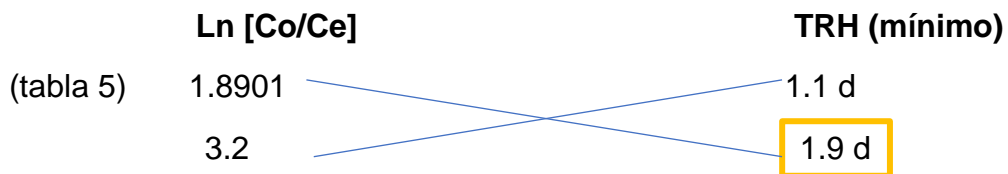
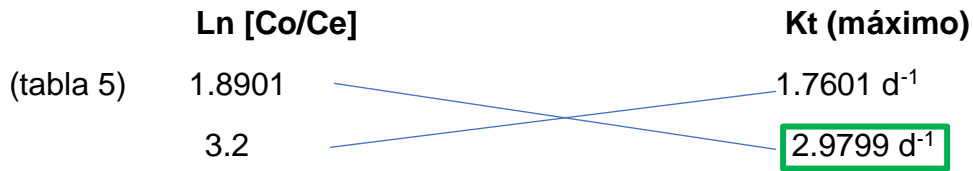
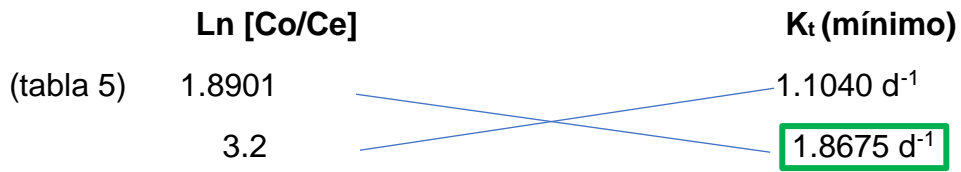
$$A_s = \frac{0.09}{0.088} \ln \left[\frac{367}{15} \right] = 3.2 \text{ m}^2$$

Se obtuvo como resultado 3.2 m² de Área superficial, para lograr la construcción se adaptará a las condiciones del lugar teniendo las siguientes dimensiones, 2 m de largo y 1.6 m de ancho.

- **El tiempo de retención hidráulico (TRH):**


$$THR = \frac{\ln \left[\frac{C_e}{C_o} \right]}{K_T}$$

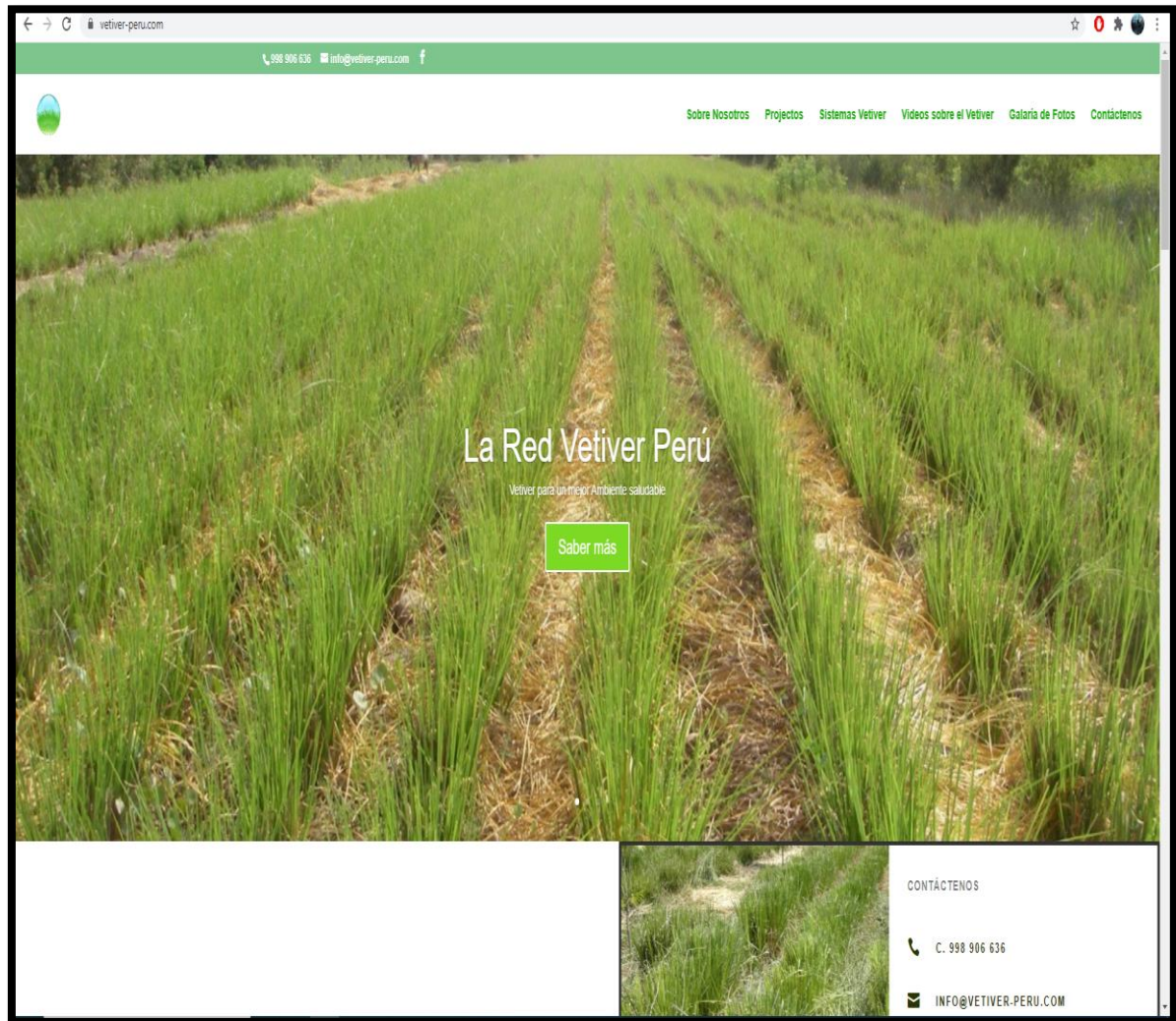
Con la información de la tabla 5 (Valores calculados para el THR con base a las concentraciones máximas de parámetros de diseño y temperatura críticas registradas), se hallará los valores mínimos y máximos del K_t y TRH en base al logaritmo de las concentraciones ($\ln (C_e/C_o)$) del parámetro DBO_5 .



Valores del TRH con base a las concentraciones del DBO₅ para la presente investigación.

Parámetro	Ln [Co/Ce]	K _T		TRH	
		min	max	min	max
DBO ₅	3.2	1.8675 d ⁻¹	2.9799 d ⁻¹	1.9 d	2.9 d

ANEXO 16: Pagina web de “La red mundial de vetiver”.



ANEXO 17: Evidencia de las actividades desarrolladas.



Perforación de la red de tubos del humedal artificial de flujo vertical.



Colocación de la arena fina y gruesa en el humedal artificial.



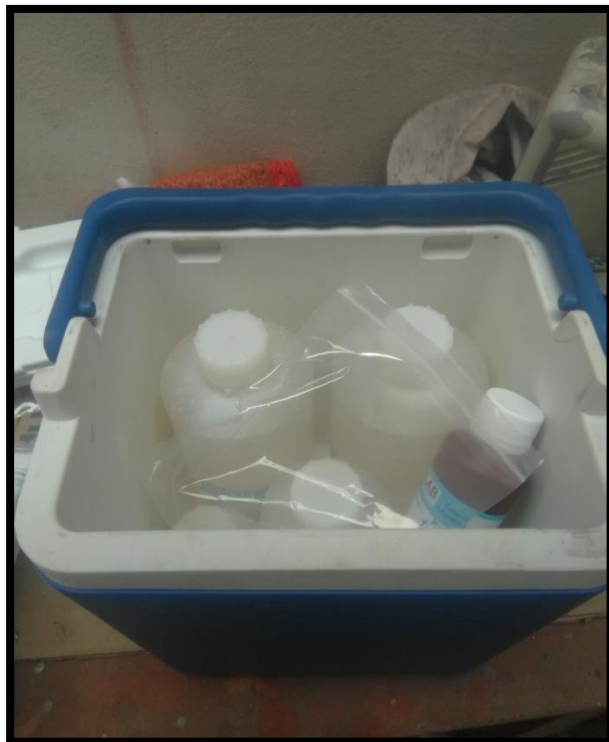
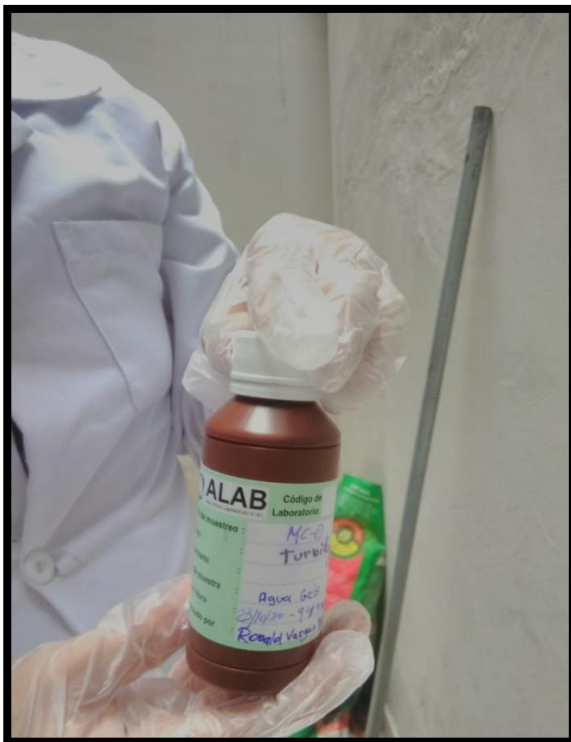
Distribución de la muestra en el humedal artificial de flujo vertical (prueba piloto)



Recolección de las plantas vetiver en el vivero colegio “los caminantes”.



Siembra de la planta vetiver en el humedal artificial de flujo vertical



Muestras de agua gris tratada antes de ser remitidas al laboratorio.