



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EMPLEANDO LAS  
ESPECIES ACHIRA (*Canna indica*) Y CARRIZO (*Pragmites australis*)  
A TRAVÉS DE HUMEDALES ARTIFICIALES, CHALAMARCA  
2017.”**

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

AUTOR

HERNÁNDEZ VÁSQUEZ, Winston

ASESOR

ING. CELSO N. PURIHUAMÁN LEONARDO

LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN

GESTIÓN DE RIESGOS Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

CHICLAYO- PERÚ

2017

## Acta de sustentación



### ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 5:00 pm. Horas del día 02 de noviembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 2626-2018-UCV-CH, de fecha 31 de octubre del 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada:

“Tratamiento de aguas residuales empleando las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) a través de humedales artificiales, Chalamarca-2017”.

Presentado por la Bachiller: HERNANDEZ VASQUEZ, WINSTON, con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Ambiental, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

PRESIDENTE : Dr. John William Cajan Alcántara  
SECRETARIO : Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez  
VOCAL : Dra. Bertha Magdalena Gallo Gallo

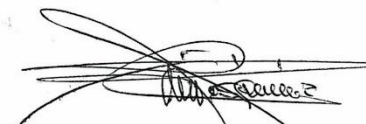
Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:


**APROBADO POR UNANIMIDAD**

Siendo las 5:45 pm., del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 02 de noviembre del 2018

  
Presidente

  
Secretario (a)

  
Vocal

## **Dedicatoria**

Primeramente para agradecer a Dios todo poderoso por darme la salud y la vida para cumplir con mis objetivos trazados.

A mi familia por brindarme su apoyo en todo momento de mi vida en los días felices y difíciles que me toca afrontar.

Winston

## **Agradecimiento**

Agradecer a Dios por darme la vida, las fuerzas necesarias y sabiduría para seguir adelante y cumplir nuestros objetivos.

También mi agradecimiento a mi madre, mi esposa y mi hijo por apoyarme en los momentos felices y difíciles que le pasado durante mi formación académica.

A si mismo agradezco de manera especial a Ing. Celso N. Purihuamán Leonardo y a todos los docentes que nos brindaron sus conocimientos para llevarlos a cabo cuando ejerzamos en nuestra profesión.

A la Universidad Cesar Vallejo por darnos la oportunidad de estudiar una carrera universitaria como es Ing. Ambiental para solucionar en parte los problemas que aqueja a la población.

Agradecer a todos mis compañeros que tuvimos experiencias buenas durante este tiempo en las aulas y en la parte experimental.

Winston

## Declaratoria de autenticidad

### DECLARATORIA DE DE AUTENTICIDAD

Yo, Winston Hernández Vásquez con D.N.I 44435854, como estudiante de pre grado a fin de cumplir con las disposiciones vigentes considerados en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, facultad de Ingeniería ,Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que todos los contenidos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces ,respetando las fuentes de procedencia citando con normas APA-ISO.

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

CHICLAYO Julio 2018



---

Winston Hernández Vásquez  
DNI 44435854

v

v

## Presentación

Señor miembro del jurado

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Tratamiento de aguas residuales empleando las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) a través de humedales artificiales, Chalamarca 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

Winston

# INDICE

ACTA DE SUSTENTACION.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Realidad problemática.....</b>	<b>14</b>
1.2. Trabajos previos.....	17
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	28
<b>1.3.1. Aguas residuales.....</b>	<b>28</b>
<b>1.3.2 Aguas residuales municipales y urbanas.....</b>	<b>28</b>
<b>1.3.3. Valores Máximos Permisibles.....</b>	<b>30</b>
<b>1.3.4 . Principales parámetros que deben controlarse.....</b>	<b>31</b>
<b>1.3.5 Vertimiento y consecuencias de aguas residuales no tratadas.....</b>	<b>32</b>
<b>1.3.6 Humedales artificiales.....</b>	<b>35</b>
<b>1.3.7 . Clasificación de los humedales artificiales.....</b>	<b>37</b>
<b>1.3.8 .Componentes del humedal artificial sub superficial.....</b>	<b>39</b>
<b>1.3.9 Especies vegetales que serán incorporadas al (HAFSSV).....</b>	<b>40</b>
<b>1.3.10. Diseño del humedal artificial subsuperficial:.....</b>	<b>44</b>
<b>1.3.11. Marco legal:.....</b>	<b>45</b>
1.4 Formulación del problema.....	46
1.5. Justificación del estudio.....	46
1.6. Hipótesis.....	48
<b>1.7. Objetivos.....</b>	<b>48</b>
<b>1.7.2. Específicos.....</b>	<b>48</b>
<b>II. METODO.....</b>	<b>48</b>
<b>2.1. Diseño de investigación.....</b>	<b>48</b>
<b>2.3. Población y muestra.....</b>	<b>40</b>
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	40
<b>2.4.1 Técnicas.....</b>	<b>40</b>

<b>2.4.2. Instrumentos</b> .....	40
<b>2.5. Validez y confiabilidad</b> .....	42
2.6 Métodos de análisis de dato .....	42
2.6. Aspectos éticos .....	42
<b>III.RESULTADOS</b> .....	43
3.1 Materiales y métodos .....	43
<b>a. Localización de la zona de estudio.</b> .....	43
<b>b. Cálculos y especificaciones técnicas.</b> .....	43
<b>c. Determinación de la especie vegetal.</b> .....	44
<b>d. Diseño experimental y montaje de humedales de flujo subsuperficial vertical.</b> .....	45
<b>e. Metodología analítica.</b> .....	48
<b>f. Medición de parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos.</b> .....	49
<b>g. Conservación de las muestras</b> .....	49
<b>h. Análisis estadístico</b> .....	49
<b>3.2. Resultado físico químico y microbiológico.</b> .....	50
<b>IV.DISCUSION</b> .....	63
<b>V.CONCLUSION</b> .....	66
<b>VI.RECOMENDACIONES</b> .....	67
<b>VII.REFERENCIAS.</b> .....	68
<b>ANEXOS</b> .....	72
<b>Acata de originalidad de tesis</b> .....	<b>89</b>
<b>Autorización de publicación de tesis</b> .....	<b>90</b>



## Índice de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Volumen de agua residual generada por habitante.....	04
Figura 2. Volumen de agua residual generada a nivel nacional m <sup>3</sup> /día.....	05
Figura 3. Esquema de un humedal subsuperficial.....	24
Figura 4. Especie vegetal achira a ser instalada en humedal.....	29
Figura 5. Especie vegetal carrizo a ser instalada en humedal.....	30
Figura 6. Localización satelital de la zona de estudio.....	42
Figura 7. Vista de los dos módulos de humedales artificiales.....	44
Figura 8. Diagrama de un humedal artificial.....	46
Figura 9. Porcentaje de remoción para cada tratamiento.....	53
Figura 10. Comportamiento de la turbidez vs el tiempo.....	56
Figura 11. Variación del pH del afluente y efluentes.....	57
Figura 12. Comportamiento de la DBO <sub>5</sub> con respecto al tiempo.....	58
Figura 13. Comportamiento de la DQO con respecto al tiempo.....	59
Figura 14. Comportamiento de los SST con respecto al tiempo.....	60
Figura 15. Comportamiento de aceites y grasas con respecto al tiempo.....	61
Figura 16. Comportamiento de las coliformes Termotolerantes.....	62

## Resumen

En la presente investigación se evaluó la potencialidad y viabilidad del empleo de sistemas de tratamiento en aguas residuales con humedales artificiales teniendo como finalidad disminuir impactos negativos que estas causan, se instalaron dos módulos de flujo subsuperficial vertical empleando Achira (*Canna indica*) y Carrizo (*Pragmites australis*) el tiempo de colonización de las especies duro 30 días incorporando agua residual el forma progresiva para luego realizarle el montaje al sistema de estudio, determinando las concentraciones de DBO, DQO, SST, Turbiedad, Aceites y Grasas y Coliformes Termotolerantes, tomando como muestras analíticas al ingreso y salida del sistema durante tres fases de muestreo empleando el análisis de varianza para evaluar las diferencias significativas de los sistemas, los resultados permitieron estimar el porcentaje de remoción alcanzando una ligera ventaja el HA2 con Carrizo (*Pragmites australis*) teniendo como eficiencia de remoción de BBO<sub>5</sub>, DQO, SST, Aceites y Grasas y Coliformes Termotolerantes 87.21%, 92.64%, 88.31%, 72.87%, 99.93% respectivamente seguido por el humedal empleando con la especie Achira (*Canna indica*) con remociones 85.09%, 91.92%, 89.23%, 69.16%, 99.93% respectivamente, se concluye que los humedales artificiales con estas especies vegetales son apropiadas y eficientes por tener facilidad para propagarse, establecerse y tolerantes a aguas contaminadas, mediante el análisis estadístico nos indica que ambos humedales no evidencia una diferencia significativa de depuración deduciendo que ambas especies son relativamente similares.

**Palabras clave:** Humedales artificiales, tratamiento de agua, porcentaje de remoción y parámetros.

## ABSTRACT

In the present investigation the potentiality and viability of the use of treatment systems in wastewater with artificial wetlands was evaluated with the purpose of diminishing negative impacts that these cause, two vertical subsurface flow modules were installed using Achira (*Canna indica*) and Carrizo (*Pragmites*) australis) the colonization time of the species lasts 30 days incorporating wastewater in the progressive form and then carrying out the assembly to the study system, determining the concentrations of BOD, COD, SST, Turbidity, Oils and Fats and Thermotolerant Coliforms, taking as samples Analyzes at the entrance and exit of the system during three sampling phases using the analysis of variance to evaluate the significant differences of the systems, the results allowed to estimate the removal percentage reaching a slight advantage the HA2 with Carrizo (*Pragmites* australis) having as efficiency of removal of BBO5, COD, SST, Oils and Fats and Thermotolerant Coliforms 87.21%, 92.64%, 88.31%, 72.87%, 99.93% respectively, followed by the wetland using the Achira species (*Canna indica*) with removals 85.09%, 91.92%, 89.23%, 69.16 %, 99.93% respectively, it is concluded that the artificial wetlands with these plant species are appropriate and efficient because they are easy to spread, establish and tolerate contaminated waters, through the statistical analysis it indicates that both wetlands do not show a significant difference of depuration. that both species are relatively similar.

**Keywords.** Artificial wetlands, water Treatment, percentage removal and paramet

## INTRODUCCIÓN.

El agua es el recurso natural más abundante del planeta y a la vez indispensable para el desarrollo de la vida, siendo aprovechada en todas las actividades del hombre que al ser utilizada es un obstáculo para ser eliminada, pero en la actualidad su disponibilidad está agotándose por motivo de la contaminación severa, especialmente en actividades industriales, agrícolas y domésticas poseendo una alta carga de contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos que son altamente demandantes de oxígeno aumentando las colonias de microorganismos patógenos principales responsables de la contaminación del medio ambiente atentando contra la salud pública de todo ser viviente (BEDOYA, ARDILA, REYES, 2014). Las fuentes de agua están expuestas a ser receptores de aguas contaminadas de diversos orígenes, causando la disminución de la calidad en cuanto a su pureza del agua de consumo con ello la pérdida de la diversidad biótica que son los principales fuentes de abastecimiento de agua, ante este problema ambiental las necesidades del hombre por mitigar estos daños surge tecnologías para tratar aguas residuales mediante sistemas fisicoquímicos y naturales siendo este último tratamientos ecológicos económicos de gran poder de depuración (VERA, RAMOS, CAMARGO, ANDRADE, NÚÑEZ, DELGADO, CÁRDENAS Y MORALES, 2016), Los humedales artificiales es una ecotecnología que mediante procesos de biotransformación, adsorción, asimilación, sedimentación etc., nos ayuda a disminuir la concentración de contaminantes presentes en el agua cumpliendo con los estándares de calidad que rigen el nuestro país, estos están compuestos por vegetales que son plantas terrestres o acuáticas, microorganismos encargados de asimilar la materia orgánica y el material de soporte, estos sistemas de tratamiento se fundamentan su función depuradora en la actividad bioquímica de los microorganismos y la concentración de oxígeno que brinda las plantas al captar el CO<sub>2</sub> atmosférico transformándolo en oxígeno conduciendo hasta las raíces para ser aprovechado por los microorganismos, todos estos componentes eliminan materiales disueltos

como suspendidos a través de su retención hidráulica degradando hasta mineralizarlos. (LUNA, ARBUTO, 2014, pp. 33-55).

Los humedales artificiales se clasifican en HA. Superficial y HA subsuperficial este último se divide en subsuperficial vertical y horizontal, dependiendo de la dirección del cuerpo de agua a tratar, el de flujo horizontal funciona permanentemente inundada por lo que tiene el oxígeno en el fondo en forma limitada y tienden a que la nitrificación ocurra en niveles no óptimos. A comparación con los de flujo vertical que se diseñan para administrar el afluente mediante pulsaciones de agua intermitente drenando en forma vertical, el lecho permite que las reacciones aeróbicas del humedal aumenten permitiendo una mayor oxigenación de los microorganismos que cumplan un mejor tratamiento (PÉREZ, DOMÍNGUEZ, GONZALES, JIMÉNEZ, 2013).

El objetivo de la presente investigación es la determinación de la eficacia de las especies (*Canna indica*) y (*Pragmites australis*) en humedales artificiales instalados en el Distrito de Chalamarca aportando socialmente el proyecto emitiendo aguas depuradas que cumplan con los Estándares de Calidad Ambiental ECA y los límites máximos permisibles LMP, evitando que la sociedad que habita cerca sean impactadas negativamente a causa de malos olores ,deterioro de la vista paisajista, transmisión de enfermedades, proliferación de vectores, etc, a su paso también afecta a actividades como la ganadería y la agricultura principalmente en época de verano el agua se reduce considerablemente (JARAMILLO,AGUDELO,PEÑUELA,2016).

Estas tecnologías naturales y ecológicas de tratamiento reduce la contaminación de agua residual causante de problemas ambientales, afectando a aguas superficiales ,subterráneas y marinas alterando el equilibrio ecológico en zonas donde son vertidas sin ningún tipo de tratamiento, estos reactores por ser depuradores limpios ecológicos, mejorando el paisaje de la zona sirviendo como huéspedes de flora y fauna silvestre incluso conservando especies en peligro de extinción son tecnologías aceptables y viables para proyectos a gran escala (JARAMILLO, AGUDELO, PEÑUELA, 2016).

## **1.1. Realidad problemática.**

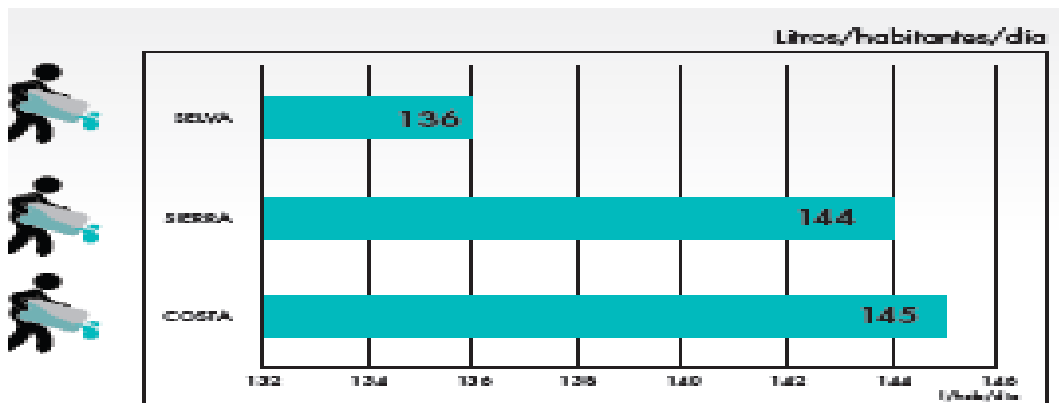
Desde la aparición del hombre a medida que aumenta sus necesidades se incrementa sus desechos un ejemplo son las aguas residuales generadas por la acción del hombre entre estas son las aguas domésticas - municipales , aguas agropecuarias y aguas industriales, invasoras de áreas sensible de los ecosistemas convirtiéndose en amenaza para todos ser viviente agravándose el problema cuando son arrojados sin ningún previo tratamiento a cauces de ríos, lagos, humedales naturales ,zonas protegidas etc. esto se suma los malos olores y deterioro de la vista paisajista además es causante de enfermedades parasitarias a humanos y animales de su entorno (UNESCO, 2017, pp.16).

### **Internacional**

A nivel mundial en la mayoría de países que no cuentan con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, en excepto los países más desarrollados el agua residual proveniente de las descargas de su población son vertidas directamente al medio ambiente sin previo tratamiento, este desastre ecológico causado por el hombre especialmente utilizando agua para diversos procesos industriales cada vez más tiene repercusiones negativas como por ejemplo a la salud, la economía, al ambiente, social, etc. Si bien el agua es indispensable para la vida porque requerimos de ella y por ser un disolvente universal una vez aprovechada se convierte en una carga para ser eliminada y al mismo tiempo una molestia al ser ignorada. Estas malas disposiciones finales que damos al agua aumenta más a medida que crece la población alterándole su estado natural que debemos cuidar para las futuras generaciones que las consecuencias en nuestro planeta se está observando como el deterioro de los ecosistemas, perdida de la flora y fauna ,el calentamiento global, perdida de los glaciares y la transmisión de enfermedades transmitidas por beber agua contaminada elevándose esta última en países de extrema pobreza que no cuentan con servicios básicos (UNESCO, 2017, pp.16).

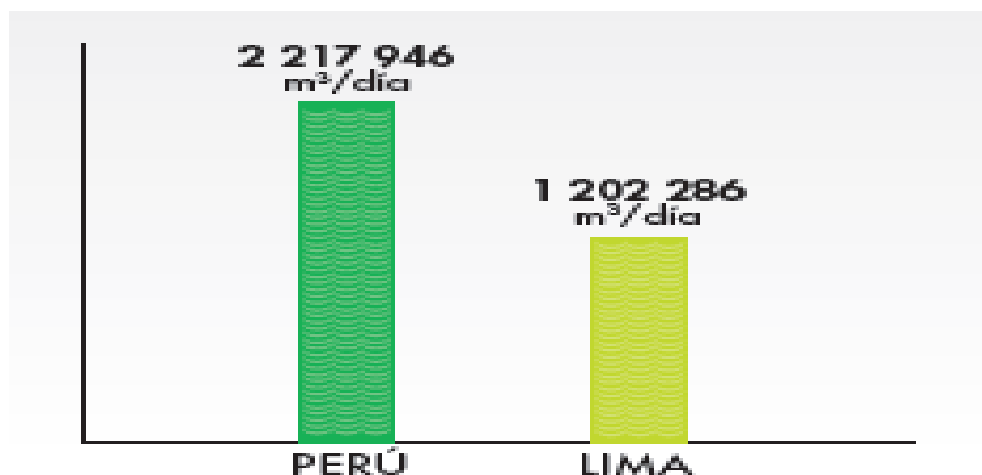
## Nacional

El Perú con más treinta millones de habitantes a nivel nacional genera aguas residuales aproximadamente 2 217 946 m<sup>3</sup> de aguas residuales por día, descargándole al sistema de alcantarillado público de las Empresas Prestadoras de Servicios, recibiendo tratamiento un 32% quedando un 68% de aguas vertidas directamente al ambiente. En Lima genera 1 202 286m<sup>3</sup> siendo la ciudad con mayor descarga de aguas residuales y lo más impactante que tan solo el 20.5% recibe tratamiento quedando un 79.5 % sin tratar que son vertidas al ambiente marino, lagos y muchas veces son filtradas al subsuelo causando contaminación a aguas subterráneas que a distancias lejanas algunos pobladores captan agua del subsuelo para beber (OEFA, 2014, pp.16). Los datos estadísticos que brinda la OEFA nos dice que el año 2014 fueron esta cantidad de 2 217 946 m<sup>3</sup> generada, ahora nuestra población ha crecido considerablemente principalmente en las ciudades y casi nada se promueve proyectos de gran magnitud en aguas residuales y se agrava en nuestras zonas alejadas olvidadas por las autoridades de turno durante décadas, el gobierno central, las municipalidades y las Empresas de Prestación de Servicios, deben trabajar en mutuo acuerdo y buscar alternativas que sean eficientes y con bajos costos de instalación y mantenimiento tal es el caso de los humedales asociados con la fitorremediación de los vegetales, estos proyectos nos ayudarían a cambiar los vertimientos más saludables para el medio ambiente, a continuación se detallará en las figura 1 y 2 sobre el uso del agua y vertimiento en el Perú (OEFA, 2014, pp.16).



Fuente: OEFA 2014.

Figura 1. Volumen de agua residual generada por habitante



Fuente: OEFA 2014

Figura 2. Volumen de agua residual generada a nivel nacional m³/día.

### Local

No se encontró trabajos previos pero afirmo que la falta de política ambiental, la burocracia institucional, han hecho que la mayoría de la región Cajamarca no cuente con tratamientos adecuados de aguas como política primordial que garanticen la calidad de vida de sus habitantes, se supone que una causa de no implementar seria el alto costo de implementación con sistemas de tratamiento en aguas con tecnologías químicas sanitarias, pero hay alternativas que son amigables al medio ambiente, como el diseño de humedales artificiales que uno de sus beneficios grandes es el poco presupuesto que requiere, son depuradoras de



gran eficacia y ecológicos, el distrito de Chalamarca no sería la acepción para proponer un proyecto de esta naturaleza con las especies achira (*Canna indica*) y Carrizo (*Pragmites australis*) tomando como referencia los módulos para un proyecto a gran escala, los reactores fueron dos a nivel piloto para identificar el poder depurador de estas plantas con el fin de devolver agua con menor carga contaminante a su sistema natural, esto nos permitió minimizar costos a comparación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

## 1.2. Trabajos previos

**GARGI, SHARMAA, PRIYA, URMILA, BRIGHU, (2014)** Artículo titulado “Análisis de rendimiento de humedales artificiales de flujo vertical para efluentes con tratamiento secundario” el objetivo de esta investigación es emitir aguas tratadas que cumplan con las normas dadas con la OMS para minimizar los riesgos ambientales que causan las aguas residuales no tratadas se instalaron 4 humedales artificiales de flujo subsuperficial con las especies achira y carrizo. En este estudio debería ser posible evaluar la importancia relativa de la presencia de diferentes especies de plantas, con incorporación de un sistema a base de arena para la eliminación de materia nitrogenada. Si se hace una comparación entre diferentes unidades de plantaciones: la eliminación de  $\text{NH}_4\text{-N}$  nos indica que la presencia de (*Canna indica*) puede mejorar la aerobividad dentro del lecho del humedal en comparación a presencia de Carrizo. La mayor concentración de nitrato en los dos módulos confirma la presencia de condiciones aeróbicas comparables. La presencia significativa de achira para flujo vertical los humedales construidos también fueron observados por la remoción de nutrientes de los niveles primario y secundario de aguas residuales tratadas. La eliminación general mejorada de los contaminantes en los humedales plantados con (*Canna indica*) se pueden definir por su enraizamiento fibroso fino, tiene una tasa de crecimiento rápida y una gran biomasa, lo que puede aumentar la superficie de biopelícula para crecer y, a su vez, aumentar la actividad microbiana general proporcionando más liberación de oxígeno, especialmente la actividad aeróbica porque las plantas de crecimiento rápido con raíces superiores son favorables para la nitrificación de las bacterias

para mejorar la nitrificación, en sus resultados demostraron por ser eficientes para reducir contaminantes físico-químicos con porcentajes para DQO fue 38% al 47%, la eliminación de nitrógeno Amónico fue de 52.99% y 36.17% respectivamente.

Debido a que este artículo fue desarrollado con las mismas especies que plantea la presente investigación aporta con la metodología de instalación y montaje del sistema dando como resultados las diferencias depurativas de las especies con humedales de flujo subsuperficial.

**ABDELHAKHEEM, ABOULROOS, KAMEL, (2015)** Artículo titulado "Rendimiento de un humedal de flujo subsuperficial construido bajo diferentes condiciones operacionales" El objetivo de este artículo Egipcio fue realizar un tratamiento secundario de aguas residuales con las especies carrizo y juncos en humedales de flujo subsuperficial, él estudió fue un experimento de ocho meses bajo diferentes condiciones operacionales incluyendo: vegetación (la presencia o ausencia de juncos comunes " *Phragmites australis*"), tipo de medio (grava o vermiculita) y modo de alimentación de aguas residuales (continuo o por lotes). Las plantas tuvo un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) en la eficiencia de eliminación y en la tasa de eliminación masiva de todos los contaminantes, excepto el fósforo. Las eficiencias promedio de eliminación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), Amonio ( $\text{NH}_4$ ) y P total (TP) fueron 75%, 84%, 75%, 32% y 22% para las camas plantadas en comparación con 29%, 37%, 42%, 26% y 17%, respectivamente, para las camas sin plantar. El VSSFCW fue ineficaz en la eliminación de nitrato ( $\text{NO}_3$ ). El efecto de cualquier tipo de medio o sistema de modo de alimentación en la eficiencia de eliminación de DQO y DBO.

En estos sistemas plantados en humedales con vegetación y sin vegetación nos indica también el grado de remoción de contaminantes del material filtrante y las colonias de microorganismos presentes en el lecho.

**JARAMILLO, AGUDELO, PEÑUELA, (2014)** Artículo titulado "Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivos de flores usando humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal" el objetivo de este artículo fue optimizar un sistema de tratamiento de aguas residuales de cultivo de flores, con

la finalidad de minimizar la contaminación del agua utilizando humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, la metodología para este trabajo fue una investigación exploratoria experimental en dos etapas, al inicio se efectuó el acondicionamiento fisicoquímico y biológico del sistema de tratamiento, en la siguiente etapa se monitoreo la remoción de contaminantes durante nueve meses, determinando los parámetros, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales, Sólidos suspendidos, pH y Oxígeno Disuelto.

Sus resultados se mejoró la eficiencia del sistema de tratamiento en un 71% para la Demanda Biológica de Oxígeno 41% Demanda Química de Oxígeno, 56.9% sólidos totales y 117.2% de sólidos suspendidos totales, además se concluyó que la concentración de DQO disminuyó con el tratamiento primario (precipitación y oxidación química) y favoreció con la eficiencia del tratamiento dado que las aguas tenían valores elevados de contaminantes. En los humedales de flujo subsuperficial la administración del afluente al tratamiento fue un agua previamente tratada para evitar el saturamiento del sistema también se precipitaban los metales pesados para evitar que las especies vegetales absorban y se marchiten.

**SEGÚN SOLÍS, LÓPEZ, BAUTISTA, HERNÁNDEZ, REMELLÓN, (2016)** Artículo científico titulado “Evaluación de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial en la remoción de contaminantes de aguas residuales utilizando diferentes especies de vegetación” Esta investigación se construyeron humedales de flujo superficial y subsuperficial, debido a que el segundo es de interés para mi investigación fue analizado los HAFS-P y HAFS-C a mayor profundidad. El objetivo de este estudio fue mitigar la contaminación de los ecosistemas implementando humedales artificiales construyendo seis humedales de flujo subsuperficial de 1.2 X 2.5 X 1m de profundidad con una capacidad de volumen de 1.5m<sup>3</sup> ya que el agua alcanzó 50cm de altura irrigándose con tuberías de PVC de 1 “ por 0.6 de longitud para que el agua distribuya en forma homogénea, la capacidad del tratamiento fue de 200 Lt diarios con tiempo de retención hidráulica de 5 a 7 días. La vegetación sembrada fue plantas de los humedales naturales aledaños al experimento *T. latifolia* y *E. Crassipes* en número de doce unidades por cada módulo. Los parámetros medidos fueron DBO<sub>5</sub>, DQO, PT, NT, generando en total 60 muestras compuestas doce muestras por parámetro. Los valores iniciales del

agua de entrada fueron Turbiedad 143NTU., color 1424U.C.,  $DBO_5=398.5\text{mg.l}^{-1}$ .  $DQO=891.\text{l}^{-1}$ .  $NT=73,7\text{mg.l}^{-1}$ .  $SST\ 295.3\text{mg.l}^{-1}$ . pH 7.22. Sus resultados de remoción de contaminantes fueron; Turbiedad (NTU) HAFS-P =95.8%, HAFS-C=85.4%. Color (C.U) HAFS-P=84.1%, HAFS-C=71.6%.  $DBO_5$  ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) HAFS-P= 95.3%, HAFS-C=86.0%.  $DQO$  ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) HAFS-P =95.1%, HAFS-C =86.1% . $SST$  ( $\text{mg.l}^{-1}$ ).HAFS-P=93.6%, HAFS-C=83.7%.

Este artículo es un estudio de alto nivel apoya a mi investigación como se procedió a su instalación específicamente el número de vegetales plantados al sistema y sus niveles de resultados en todos sus parámetros medidos alcanzando valores significativos.

**ASI MISMO MINCHOLA, J.L. GONZALES, F. (2013).** “Humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la mina Barrick”, En la Universidad Nacional de Trujillo esta investigación experimental con el fin disminuir los contaminantes de aguas residuales domésticas creadas por la minera Barrick (Quiruvilca, La Libertad), este trabajo propone instalar los humedales artificiales de flujo superficial con la especie *Typha angustifolia*. El objetivo de esta investigación fue determinar su viabilidad para la construcción de los humedales artificiales con el afán de mitigar la contaminación de la mina, analizó el potencial y la viabilidad de uso de un humedal artificial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en el afán de mitigar el impacto en la minera “Barrick”. La muestra lo constituyó el efluente entrada y salida del humedal. Se determinó la concentración de  $DBO_5$  (mg/l), SST (mg/l), Coliformes fecales (NMP/100 ml), Coliformes totales (NMP/100 ml), pH, Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y Oxígeno disuelto (OD) (mg/l) con respecto al tiempo de retención (TR) (días). También se determinó la remoción porcentual  $DBO_5$ , SST, Coliformes fecales, Coliformes totales y la tasa de incremento de oxígeno. Los resultados permitieron estimar la eficiencia de remoción del  $DBO_5$  (73,00%), SST (84,00%), Coliformes fecales (93,00%), Coliformes totales (86,00%), y la tasa de incremento de oxígeno disuelto fue del 18,73%; se concluye que los humedales artificiales son eficientes en la remoción de contaminantes e incremento de oxígeno disuelto.

Esta investigación fue experimental determinando la eficacia del humedal al depurar aguas de origen minero me ayudara a observar que objetivos se

plantearon sus instrumentos que utilizaron, su población, muestras y sus conclusiones que obtuvieron y tomarle como referencia para la presente investigación determinando la viabilidad de purificar las aguas residuales en mi distrito mediante humedal artificial con dos especies aportando al cuidado de nuestro río namoyoc que actualmente se encuentra amenazado por estas aguas.

**SEGÚN VIZCAÍNO, L. FUENTES, N. (2016)** Artículo titulado “Efectos de (*Eisenia foetida*) y (*Eichhornia crassipes*) en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos”

El objetivo fue conocer el poder depurador del sistema fitodepurador de estas especies como alternativa para minimizar los contaminantes de aguas residuales domésticas de la localidad de San Juan del Cesar, fue un estudio a nivel laboratorio que duró un mes de experimento construyendo tres módulos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> con un tiempo de retención hidráulica de 24 horas, el efluente tratado de 0,1125L y 0,0220L los parámetros estudiados fueron: las concentraciones de Sólidos totales, Sólidos suspendidos totales, Turbidez, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Nitrógeno total, Fosfatos, Coliformes totales y (*escherichia coli*) las muestras analizadas fueron 30 para cada tratamiento 10, el resultado arrojó T<sub>1</sub> DBO<sub>5</sub> Concentración inicial 135mg/L, T<sub>1</sub> 70.3 mg/L; T<sub>2</sub> 83.7 mg/L; T<sub>3</sub> 91 mg/L; DQO concentración inicial 228 mg/L, T<sub>1</sub> 69.2mg/L; T<sub>2</sub> 63.9mg/L; T<sub>3</sub> 64mg/L; SST concentración inicial 384 mg/L; T<sub>1</sub> 52.8mg/L; T<sub>2</sub> 64.2mg/L; T<sub>3</sub> 83mg/L. C. Totales concentración inicial 5.39x10<sup>7</sup> NMP/100mL; T<sub>1</sub> 89.5 NMP/100mL; T<sub>2</sub> 94.5 NMP/100MI; T<sub>3</sub> 99 NMP/100mL. En conclusión el T<sub>1</sub> fue más eficiente en la remoción de Demanda química de oxígeno, mientras que el T<sub>2</sub> logró eliminar el 100% de Sólidos totales.

El poder depurador de las especies (*Eisenia foetida*) y (*Eichhornia crassipes*) como fitodepuradoras es una alternativa viable para tratar aguas a gran escala con humedales de sistemas superficial, subsuperficial y sistemas híbridos con tiempo de tratamiento en periodo corto de un mes llegando a alcanzar niveles de remoción de contaminantes de uno de ellos en 100%.

**DEL MISMO MODO SUAREZ, AGUDELO, RINCON, MILLÁN, (2014)** Artículo titulado “Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas” Universidad Jorge Tadeo Lozano. Su

objetivo principal fue la disminución de materia orgánica, Sólidos suspendidos totales DBO<sub>5</sub>, DBO, Fosforo y Nitrógeno entre otros parámetros físicos y químicos. En cuanto a sus resultados se obtuvo que el porcentaje de remoción de DBO tiene a disminuir durante los primeros cuarenta días iniciando con valores por encima del 80%, finalizando con valores de entre 60 y el 70% de disminución de DBO.

En cuanto a la remoción de nitrógeno, situación que se presentó con mayor claridad después del día 21 de operación durante los días previos este hecho no es tan marcado debido a la adaptación de las plantas del medio el cual fueron expuestas la disminución de nitrógeno amoniacal se debe a la comunidad bacteriana adherida al relleno la cual por condiciones que se encuentra remueve mediante los procesos de Nitrificación y Desnitrificación. El comportamiento de los Sólidos suspendidos totales no se apreció una significativa entre la remoción de Sólidos suspendidos realiza por los humedales, siendo por el material de relleno y la baja velocidad de flujo la causa de la remoción de retención de los Sólidos suspendidos, además de la posible descomposición debida a los microorganismos que se encuentra adheridos al lecho empleado.

La búsqueda de disminuir los contaminantes físicos químicos y microbiológicos este artículo tubo resultados expectantes, el principal fue la DBO durante los primeros 21 días llegando hasta un 80% con especies vegetales que se obtuvieron de los humedales naturales cerca del área de estudio.

**POR SU PARTE BEDOYA ,ARDILLA , REYES, (2014)** Artículo titulado “ Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia “ Este artículo el objetivo fue tratar agua residual generada por la institución universitaria, lo primero se realizó una evaluación comparativa de la eficiencia de remoción de contaminantes con dos módulos de humedales con las especies *T. latifolia* y *C.papyrus*; sus resultados del tratamiento fueron. DBO<sub>5</sub> caracterización inicial 255 ppm; T<sub>1</sub> 42.8 ppm; T<sub>2</sub> 43.5; DQO caracterización inicial 326.9 ppm; T<sub>1</sub> 150.7 ppm: T<sub>2</sub> 170.5 ppm. Numero de Coliformes Totales concentración inicial >2400 NMP/100ml; T<sub>1</sub> 430 NMP/100ml; T<sub>2</sub> 247 NMP/100ml. Solido suspendidos concentración inicial 67ppm; T<sub>1</sub> 3 ppm; T<sub>1</sub> 3 ppm; T<sub>2</sub> 40 ppm. Sus conclusiones finales fueron los mayores niveles de remoción de DQO (70.4%)

DBO<sub>5</sub>, (96.7%) y SST (81.4%) se obtuvieron del humedal que contenía la especie *T. latifolia*. Para el caso del nitrógeno ninguna de las especies usadas se logró obtener un efluente que cumplan con los niveles máximos de remoción establecidos por la normatividad.

Este tratamiento biológico que se instaló redujeron las cargas de contaminantes llegando a resultados que cumplían con las normas establecidas a excepción del nitrógeno que no cumplió con las normas dadas, principalmente apoya a mi investigación como obtener las muestras para ser derivadas a su posterior análisis entre las 6 a 22 horas como máximo.

**SEGÚN TORRES, HERNÁNDEZ, FAUSTO, ZURITA, (2016)** Artículo titulado “Evaluación de tres sistemas de Humedales híbridos a escala piloto para la remoción de Nitrógeno” En este estudio se calcularon y comprobaron tres sistemas de humedales híbridos para la remoción de nitrógeno total (N total) durante dos años. Se cuantificó el contenido de cada uno de los componentes nitrogenados: nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y nitrógeno orgánico (N Org). El primer reactor estuvo compuesto de un humedal subsuperficial de flujo horizontal (HSSFH), seguido de una laguna de estabilización (LE) aerobia; el segundo (II) por HSSFH seguido de un humedal subsuperficial de flujo vertical (HSSFV); y el tercero (III), por HSSFV seguido de HSSFH. Todos los sistemas fueron muy positivos para la nitrificación, se registraron aumentos superiores en la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en los efluentes y eficiencias altas en la remoción de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Estas eficiencias fueron de 76.2 % y 78.7 %, en el sistema I; de 87.4 % y 92.5 % en el sistema II y de 82.6 % y 97.2 % en el sistema III, en el primer y segundo año, respectivamente. Respecto a la remoción de N total, el sistema I (HSSFH-LE) fue el más efectivo ( $p < 0.05$ ) con remociones de 59.4 % y 57.7 % en los años 1 y 2, respectivamente. En los sistemas II (HSSFH-HSSFV) y III (HSSFV-HSSFH) las remociones fueron de 21.2 % y 34.4 %, y de 25.0 % y 36.3 %, respectivamente. La baja remoción de N total en los sistemas II y III, aparentemente se debió a una baja tasa de desnitrificación ante la ausencia de zonas anóxicas/anaerobias más extensas como resultado de la baja profundidad de los HSSFH y de las características del medio filtrante, tales como su distribución de tamaño de partícula (tezontle molido) y su elevada porosidad.

La disminución de este contaminante es de relevancia porque disminuyeron el nitrógeno amoniacal y orgánico que por exceso de este causo eutrofización de las aguas residuales que generaron las industrias.

**SEGÚN TORRES, MAGNO, PINEDA, CRUZ, (2015)** artículo titulado “Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales artificiales de flujo superficial con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*” El objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia de las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis* en el tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales a escala piloto de flujo libre superficial (FLS) en el agua para riego de Carapongo-Lurigancho. Para su evaluación se midieron parámetros como: DBO (270 mg/l); Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes ( $16 \times 10^7$  NMP/100ml), pH (7.8); Temperatura (21°C), Turbidez (130 UNT); los cálculos necesarios como las dimensiones, tiempo de retención hidráulica y velocidad de flujo del sistema son una adaptación de Crites y Tchobanoglous, llamado Small Decentralized Wastewater Treatment Systems. De acuerdo a la Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales de los ECA para agua D.S. 002-2001.MINAM, los parámetros deben ser: DBO (15ml/L), Coliformes totales (5 000 NMP/100ml) y Coliformes Termotolerantes (1000 NMP/100ml), pH (6.5-8.5). La efectividad del sistema de humedales un 80% de remoción, mientras que para a la determinación de eficiencia de las especies, *Cyperus Papyrus* tiene mayor remoción en la calidad de DBO y Turbidez un 77% mayor a *Phragmites Australis*, mientras ésta un 30 % mayor en la remoción Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes.

Este tratamiento busco emitir aguas residuales para bebida de animales y regadío de plantas aporta a mi investigación por la obtención de agua tratada de categoría 3 que busca emitir la presente investigación.

**PÉREZ, ALFARO, SASA, AGÜERO, (2013)** Artículo titulado “Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales”

Su objetivo de este artículo fue la aplicación de un humedal artificial horizontal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas negras en una industria cosmética



y farmacéutica, como tecnología de bajo costo, utilizando un sistema de macrófitas enraizadas emergentes. El *Cyperus Papyrus*, una especie común y fácilmente adaptable a las condiciones climáticas del país, fue utilizado en la remoción de cargas orgánicas de los efluentes de aguas negras.

Sus resultados la remoción de cargas orgánicas del sistema de tratamiento de las aguas ingresaron con un promedio de 91% para DBO, 73% para DQO, 75% para el fósforo, sólidos suspendidos totales 72%.

Es importante mencionar que para el análisis Microbiológico del tratamiento las Coliformes existen 1600 NMP/100 en el agua de salida por lo que recomienda este artículo realizar un tratamiento terciario.

Esta investigación depuró aguas residuales grises obteniendo resultados que sobrepasan el 90% de remoción de contaminantes a través de las especies vegetales instaladas en humedales de flujo subsuperficial.

**SEGÚN MORALES, LÓPEZ, VERA, VIDAL, (2013)** Artículo científico titulado “Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas” Los humedales construidos es una tecnología viable para tratar aguas servidas en el sector rural debido a su bajo costo de operación y simplicidad en el manejo tecnológico. Además es eficiente en la eliminación de materia orgánica y nutrientes es de hasta 95% y 60%, respectivamente, el objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica que muestre la factibilidad de usar humedales construidos de flujo subsuperficial plantados con especies ornamentales para la eliminación de materia orgánica y nutrientes contenidos en las aguas servidas. Preliminarmente es posible indicar que las plantas ornamentales han mostrado una eficiencia de eliminación de materia orgánica medida como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) variando entre 70 y 93%, mientras que en el caso de los nutrientes, la eliminación de Nitrógeno Total (NT) varía entre 45 y 73% y de Fósforo Total (PT) entre 40 y 80%. Debido a estos valores de eliminación, es posible concluir que los humedales construidos con plantas ornamentales pueden realizar un tratamiento de las aguas servidas en condiciones similares a las presentadas por plantas comunes. Sin embargo, las plantas ornamentales entregan un valor estético al entorno, junto a un posible beneficio económico para la población usuaria del sistema.

Este artículo hace una revisión de literatura importante y concluye que los humedales con plantas ornamentales también cumplen con el tratamiento de aguas residuales, como es el caso de la achira utilizada en mi investigación corroborando que es una especie ornamental de alto poder de depuración.

**CASTAÑEDA, FLORES (2014)** Artículo titulado “Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México” ha tenido principalmente: déficit de infraestructura, altos costos de instalación, operación y mantenimiento, así como falta de personal capacitado, de tal modo que sólo el 40.2% de las aguas residuales generadas reciben algún tipo de tratamiento. En este trabajo se evalúan tres tipos diferentes de plantas típicas de los humedales naturales en la región de los Altos de Jalisco como lo son: el carrizo común (*Phragmites australis*), el gladiolo (*Gladiolus spp*) y la totora (*Typha latifolia*), para reducir los parámetros como el potencial de hidrógeno (pH), la Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días, el nitrógeno total, el fósforo total y las grasas y aceites, en unidades experimentales con tiempos de retención de tres, cinco y siete días sus resultados fueron los siguientes: Grasas y aceites 55%, DBO<sub>5</sub> 86%, NT 64%, P68%, concluyendo que la utilización de macrófitas para tratar agua residuales mediante humedales son viables y de gran capacidad de remoción cumpliendo con las normas mexicanas e internacionales.

Las macrófitas utilizadas como el carrizo tiene un mayor porcentaje de remoción a comparación de las dos especies más estudiadas lo que sustenta que esta planta es requerida para tratar aguas mediante estos sistemas.

**SEGÚN LUNA, ABURTO. (2014)** “Sistema de humedales artificiales para el control de la eutrofización del lago del Bosque de San Juan de Aragón”. En este estudio, se describen los aspectos relevantes sobre el diseño, construcción y arranque operativo de un sistema de tratamiento a base de humedales artificiales (STHA) construido en el LBSJA. El STHA ocupa aproximadamente 1 hectárea de superficie, fue diseñado para depurar un promedio de 250 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> de agua. El sistema consiste de un filtro de agregados calcáreos, un sedimentador, un humedal artificial de lujo subsuperficial (HAFSS), un humedal artificial de lujo superficial (HAFS) y un muro gavión filtrante. El agua con la que se alimenta al sistema proviene tanto del efluente de la planta de tratamiento convencional de "Tlacos" (PTAR-Tlacos), como de la

contenida en el propio lago, sus resultados obtenidos para esta investigación fueron la concentración de nitrógeno, después de pasar por el HAFSS, disminuye en 50%, mientras que el 50% del fósforo. La remoción de la mayoría de los contaminantes abióticos se reduce hasta un 80%, la concentración de Coliformes fecales, se logra una disminución superior al 90%. por lo tanto se concluye que la aplicación a escala real de la tecnología de tratamiento de aguas contaminadas desarrollada a lo largo de más de 20 años de investigación, quedó plasmada en el STHA construido en aproximadamente una hectárea de terreno, en el interior del lago del Bosque de San Juan de Aragón, Distrito Federal, está diseñado para un tiempo de vida útil de aproximadamente 25 años y una capacidad de remoción de contaminantes presentes entre 80% y 90%. El STHA, se encuentra en proceso de estabilización, no obstante ha demostrado su capacidad para reducir significativamente el contenido de carbono y bacterias coliformes.

La vida útil de un sistema de tratamiento mediante humedales artificiales es aproximadamente 25 años y durante este lapso de tiempo su capacidad de remoción no varía lo cual se deduce que es un sistema duradero y económico.

**DEL MISMO MODO MARTÍNEZ P.D (2014)** “Evaluación y Diseño de un Humedal Construido para la Depuración de Aguas Residuales Domésticas” Universidad de Murcia Esta tesis doctoral su objetivo principal fue depurar aguas residuales mediante un sistema híbrido de humedales construidos, localizado en el sudeste español, en concreto, en el campo de Elche. El sistema estuvo compuesto por un humedal construido de flujo subsuperficial horizontal, plantado con *Phragmites australis* y aireación asistida durante el primer año de funcionamiento, y un humedal de flujo superficial plantado con distintas especies que cumple la función de balsa de evaporación total. Los parámetros evaluados fueron los exigidos, en la zona de construcción del humedal, por los Reales Decretos 509/1996 para vertido de aguas residuales tratadas y 1620/2007 de reutilización de aguas regeneradas destinadas a uso agrícola 2.1. Otros parámetros como pH, Aceites y grasas, SST y Coliformes Termotolerantes también fueron estudiados. Sus resultados fueron: BBO<sub>5</sub> 90%, DQO 75%, SST 90%, Aceites y grasas 88%, Coliformes Termotolerantes 95%. , sus conclusiones finales fueron el tratamiento por el sistema de humedales construidos cumplió con los parámetros exigidos por la legislación para verter y

reutilizar durante el primer año de funcionamiento. Los efluentes del segundo año no cumplieron con las exigencias legales debido a desajustes hídricos en el humedal subsuperficial que afectaron también al humedal superficial situado posteriormente.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Aguas residuales.**

“Las aguas residuales se define como la mezcla de desechos líquidos presentando contaminantes físicos, químicos y biológicos, provenientes de diferentes fuentes como industriales, domesticas, agropecuarias, siendo descargadas después de ser usadas, alterándose su estado físico, químico y microbiológico en que fueron encontradas” (UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, 2014).

#### **1.3.2 Aguas residuales municipales y urbanas**

Esta aguas provenientes de descargas urbanas su composición puede variar considerablemente, notándose diversos tipos de contaminantes sólidos voluminosos , desperdicios de cocina ,restos fecales ,aceites, grasas, papeles, etc. tanto orgánicos como inorgánicos debido a las diferentes fuentes de procedencia como las domesticas , institucionales, pluviales etc. Las agua domesticas no son muy ofensivas y de menor costo su tratamiento a comparación de las industriales y agrícolas, debido a la presencia de componentes químicos tiene que tener un tratamiento minucioso, además afectan a la flora y fauna acuática (UNESCO, 2017, pp.19).

**Tabla 1**

*Características físicas, químicas y biológicas del agua residual.*

<b>Características</b>	<b>Procedencia</b>
<b>Propiedades Físicas</b>	
Color	Agua residual domestica e industrial
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales
Solidos	Agua de suministro, residuos domésticos e industriales.
<b>Constituyentes químicos</b>	
<b>Orgánicos</b>	
Carbohidratos	aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas y aceites	aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	residuos agrícolas
Fenoles	vertidos industriales
Proteínas	aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<b>Inorgánicos</b>	
Cloruros	agua residual domestica infiltración de agua subterránea
Metales pesados	vertidos industriales
Nitrógeno	residuos agrícolas y agua residual doméstica.
pH	agua residual doméstica ,industrial y comercial.
Fosforo	agua residual doméstica, industrial y escorrentía.
Azufre	agua residual doméstica, industrial y comercial.
<b>Gases</b>	
Metano	Descomposición de residuos orgánicos.
Oxigeno	aguas de suministro
<b>Protistas</b>	
Eubacterias	aguas residuales domésticas, plantas de tratamiento.

Arqueobacterias	aguas residuales domésticas, plantas de tratamiento.
Virus	aguas residuales domésticas.

**Fuente:** MARÍN, OSÉS, 2013.

**Tabla 2**

*Calidad del agua residual municipal.*

<b>Contaminante</b>		<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>
Sólidos totales	(mg/l)	350	720	1200
Sólidos sedimentables	(mg/l)	5	10	20
Sólidos disueltos totales	(mg/l)	270	500	850
BBO	(mg/l)	110	190	400
BQO	(mg/l)	250	500	1000
Sólido suspendido vol.	(mg/l)	95	160	325
Nitrógeno total	(mg/l)	20	40	85
Nitrógeno amoniacal	(mg/l)	12	25	50
Nitratos	(mg/l)	0	0	0
Nitritos	(mg/l)	0	0	0
Fosforo total	(mg/l)	4	7	15
Grasas y aceites	(mg/l)	50	90	200
Alcalinidad total	(mg/l)	50	100	150
Cloro	(mg/l)	30	50	100
Coliformes totales	(NMP/L)	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>9</sup>

**Fuente:** MARÍN, OSÉS, 2013.

### 1.3.3. Valores Máximos Permisibles.

Es la medida establecida por concentración de elementos físicos químicos y biológicos que caracterizan a un efluente que ha sido previamente tratado por una planta de tratamiento, si los niveles son mayores a lo establecido se pone en riesgo al ambiente y a la salud (DSN° 003-2010, MINAM).

**TABLA 3**

*L.M.P. Para Plantas de Tratamiento de aguas Residuales*

Parámetro	unidad	LMP para vertidos a cuerpo de agua
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de oxígeno	mg/L	200
Solidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35
Coliformes Termotolerantes	NMP/100	10000
Aceites y grasas	mg/L	20
pH	pH	6.5-8.5

**Fuente:** DSN° 003-2010- MINAM

#### **1.3.4. Principales parámetros que deben controlarse**

##### **Aceites y grasas**

“Estos elementos son descargados principalmente de fuentes domésticas, industrias de metal mecánica, lubricantes de motores, combustibles y otros, estos son compuestos de carbón, hidrogeno y oxígeno formando una película flotante en el agua afectando a los microorganismos que descomponen la materia orgánica” (CONAGUA, 2015, pp.34, 35).

##### **Coliformes**

“Es una de las muchas bacterias que tienen ciertas características de la contaminación del agua con residuos fecales, debido a su gran resistencia a comparación con las bacterias patógenas intestinales son causantes de diferentes enfermedades parasitarias, se dividen en fecales y totales” (CONAGUA 2015, pp. 35).

#### **Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

“Este parámetro mide principalmente la cantidad de oxígeno que requieren las colonias de microorganismos para que ayuden a descomponer la materia orgánica degradándose biológicamente” (CONAGUA, 2015, pp.35).

#### **Demanda Química de Oxígeno.**

“Es la cantidad de oxígeno que se consume al tener una oxidación la materia orgánica por causa de un oxidante fuerte, en consecuencia todos los componentes orgánicos se oxidan” (CONAGUA 2015, pp.35).

#### **Temperatura.**

“El uno de los parámetros importantes por tener un medio que influye en otras reacciones en el humedal para desarrollarse con normalidad por ejm. Aceleración de reacciones químicas. Reducción en solubilidad de los gases” (CONAGUA, 2015, pp.35).

#### **1.3.5 Vertimiento y consecuencias de aguas residuales no tratadas.**

La emisión de aguas parcialmente depuradas o no tratadas presentes en el medio ambiente es causante de la contaminación de aguas subterráneas y superficiales discurriendo a los medios más sensibles a lagos, ríos, zonas intangibles y humedales naturales presentes en los ecosistemas, se agrava cada día más por estas consecuencias la disponibilidad de agua limpia se reduce causando un déficit hídrico aguas abajo donde de emite la contaminación del agua (UNESCO, 2017, pp. 56).

#### **Efectos a la salud humana**

Los esfuerzos de las instituciones encargadas en saneamiento básico han tenido cierto avance desde la década de los 90 ,pero con el aumento de la



población específicamente en la zona urbana la necesidad hídrica se eleva por lo tanto los desechos son mayores poniendo en riesgo a la salud pública, las personas que tiene contacto con aguas residuales se enferman con parasitosis especialmente causados por las fugas domiciliarias ,malas instalaciones sanitarias ,filtración subterránea, o mal tratamiento de aguas (UNESCO, 2017, pp. 60).

### **Efectos ambientales**

El arrojado de aguas residuales sin tratar tiene impactos negativos muy severos al medio ambiente alterando el equilibrio ecológico principalmente a las fuentes de aguas. La preocupación mundial sobre el problema ambiental viene desde hace unas tres décadas la contaminación del agua aumento en todo el mundo centrándose en los ríos, lagos, humedales naturales, etc como consecuencia del aumento demográfico, el aumento de la actividad económica y la expansión de la agricultura. El agua dulce por ser fundamental para el desarrollo económico de todas las actividades humanas la mala disposición final del agua constituye un obstáculo para la sociedad (UNESCO, 2017, pp. 60).

### **Tratamiento de aguas residuales**

La depuración o tratamiento de aguas residuales consiste en la eliminación de contaminantes mediante el uso de las fuerzas naturales (ejm las cascadas) así como las barreras físicas como los filtros, membranas, o radiación ultra violeta (UV) se utiliza la desinfección el uso de membranas a resultado una alternativa debido a la calidad de efluentes después de la depuración logrando eliminar los microcontaminantes orgánicos e inorgánicos (UNESCO, 2017, pp. 60).

#### **Tratamiento Preliminar.**

Su objetivo de esta primera etapa es la protección del resto del tratamiento, sus principales etapas de del tratamiento preliminar son:

1. Separación de solidos voluminosos.
2. Desbaste
3. Cribado
4. Tamizado
5. Desarenado

## 6. Regulación y preaeración (MARÍN Y OSÉS, 2013, pp 107).

### **Tratamiento primario.**

El primer tratamiento que recibe las aguas residuales ,procedentes de las etapas preliminares es generalmente la sedimentación de los sólidos suspendidos en un tanque adecuado el que se mantienen las aguas desde 30 minutos a tres horas o más que es suficiente para permitir que el 40 al 65% de los sólidos se depositen en el fondo del tanque, estos se extraen mecánicamente al exterior en forma de lodos. El tratamiento primario es una operación esencial y unitaria para que de buenos resultados esperados.

### **Tratamiento secundario.**

El tratamiento secundario se realiza para eliminar los desechos y sustancias que con el tratamiento primario no alcanzo eliminar y para remover la demanda bioquímica de oxígeno.

Este tratamiento acelera la descomposición de los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales. El más común de este tratamiento es un proceso biológico en el que se facilita a las bacterias aeróbicas digieran a la materia organica así disminuyendo la concentración de contaminantes presentes en las aguas residuales.

### **Tratamiento terciario**

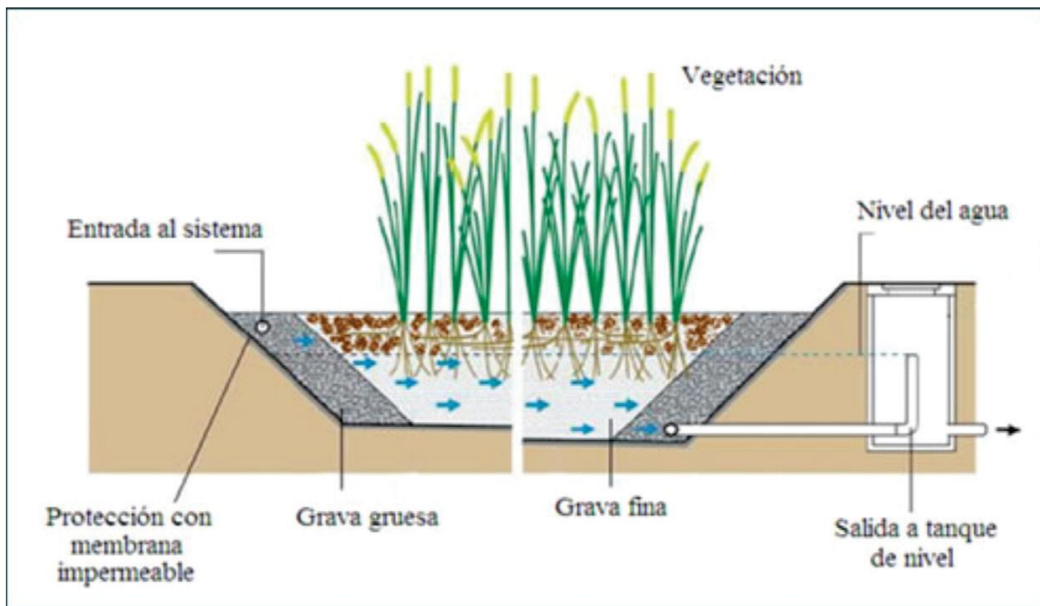
El tratamiento terciario es el procedimiento más completo y eficaz que se puede emplear para tratar aguas residuales, pero debido a su alto costo de instalación y operación no se implementa en las ciudades donde generan abundantes descargas. Este proceso consiste en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración y/o la cloración para disminuir considerablemente las concentraciones de contaminantes específicamente los inorgánicos por ejemplo los fosfatos, y nitratos.

Este tratamiento nos proporciona una etapa final para aumentar la calidad del agua al estándar requerido antes de ser descargados al medio ambiente (MARÍN Y OSÉS, 2013, pp.127).

### **1.3.6 Humedales artificiales**

Son procesos de tratamiento físicos, químicos y biológicos instalados con plantas empleadas en tratamiento de aguas con humedales artificiales, como son el tule, el carrizo, las macrófitas y otras estas son usadas en áreas inundadas y cubiertas con la vegetación que han pasado por un tiempo de aclimatación a las condiciones de humedad. Los nutrientes son consumidos para el aumento de nuevos microorganismos, ya que son fuente de alimento Durante el proceso orgánico se obtiene como sub productos, gases de nitrógeno y bióxido de carbono.

La vegetación cumple un rol eficiente de captar el oxígeno del ambiente a través de sus hojas y tallos transportándolo a sus raíces liberándolo aquí para que capten el oxígeno los descomponedores. Los nitritos y nitratos procedentes por la biodegradación de la materia organica, son aprovechados por las plantas, por lo que se construye una relación de ayuda conjunta entre bacterias y plantas (MARÍN Y OSÉS, 2013, pp.154)



**Fuente.** TORRES Y MARÍN 2012

**Figura 3.** Esquema de un humedal subsuperficial.

### **Ventajas y desventajas de los humedales artificiales**

1. Tienen capacidad de eliminación de materia orgánica.
2. El mantenimiento, operación e instalación son menores en inversión a comparación con tecnologías fisicoquímicas.
3. No requiere de energía eléctrica.
4. Fácil operación y mantenimiento por ser un manejo sencillo.
5. Mejoran la calidad paisajista incluso pueden ser huéspedes de flora y fauna silvestre.
6. Los sub productos que emite como por ejm vegetación, las plantas ornamentales pueden ser una fuente de ingreso económico al sistema.
7. No produce lodos como sub productos.
8. Los sistemas que emplean medios de soporte (HSS y VSS) gracias a su aislamiento térmico (UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, 2014, pp.81).

### **Desventajas**

1. El área que se requiere para su construcción es mayor al sistema con tecnologías fisicoquímicas.
2. La larga puesta en marcha debida a la adaptación de colonización de planta depuradoras incluso puede tardar años en flujo superficial.
3. Escaso control durante su funcionamiento.
4. El afluente tiene que presentar un pretratamiento previo al suministrar al humedal en los humedales de flujo subsuperficial.
5. Específicamente en los humedales de flujo subsuperficial hay riesgo de saturación del medio granular por presencia de grasas, aceites o solidos finos.
6. Es posible que este tipo de tratamientos emita gases de efecto invernadero a la atmosfera.
7. El poder depurador puede ser inferior al sistema convencional (UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, 2014, pp.81).

### **1.3.7. Clasificación de los humedales artificiales**

#### **1. Humedal superficial o flujo superficial (HAFS).**

Este tratamiento el agua ingresa por un extremo del lecho a tratar circula por toda la superficie almacenándose tipo laguna de oxidación fomentándose la película bacteriana que cumple función de eliminación de contaminantes, el área que requiere este tipo de tratamientos a gran escala son hectáreas con vegetación emergente (macrófitas) con niveles de aguas no profundas, el agua suministrada al tratamiento debe ser permanente recibiendo efluentes con un tratamiento anterior (HUERTAS, MARCOS, IBARGUREN Y ORDÁS, 2013, pp. 48).

#### **2. Humedal subsuperficial o flujo subsuperficial.**

El agua a tratar pasa por debajo de la superficie no presenta inundaciones superficiales, en términos generales el efluente tratado no se ve porque el agua circula por debajo de una gravilla instalada evitando que tenga contacto con la

atmosfera no emite gases como el metano, su profundidad es aproximadamente hasta 06.0 m, con una pendiente promedio del 1%.

Su estructura de funcionamiento consiste en un lecho de piedra instalada facilitando que el agua se distribuya de forma uniforme para su ingreso como para la salida, luego se adhiere arena o grava de menor diámetro, finalmente una capa de materia orgánica o turba que sirve como soporte a la vegetación instalada. Las plantas pueden ser nativas como ornamentales estas ayudan a la remoción de contaminantes junto con los microorganismos descomponiendo la materia orgánica aprovechada por la vegetación estos humedales se divide en dos tipos de flujo horizontal y vertical (MARÍN Y OSÉS, 2013, pp .154).

#### **a. Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal (HFSSH)**

“El agua en tratamiento circula en sentido horizontal a través del lecho filtrante para ser depurada. La entrada de esta puede ser continua o intermitente administrada al lecho es decir que el humedal es inundado de agua” (HUERTAS, et, al. 2013).

#### **b. Humedal artificial e flujo Subsuperficial vertical (HFSSV).**

A diferencia del humedal de flujo horizontal la descarga del agua se realiza mediante tuberías o sifones de descarga controlada por un operador de 3 a 10 pulsos por día durante 3 minutos, dejando que infiltre durante una hora aproximadamente, la entrada de oxígeno durante las pulsaciones de agua al humedal se produce por la corrida de aire junto con el agua al medio poroso.

Este tipo se emplean específicamente como tratamiento secundario, que las aguas antes de ingresar al tratamiento deben recibir un pre tratamiento que deben ser eliminados la mayor cantidad posible de sólidos, grasas y aceites que podría acolmatarse en medio filtrante. Este tratamiento es el que se plantea en la investigación por ser un sistema eficiente en cuanto a la capacidad de remoción de contaminantes con pendiente de 1%, retención hidráulica de 7 a 10 días ((HUERTAS, et, al. 2013, pp. 48).

### **1.3.8 .Componentes del humedal artificial sub superficial.**

#### **El agua**

La velocidad del agua en el sistema es importante para alcanzar los niveles deseados de remoción. La distribución y la cantidad de vegetación determinan en gran medida el tiempo de retención del agua residual en el sistema, baja velocidad permite mayor tiempo de retención y en consecuencia mayor sedimentación de las partículas (DE LA MORA, et, al 2015).

#### **Substrato**

Es el medio granular, soporte o lecho, generalmente para su establecimiento se utilizan materiales como arena, grava, roca, gravilla, tezontle o cualquier material granular. Es importante que el sustrato tenga propiedades permeables que permitan el paso del agua a través de él. En el sustrato se llevan a cabo funciones como: Fijación de microorganismos, en la capa superficial del sustrato creándose una biopelícula donde algunos microorganismos se adhieren obteniendo fuentes de carbono que provee la energía para las reacciones biológicas que se llevan a cabo en el sistema. La eliminación de sustancias contaminantes mediante sedimentación, absorción, adsorción y filtración (DE LA MORA, et al. 2015).

#### **Nutrientes:**

“La vegetación lleva a cabo procesos de degradación y asimilación de algunos nutrientes como por ejemplo el nitrógeno también del fósforo, así como la degradación del carbono entre otros” (DE LA MORA, et al. 2015).

#### **Vegetación.**

Las plantas es uno de los elementos principales en un sistema de tratamiento con humedales tienen la capacidad de captar el oxígeno de la atmosfera por medio de sus hojas y tallos y transportarlos a sus raíces donde liberan aumentando la colonia de microorganismos que aprovechan el oxígeno para que se encarguen de la descomposición de la materia organica que está presente en el tratamiento (DE LA MORA, et al. 2015).

## **Microorganismos.**

Los microorganismos juegan un papel primordial en los humedales, llevan a cabo los procesos biológicos en el sistema como son la descomposición de la materia orgánica, minimizando los nutrientes y desinfección. Ya que la raíz de la vegetación libera oxígeno, un gran número de microorganismos aerobios pueden estar presentes en esa zona para captar a este elemento. Entre los microorganismos presentes se encuentran las bacterias que degradan el nitrógeno, llevando a cabo el proceso de nitrificación. Sin embargo, las principales zonas aerobias se localizan en la parte superior del humedal. También existen zonas en las cuales el oxígeno es mínimo o nulo y donde se podrán encontrar microorganismos anaerobios los cuales también llevan a cabo degradación de materia (DE LA MORA, et al. 2015).

### **1.3.9 Especies vegetales que serán incorporadas al (HAFSSV) a. Achira (*Canna indica*).**



**Fuente:** ECURED 2017

**Figura 4.** Especie vegetal achira a ser instalada en humedal



## **Taxonomía**

Nombre científico	Canna Indica
Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Lilopsida
Orden	Zigiberales
Familia	Cannaceae
Genero	Canna
Especie	Canna indica

### **Achira o Caña de India (*Canna indica*).**

Especie de vegetal perenne pertenece a la familia de las *cannáceas*, particularmente al género *Canna*. Su altura promedio es de 1,5 a 3 m de origen sudamericano.

### **Nombre común**

Achira, achera, sagú, capacho, biri, cucuyús, juquián, risgua, caña de India, papantla, caña de las indias, platanillo de Cuba, caña india, caña coro, lengua de dragón.

### **Origen**

Su origen fue sudamericano, los investigadores han encontrado que se cultivaba en Perú hace 4.500 años. En Colombia los chibchas la utilizaban en su alimentación (ECURED 2017).

### **Características generales**

Con una altura de 0,8-1,5 m. Hay especies que llegan a 3 m. sus hojas son grandes, de color verde, púrpura, rojizo o variegado. Las flores se concentran en inflorescencias de coloraciones rojizo, naranja, amarillo o rosa. Su floración se produce en verano hasta el otoño. Este vegetal presenta tallos verticales que son sembrados e instalados en jardinerías (ECURED 2017).



**Fuente:** ECURED 2017

**Figura 5.** Especie vegetal carrizo a ser instalada en humedal

### **Taxonomía**

Nombre científico	Phragmites australis
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Lilopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	Phragmites
Especie	Phragmites australis

### **Descripción de la especie (*Phragmites australis*):**

**Carrizo** o **carrizo común** (*Phragmites australis*). Es una especie de planta de la familia de las gramíneas o poáceas (Poaceae), específicamente al género Phragmites.

### **Nombre común**

Caña, caña brava, caña hueca, caña borda, caña borde, caña de río, cañafila, cañavera, cañeta, cañete, cañilga, cañita, cañiza, cañota, cañote, cañuela de céspedes, carricillo, carriza, carrizo, carrizo común, jiscas, manchega, senill, sisca (ECURED 2017).

## Distribución y hábitat

Suele crecer en suelos húmedos en trayectos de agua y lagunas. En los ríos y riachuelos tienen preferencia de formarse específicamente en trayectos más bajos, donde la velocidad del agua les permite fijar su sistema radicular.

Puede tolerar altos niveles de salinidad y contaminantes presentes en el agua y suelo, necesitando suelos enlodados hasta profundidades de 5 dm, por lo que podemos hallarlos en zonas bastantes inundadas de agua de diferente procedencia (ECURED 2017).

## Características

“Es una planta perenne, con un rizoma rastrero con capacidad para crecer en la superficie buscando agua. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro, presentando una gran inflorescencia al final del tallo” (ECURED 2017).

## Mecanismo de remoción de los humedales artificiales

Los mecanismos es la capacidad de eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos que realiza los humedales que a continuación se detalla en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Mecanismos de remoción de un humedal subsuperficial*

<b>Contaminante</b>	<b>Mecanismo</b>
M.O. medida como DBO <sub>5</sub> , DQO.	La materia orgánica particulada es eliminada por la sedimentación y filtración, luego convertidas a DBO soluble. La materia orgánica soluble es fijada y asimilada por la biopelícula y degradadas por las bacterias adheridas en esta.
SST	Sedimentación y filtración.

	Descomposición durante los largos tiempos de retención por bacterias especializadas en el lecho de arena.
Nitrógeno	Nitrificación-desnitrificación en la biopelícula. Asimilación de las especies vegetales (influencia limitada).
Fósforo	Retención en el lecho de arena. Precipitación con aluminio, hierro y calcio. Asimilación de las especies vegetales (influencia limitada).
Patógenos	Sedimentación y filtración. Asimilación en la biopelícula. Depredación por protozoarios
Metales pesados	Precipitación y Asimilación.  Asimilación de las especies Vegetales (influencia limitada).
Contaminantes orgánicos	Asimilación por la biopelícula y partículas de arena. Descomposición debido a lo largo del tiempo de retención hidráulica y a las bacterias especializadas del suelo (no calculable).

**Fuente:** (CONAGUA, 2015)

### 1.3.10. Diseño del humedal artificial subsuperficial:

Para diseñar un humedal se tuvo que tener en cuenta que cantidad de efluente que se trató, seleccionando el tipo de diseño, se tomó como antecedentes artículos científicos y tesis que han tenido resultados óptimos para su diseño siguiendo la secuencia.

- a. Obtención mi caudal.
- b. Área superficial
- c. Retención hidráulica
- d. Finalmente se obtendrá el largo y el ancho.

Las dimensiones de los humedales artificiales en el proyecto es de 0.8m de ancho, 1.5m de largo y 0.6 m de profundidad (0.80 x 1.5 x 0,60 m), para un

volumen de 0,12 m<sup>3</sup>, pendiente aproximada de 1%. Se impermeabiliza con plástico para disminuir el riesgo de posibilidad de infiltración y contaminación de las aguas subterráneas.

Para la instalación de las plantas se tuvo en cuenta una etapa de colonización anterior de un mes aproximadamente desde agosto-septiembre permitiendo el crecimiento de microorganismos en el biolecho de las raíces de las plantas (PALTA, MORALES, 2013, pp. 4).

### **1.3.11. Marco legal:**

Las leyes nacionales siguen implementándose debido que es una necesidad al gran aumento de la población que causa alteraciones al agua por sus diversas necesidades, a continuación se detalla las normatividades que contribuyen a el cuidado de las aguas.

#### **Constitución política del Perú (1993):**

Indica la utilización de los recursos naturales renovables y no renovables de forma razonable, para ello se debe obligar con la política nacional del medio ambiente. Finalmente se debe preservar las áreas originarias y la biodiversidad para asegurar las necesidades de las futuras generaciones. (Art. 66, 67, 68).

#### **Ley N° 28611.- Ley general del ambiente**

“Artículo 31°.- Del Estándar de Calidad Ambiental.

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

“Artículo 121°.- Del vertimiento de aguas residuales.

El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales

o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

**DS N° 005-2013-PCM, publicado el 9 enero 2013**

Promover la gestión adecuada de los humedales a nivel nacional, así como el seguimiento a la implementación de los compromisos derivados de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas – Convención RAMSAR.

**Ley N° 29338.- Ley de recursos hídricos**

“Artículo 15°.- Funciones de la Autoridad Nacional.

Elaborar el método y determinar el valor de las retribuciones económicas por el derecho de uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales en fuentes naturales de agua, valores que deben ser aprobados por decreto supremo; así como aprobar las tarifas por uso de la infraestructura hidráulica, propuestas por los operadores hidráulicos.

**Decreto supremo N° 003-2010-MINAM -**

Decreto supremo que aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales

“Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR). Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.”

“Artículo 3°.- Cumplimiento de los L. M. P. de Efluentes de PTAR.

**1.4 Formulación del problema**

¿Cuál es la capacidad depurativa de las especies (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) empleados en humedales artificial para tratamiento de aguas residuales en el distrito de Chalamarca?

**1.5. Justificación del estudio.**

**a. Social.**

La justificación social del proyecto en humedales artificiales se buscó emitir aguas purificadas que cumplan con los estándares de calidad ambiental ECA y los valores límites máximos permisibles LMP, evitando que las personas que habitan cercanas a ellas sean impactadas con aguas contaminadas que actualmente son afectadas por los malos olores, proliferación de vectores, afecta a la vista paisajista, estas aguas contaminadas también son focos infecciosos para la salud, a su paso también afecta a actividades como la ganadería que beben los animales y a la agricultura por regadío a plantas principalmente en época de verano que el agua se reduce considerablemente .

#### **b.Económica.**

En la actualidad un proyecto para tratar aguas residuales mediante tecnologías fisicoquímicas su costo es elevado, requiriendo de insumos, mano de obra, mantenimiento periódico, gasto de energía etc. a comparación con los humedales por ser un sistema ecológico amigable con el medio ambiente bajo costo de instalación es mínimo no requiere de energía por estas razones el proyecto se justifica que es viable y económico.

#### **c. Ambiental.**

Los humedales minimizara la contaminación de agua residual causante de problemas ambientales severos, afectando a los ríos, lagos, acequias, paisajes, etc impactando negativamente y alterando el equilibrio ecológico en zonas donde son vertidas sin ningún tipo de tratamiento ejemplo claro es el vertimiento de aguas al rio namoyoc causando daños ecológicos aguas abajo por donde discurre su cauce, además el proyecto sirva como antecedente a las instituciones que manejan presupuesto inviertan en tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales por ser depuradores limpios ecológicos, mejorando el paisaje de la zona enriqueciendo la flora y fauna incluso conservando especies en peligro de extinción.

#### **d .Teórica**

El presente trabajo de investigación nos permitió generar nuevos conocimientos basados en resultados que sean empleados para base a otras investigaciones futuras en humedales artificiales para tratar aguas residuales.

## **1.6. Hipótesis**

**Hi.** El uso de humedales artificiales con las especies (*Canna indica*) y (*Pragmites australis*) para tratamiento de aguas residuales permiten reducir los niveles de contaminación del agua provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca.

**Ho.** El uso de humedales artificiales con las especies (*Canna indica*) y (*Pragmites australis*) para tratamiento de aguas residuales no permiten reducir los niveles de contaminación del agua provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. General.**

Evaluar el uso de humedades artificiales con las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) en tratamiento de aguas residuales, provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca.

### **1.7.2. Específicos**

1. Identificar las características fisicoquímicas y microbiológicas del afluente y efluente tratado.
2. Diseñar humedales de flujo subsuperficial vertical a nivel piloto para depuración de aguas residuales.
3. Comparar el porcentaje de remoción de contaminantes con ambas especies vegetales.

## **II. METODO**

### **2.1. Diseño de investigación.**

#### **a. Experimental.**

Debido a que el proyecto fue un sistema a nivel piloto tuvo relación en su diseño, tomando muestras al afluente de cada reactor(antes) ,como al efluente de los mismos (después),esta investigación tubo como referencia a (HERNÁNDEZ, SAMPIERI 2006) relaciona el experimento como dos acepciones una general y otra particular, la general se refiere a elegir o realizar una acción y después observar



las consecuencias, la esencia de un experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.

Al finalizar el experimento de sus resultados obtenidos son estudios exploratorios a partir de estos obtendremos conclusiones seguras que son útiles como acercamiento al problema de contaminación de aguas residuales, de allí se deriven estudios más profundos.

$$\text{GE} \quad \begin{array}{c} \text{Pre} \\ : \text{O}_1 \end{array} \quad \text{X} \quad \begin{array}{c} \text{Post} \\ \text{O}_2 \end{array}$$

Donde:

GE : Grupo experimental

O<sub>1</sub> : Pre prueba

O<sub>2</sub> : Post prueba

X : Variable Independiente.

## 2.2 Variables, Operalización.

**Variable Independiente:** Humedales artificiales con las especies (Canna índica) y (Pragmites australis).

**Variable Dependiente:** Aguas residuales.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala medición	Instrumentos
VI: Humedales artificiales con las especies (Canna índica) y (Pragmites australis)	Son procesos de tratamiento físicos, químicos y biológicos instalados con plantas empleadas en tratamiento de aguas con humedales artificiales, como son el tule, el carrizo, las macrófitas y otras estas son usadas en áreas inundadas y cubiertas con la vegetación que han pasado por un tiempo de aclimatación a las condiciones de humedad (Marín y Osés, 2013, pp.154).	Los humedales artificiales son depuradores en la remoción de contaminantes de aguas residuales	Diseño del humedal artificial	Medición de caudal	Ordinal	Aforacion
				Área superficial	Ordinal	GPS
				Tiempo de retención	Ordinal	Calendario, reloj
			Componentes	Vegetación	Ordinal	Conteo de plantas
				Sustrato	Ordinal	m <sup>3</sup>

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala medición	Instrumentos
V.D. Aguas residuales	Las aguas residuales se definir como la mezcla de desechos líquidos contaminados de forma físicos, químicos y biológicos, provenientes de fuentes como industriales, domesticas, agropecuarias descargadas después de ser usadas, alterando su estado en que fueron encontradas” (UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN 2014).	Las aguas residuales fueron evaluadas sus propiedades físicas, químicas, y microbiológicas para determinar su grado de contaminación.	Químicas	Ph	Intervalo	Peachimetro
				Grasas y aceites	Razón	Bomba al vacío
				DBO <sub>5</sub>	Razón	Respirometro
				DQO	Razón	Respirometro
			Físicas	Temperatura	Razón	Termómetro
				SST	Razón	Horno para operación a 103 A 105 °C Balanza analítica
			Microbiológicas	Coliformes Termotolerantes	Razón	Reactivos y materiales

## **2.3. Población y muestra**

### **a. Población.**

La población fue las descargas de aguas generadas diariamente al sistema de alcantarillado de la población urbana de Chalamarca conduciéndose a una poza de oxidación, antes de llegar a esta infraestructura fueron medidas por aforación dando como resultado 4 L/s, 345.6 m<sup>3</sup> diarios, impulsados con una electrobomba al tanque de almacenamiento para luego descargar a los humedales.

### **b. Muestra.**

Se extrajeron muestras de aguas residuales al ingreso del humedal (pre prueba), y las aguas depuradas emitidas de los reactores (post prueba) en un volumen de 250ml por cada muestra para ser analizada en el Laboratorio de Agua del Gobierno Regional de Cajamarca mod.1 (*Canna indica*) mod.2 (*Pragmites australis*) para su respectivo análisis teniendo en consideración la normatividad vigente.

### **Diseño muestral.**

El método de muestreo es no probabilístico, siguiendo un tipo de muestreo discrecional, por las muestras que fueron extraídas a criterio y necesidad del investigador.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **2.4.1 Técnicas.**

#### **La observación.**

Para esta técnica siguiendo el protocolo de monitoreo de aguas residuales se identificó el punto de monitoreo, cadena de custodia, cantidad de efluente y afluente, etiquetado de muestras y resultados obtenidos del laboratorio.

### **2.4.2. Instrumentos**

#### **Protocolo de Monitoreo.**

Aprobado mediante Decreto Supremo N°003-2010-MINAM. Art.4° Que aprueba los límites máximos permisibles para plantas de tratamiento de aguas residuales Domesticas o Municipales en el Perú, este instrumento de gestión ambiental es de cumplimiento obligatorio por las instituciones especialmente de las municipalidades que emiten descargas, garantizando la calidad del agua.

Para cumplir con este instrumento, la investigación se elaboró fichas de recolección de datos para plantas de aguas residuales considerando ubicación del punto de monitoreo, registro de campo y reporte de resultados.

**Instrumentos técnicos de laboratorio.** Son los siguientes:

1. Turbidímetro.
2. Termómetro.
3. Horno para operación a 103 A 105 °C.
4. Balanza analítica.
5. Conductivímetro.
6. Peachímetro.
7. Bomba al vacío.
8. Respirómetro
9. Reactivos y materiales.
10. GPS.
11. Calendario.

## **2.5. Validez y confiabilidad**

### **Validez:**

Para validar los instrumentos tales como, ficha de observación, se trabajó con dos expertos en investigación para evaluarlo los ítems planteados.

La validez de los instrumentos técnicos, fue el resultado de los análisis que son certificadas por un laboratorio confiable.

## **2.6 Métodos de análisis de dato**

Se empleó, 2017, Google Earth Pro, Microsoft Excel.

### **2.6. Aspectos éticos**

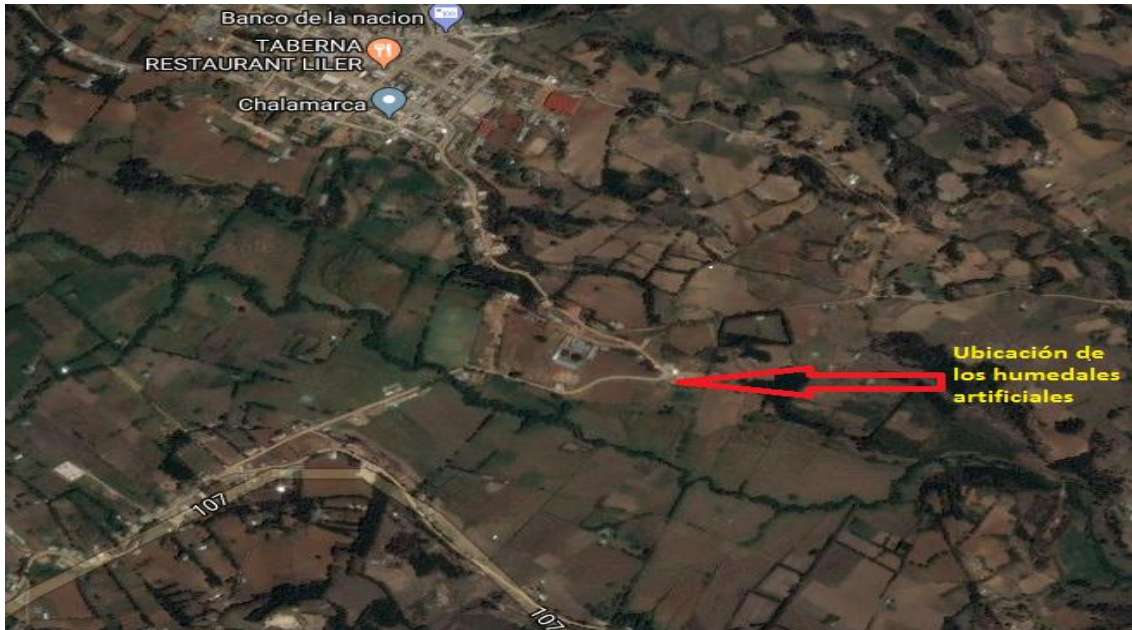
La presente investigación obtuvo resultados fehacientes, en el cual se podrán corroborar dado que la metodología, procedimientos y resultados de la experimentación serán expuestos al público para su libre consulta y corroboración según corresponda, además se realizó respetando las fuentes de donde se extrajo los textos del autor entre ellos tesis, artículos científicos, revistas especializadas, portales institucionales, páginas web, etc. Citando mediante las normas APA – ISO que me ayudaron a construir mi investigación.

### III.RESULTADOS

#### 3.1 Materiales y métodos

##### a. Localización de la zona de estudio.

La presente investigación se llevó acabo junto a la carretera Chalamarca –Chota Km.0.5 sector denominado curva del diablo Chalamarca –Chota- Cajamarca, a 2400 msnm, con coordenadas UTM 778896 Este, 9280321 Norte, la imagen que brindo el stware Google maps nos ubicara donde se realizó el estudio.



Fuente. Google maps.

**Figura 6.** Localización satelital de la zona de estudio.

##### b. Cálculos y especificaciones técnicas.

###### Modelo general de diseño

Modelo general de diseño se aplica la ecuación de los reactores de flujo de pistón para ello se utilizara la fórmula matemática básica (JAIME, ANDRES, 1999).

$$Q = \frac{C_e + q_o}{C_o}$$

Dónde:

Q =Caudal medio del humedal, unidad m<sup>3</sup>/día.

Qe =Caudal de entrada o efluente.

Qo =Caudal de salida o afluente.

### Constante de temperatura en el humedal

Para obtener la constante de temperatura en un humedal se emplea la siguiente fórmula:

$$K_T = K_{20} (1,06)^{T-20}$$

$K_T$  = Constante cinética de 1° orden dependiendo de la temperatura.

$K_{20}$  = Constante de velocidad de primer orden dependiendo de la temperatura

$T$  = Temperatura

Consiguiendo el caudal, se obtiene el área superficial mediante la siguiente fórmula matemática:

$$A_s = \frac{Q(\ln(DBO_{(5)})_e - \ln(DBO_{(5)})_s)}{K_t(Y)(n)}$$

Dónde:

$A_s$  = Área superficial.

$Q$  = Caudal.

$\ln(DBO_{(5)})_e$  = Concentración del contaminante al ingreso o afluente.

$\ln(DBO_{(5)})_s$  = concentración del contaminante de salida o efluente.

$K_T$  = Constante de temperatura en el humedal.

$y$  = Profundidad del humedal.

$n$  = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal.

### c. Determinación de la especie vegetal.

La elección de las especies vegetales se realizó teniendo en cuenta las igualdades anatómicas 12 ejemplares para cada reactor, con distancias de siembra de 30cm x 0.30 entre planta a planta incorporadas al sustrato a una profundidad de siembra  $H_{Siembra} = 15\text{cm}$  con respecto a la superficie (MEI, YANG, FUNG-YEE TAM, WANG, & LI, 2014) El carrizo (*Phragmites australis*) se eligió por el rápido desarrollo del sistema radicular y tolerancia de cambios drásticos de riego además se ha investigado que esta especie presenta una elevada transferencia de oxígeno variando entre 0,02 y 12 g/m<sup>2</sup>d (KADLEC Y WALLACE, 2009) la especie achira (*Canna indica*) se optó por el tesisista por ser una especie nativa de fácil propagación y adaptación de sembrío en cualquier época del año.



Las características iniciales del (*Phragmites australis*) tallo de color verde, altura aproximada 0.45Cm el promedio de numero de hojas 14 y espesor de tallo 1cm de diámetro. La (*Canna indica*) tallo de color verde –Amarillenta, altura promedio 0.35Cm numero de hojas 7 y espesor de tallo 1Cm.



**Fuente:** Elaboración propia.

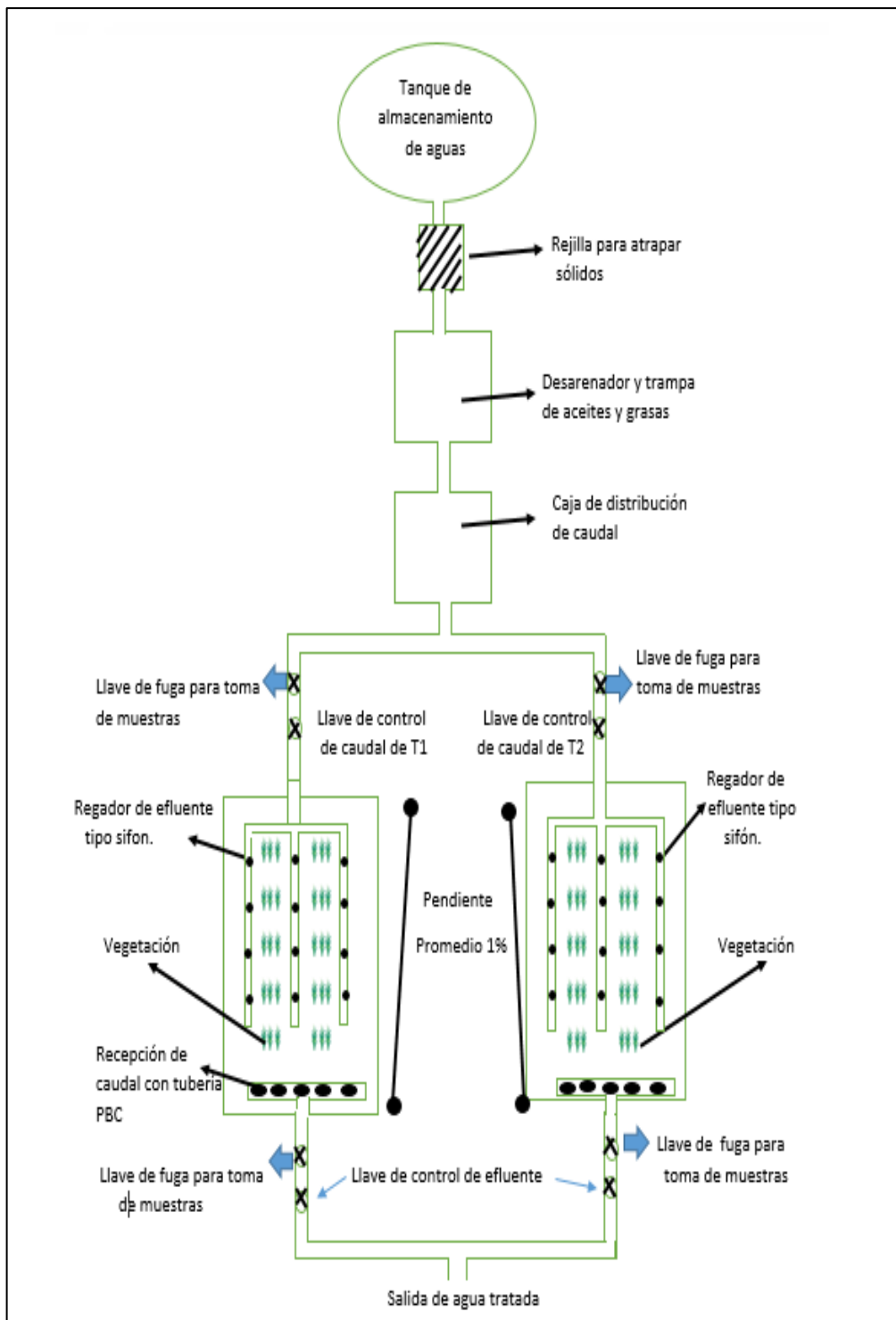
**Figura 7.** Módulos instalados con sus respectivas especies vegetales.

#### **d. Diseño experimental y montaje de humedales de flujo subsuperficial vertical.**

La puesta en marcha del sistema se ejecutó en tres periodos, inicialmente se alimentó con agua potable para no generar reacciones adversas a la vegetación instalada, posteriormente con una mezcla entre agua potable y agua residual en proporción 1:1 y finalmente 100% de agua residual, cada fase de realizo cada 8 días (DOMÍNGUEZ, GÓMEZ, ARDILA, 2016).

La construcción se inició nivelando el piso, posteriormente se trazó con sus respectivas medidas para la apertura del zanjeado teniendo en cuenta la pendiente del 1% (PALTA, MORALES, 2013). Acondicionando de una excavación adicional para la tubería de toma de muestras. Para el funcionamiento del humedal se tomó

una área de terreno cercana de la infraestructura existente de una poza de oxidación con más de 20 años de funcionamiento en donde se implementaron los humedales artificiales a nivel piloto con una área de  $1.2\text{m}^2$  para cada uno, es decir  $1.5 \times 0.8 \times 0.60\text{m}$  estos valores se tomaron como referencia recomendada por la base de datos de la (EPA, 2000) el material de relleno utilizada fue roca de diámetro  $1\frac{1}{2}$ ", seguido de piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ ", una capa de arena de cerro, continuando con tierra agrícola y finalmente una capa de turba que sirve como soporte de la vegetación, los cinco diámetros utilizados en forma ordenada de mayor a menor en forma ascendente en los dos módulos es decir mientras asciende el humedal los niveles dimensionales aumentan, el espesor de cada capa es de 10cm, dejando un borde libre 10cm (SUAREZ, AGUDELO, RINCON, MILLAN,2014), la infraestructura para su funcionamiento fue primero impulsada agua residual mediante una electrobomba de  $\frac{1}{2}$  HP a un tanque de polietileno de capacidad de 100L dejando sedimentar por un lapso de 1h, la administración del afluente a los reactores se realizó mediante pulsaciones de 40L durante 3 minutos dejando que infiltre y facilitar la oxigenación del lecho filtrante, luego estar lista para la segunda y tercera administración, la tubería de administración es de PVC  $\frac{1}{2}$  consiste de dos tubos sobre la turba en forma horizontal de 1.10m de longitud tipo sifón con orificios de  $\frac{1}{16}$ " cada 3Cm; para las descargas del efluente tratado se utilizó la misma tubería con válvula de  $\frac{1}{2}$  para el control del caudal durante la retención hidráulica de 10 días, con perforaciones para evitar el saturamiento y asegurar toda la descarga del reactor (LARRIVA,GONZALES,2017).



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 8.** Esquema de un humedal artificial planteado para depuración de aguas residuales.

## **e. Metodología analítica.**

### **Recolección de muestras**

Esta actividad tiene como objetivo la obtención de un volumen específico de agua suficientemente pequeña para ser transportada y manipulada en el laboratorio manteniendo sus características físico-químicas y microbiológicas (MARTÍNEZ, 2016). Los puntos de muestreo fueron tres, el primero al afluyente de entrada (AR), la segunda al humedal con achira (HA1) la tercera al humedal construido con carrizo (HA2).

Las muestras se empezaron a recolectar el día 26 de octubre del 2017 con una temperatura ambiente 12C°, repitiéndose el 07 de noviembre del 2017, finalmente el 21 de noviembre con una temperatura de 10C°, fueron conservadas y vigiladas constantemente, los envases para la recolección de muestras fueron de vidrio y de plástico PET proporcionado por el laboratorio llenando hasta 200ml dejando un espacio de 2.5cm para facilitar la agitación previo a su análisis, el reactivo utilizado para preservar la muestras fue Acido Sulfurico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) para los parámetros que se indica DQO 20 gotas con una proporción 1:1. , para Aceites y Grasas 40 gotas con una proporción 1:1 Una vez finalizado la toma de muestra cada recipiente se tapó y se conservó a una temperatura de 4°C en un Cooler inmediatamente conducido para su análisis (BEDOYA, ARDILA, REYES 2014). La cadena de custodia permitió hacer un monitoreo de las condiciones de recolección de muestras, preservación, codificación, transporte y análisis, lo cual fue esencial para asegurar su integridad desde la recolección hasta el reporte de resultados (BEDOYA, ARDILA, REYES, 2014). La toma de muestras y los tiempos máximos para los análisis del afluyente y efluente se realizaron de acuerdo con la Resolución Ministerial N° 273 – 2013 – Ministerio de Vivienda: “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR”. Cada muestra se obtuvo a las 6-6:45 am con el objetivo de es minimizar la inferencia de las variaciones diarias de condiciones ambientales como (temperatura del aire, velocidad del viento, radiación solar, etc) llegando la muestras a las 2-3 pm al Laboratorio Regional de Cajamarca.

**f. Medición de parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos.**

Los parámetros analizados se realizaron en el Laboratorio regional del agua-Cajamarca siguiendo los protocolos presentados en los métodos normalizados y establecidos en las más recientes ediciones de los métodos estándar para análisis de agua y agua residual por la Asociación pública norteamericana (APHA por sus siglas en inglés), Asociación norteamericana de servicios de Agua (AWWA), y la Federación para el control de contaminantes de agua(WPCF) 12 edición, 2012 empleado para aguas superficiales y aguas residuales.

**g. Conservación de las muestras**

Para la preservación de las muestras se usó un Cooler con gel-hielo, a 4°C permitiendo que las muestras no se alteren evitando que estas estén al contacto con los rayos solares.

**h. Análisis estadístico**

El análisis estadístico, se realizó por medio de una ANOVA (Análisis estadístico de varianza) p=valor calculado comparando los tratamientos con su desviación estándar mediante coeficientes de Pearson buscando una correlación (MARIN.et al.2015).

Para los parámetros seleccionados se calculó el porcentaje de remoción de la siguiente manera utilizada por (CASTAÑEDA, FLORES 2014).

$$\% \text{ Remoción} = \frac{VPi - VPf}{VPi} \times 100$$

Donde:

*VPi*: Valor paramétrico inicial.

*VPf*: Valor parámetro final.

### 3.2. Resultado físico químico y microbiológico.

**Tabla 5**

*Primer reporte de análisis de afluente y efluente de aguas residuales.*

RESULTADOS							
Parámetros	Unidad	LMP. Para PTAR DSN 003-2010	A.R. cruda	Trat. Achira	% Remoción	Trat. Carrizo	% Remoción
Turbidez	NTU	...	429	41	90.4	38	91.1
° PH a 25°C	pH	6.5-8.5	8.78	6.64	24.4	6.7	23.7
DBO <sub>5</sub>	mgo <sub>2</sub> /L	100	114	36	68.4	28.5	75.0
DQO	mgo <sub>2</sub> /L	200	629	90	85.7	65.5	89.6
SST	mg/L	150	325	21	93.5	21.3	93.4
(*) Aceites y Grasas	mg/L	20	28.2	6	78.7	8.4	70.2
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10000	37x10 <sup>7</sup>	22x10 <sup>3</sup>	99.9	11x10 <sup>4</sup>	99.9

**Fuente:** Elaboración propia (Resultados de laboratorio)

Estos valores corresponden a resultados del primer análisis realizado en el Laboratorio Acreditado, también muestra los porcentajes de remoción y los valores máximos permitidos para PTAR DSN°003-2010.

**Tabla 6**

*Segundo reporte de análisis de afluente y efluente de aguas residuales.*

RESULTADOS							
Parámetros	Unidad	LMP. Para PTAR DSN 003-2010	A.R. cruda	Trat. Achira	% Remoción	Trat. Carrizo	% Remoción
Turbidez	NTU	...	429	41	90.4	38	91.1
° PH a 25°C	pH	6.5-8.5	8.78	6.64	24.4	6.7	23.7
DBO <sub>5</sub>	mgo <sub>2</sub> /L	100	114	36	68.4	28.5	75.0
DQO	mgo <sub>2</sub> /L	200	629	90	85.7	65.5	89.6
SST	mg/L	150	325	21	93.5	21.3	93.4
(*) Aceites y Grasas	mg/L	20	28.2	6	78.7	8.4	70.2
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10000	37x10 <sup>7</sup>	22x10 <sup>3</sup>	99.9	11x10 <sup>4</sup>	99.9

**Fuente:** Elaboración propia (Resultados de laboratorio)

Estos valores corresponden a resultados del segundo análisis realizado en el Laboratorio Acreditado, también muestra los porcentajes de remoción y los valores máximos permitidos para PTAR DSN°003-2010.

**Tabla 7***Tercer reporte de análisis de afluente y efluente de aguas residuales.*

RESULTADOS							
Parámetros	Unidad	LMP. Para PTAR DSN 003-2010	A.R. cruda	Trat. Achira	% Remoción	Trat. Carrizo	% Remoción
Turbidez	NTU	...	400	37	90.8	35	91.3
° PH a 25°C	pH	6.5-8.5	8.5	6.57	22.7	6.51	23.4
DBO5	mgo2/L	100	110	4.72	95.7	4.91	95.5
DQO	mgo2/L	200	620	24.2	96.1	18.9	97.0
SST	mg/L	150	320	49	84.7	30.5	90.5
(*) Aceites y Grasas	mg/L	20	15	7.25	51.7	5	66.7
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10000	35x10 <sup>7</sup>	13X10 <sup>2</sup>	99.9999	14X10 <sup>2</sup>	99.9999

**Fuente:** Elaboración propia (Resultados de laboratorio)

Estos valores corresponden a resultados del tercer análisis realizado en el Laboratorio Acreditado, también muestra los porcentajes de remoción y los valores máximos permitidos para PTAR DSN°003-2010.

A continuación en la tabla 8 se detallara los indicadores descriptivos y de normalidad de las valoraciones muestrales.

**Tabla 8.**

*Indicadores descriptivos y de normalidad de las valoraciones muestrales de los parámetros especies achira (Canna edulis) y carrizo (Phragmites australis)*

Parámetros	Agua residual cruda		Tratamiento Achira		Tratamiento Carrizo	
	Media X	Desviación Estándar S	Media X	Desviación Estándar S	Media X	Desviación Estándar S
Turbidez NTU	418,00	15,72	39,33	2,08	37,67	2,52
° PH a 25 °C pH	8,63	,14	6,56	,08	6,70	,20
Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO5 mgo2/L	108,00	7,21	15,54	17,73	13,61	12,95
Demanda Química de Oxígeno: DQO mgo2/L	621,33	7,09	49,73	35,29	45,47	23,98
Sólidos Suspendidos Totales: SST mg/L	318,33	7,64	34,00	14,11	36,43	18,82
Aceites y Grasas mg/L	19,40	7,62	5,35	2,30	5,33	2,91
Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	34X10 <sup>7</sup>	3.6 X10 <sup>7</sup>	11 X10 <sup>3</sup>	1.1 X10 <sup>4</sup>	39 X10 <sup>3</sup>	6.2 X10 <sup>4</sup>
Normalidad KS	0,511 (p < 0.01)		0,470 (p < 0.01)		0,470 (p < 0.01)	

**Fuente:** Elaboración propia

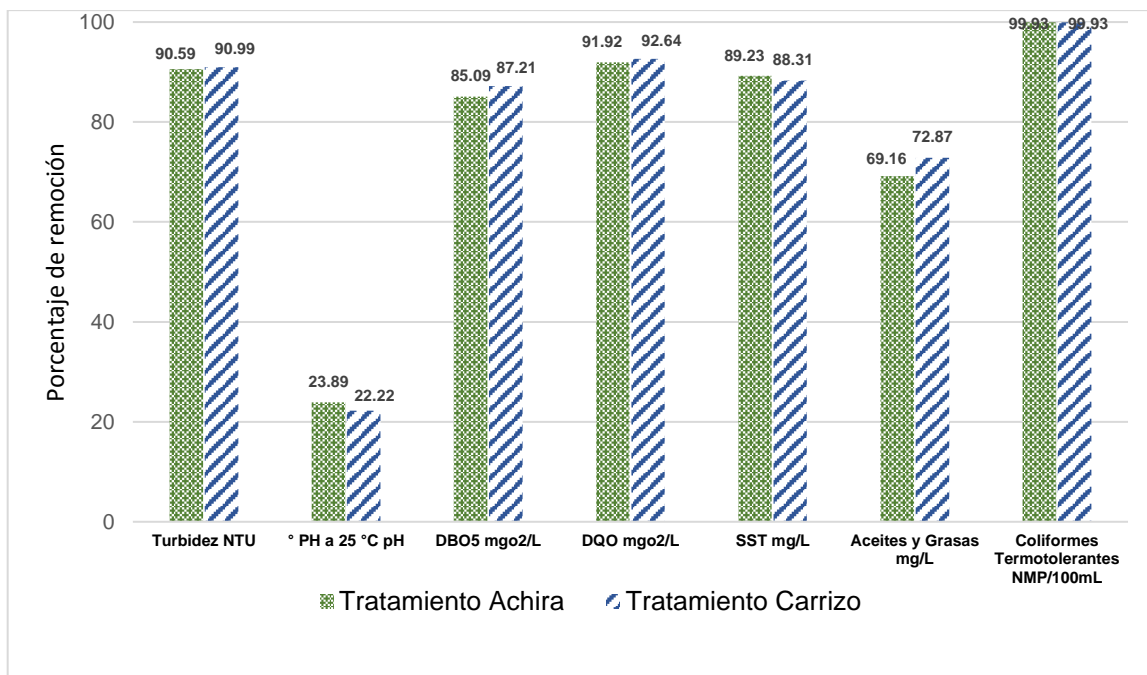
En la tabla 8, muestra los indicadores descriptivos en los tratamientos de las diferentes componentes evaluadas, en cual se observa la presencia de valores de ingreso altos para los componentes químicos y físicos con agua residual cruda, y valores menores en el tratamiento con achira y tratamiento carrizo.

Considerando que los valores de la desviación estándar miden la variabilidad de la información respecto al promedio, y comparando los indicadores del tratamiento de achira con carrizo, se aprecia que los componentes más variables son para la Demanda Bioquímica de Oxígeno  $DBO_5$   $mgO_2/L$  y Demanda Química de Oxígeno  $DQO$   $mgO_2/L$ , en tratamiento carrizo. Se observa la presencia de menos variabilidad en los componentes de la Turbidez NTU, PH a 25 °C pH, Sólidos Suspendidos Totales: SST  $mg/L$ , Aceites y Grasas  $mg/L$ , Coliformes Termotolerantes NMP/100mL, en tratamiento con achira.

En los tratamientos se realizó un análisis de la normalidad de los datos en cual se observa que los tres tratamientos analizados presentan normalidad en sus datos ( $p < 0.05$ ).

En general, en la mayoría de los dos tratamientos presentan alta tasa de remoción de los parámetros de Coliformes Termotolerantes (índice de eliminación promedio 99,93%),  $DQO$  (índice de eliminación promedio 92,28%), Turbidez (índice de disminución 90,79%), SST (índice de eliminación promedio 88,77%),  $DBO_5$  (índice de eliminación promedio 86,14%), mientras que para el parámetro Aceites y Grasas (índice de eliminación promedio 71%).





**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 9.** Porcentaje de remoción para cada tratamiento mediante los parámetros

Se realizaron tres mediciones de 12 días entre las muestras de todos los parámetros. Por lo tanto, para comprender mejor el comportamiento de los mismos, se hicieron correlaciones (MONTGOMERY, 2006). Donde se calcularon los coeficientes de Pearson buscando una correlación para los parámetros, buscando con ello establecer si los valores de sus parámetros están directamente relacionadas entre sí (tabla 9).

Las correlaciones entre los parámetros a nivel de significancia 0.01 fueron significativas, estos valores indican la relación directa entre los parámetros medidos. Todos los parámetros de las muestras de laboratorio para las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) en tratamiento de aguas residuales provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca se correlacionan significativa y positivamente ( $r > 0,80$ ,  $p < 0,01$ ).

**Tabla 9.**

*Correlaciones entre los parámetros especies achira (Canna indica) y carrizo (Pragmites australis)*

Parámetros	1	2	3	4	5	6
1. Turbidez NTU						
2. ° PH a 25 °C pH	,992**					
3. DBO5 mgo2/L	,970**	,969**				
4. DQO mgo2/L	,997**	,992**	,984**			
5. SST mg/L	,995**	,992**	,956**	,991**		
6. Aceites y Grasas mg/L	,867**	,875**	,882**	,863**	,854**	
7. Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	,993**	,988**	,973**	,993**	,993**	,887**

\*\* p < 0,01

**Fuente:** Elaboración propia

Si se analizan los resultados componente a componente (Tabla 9) se puede observar que existen diferencias estadísticamente significativas [ F = 3,304; p < 0,05] en los resultados de los ensayos de medición del agua residual del tratamiento con achira y el tratamiento con carrizo. Se evidencia la existencia de diferencias estadísticamente significativas [F= 3,957; p<0,01], en los resultados de los parámetros en todos los momentos analizados Turbidez NTU; ° PH a 25 °C pH; DBO5 mgO<sub>2</sub>/L; DQO mgO<sub>2</sub>/L SST mg/L; Aceites y Grasas mg/L; Coliformes Termotolerantes NMP/100mL.

Si se analiza ambos grupos o la iteración de los resultados de ensayos con los parámetros, en todos los momentos de análisis se evidencia también la existencia de diferencias estadísticamente significativas [F= 266,730; p < 0,01], con estos indicadores se comprueba estadísticamente que los módulos de humedal artificial de flujo sub superficial vertical a nivel piloto con las especies (*Canna indica*) y (*Pragmites australis*) fueron depuradores eficaces de aguas residuales en el distrito de Chalamarca.

**Tabla 10.**

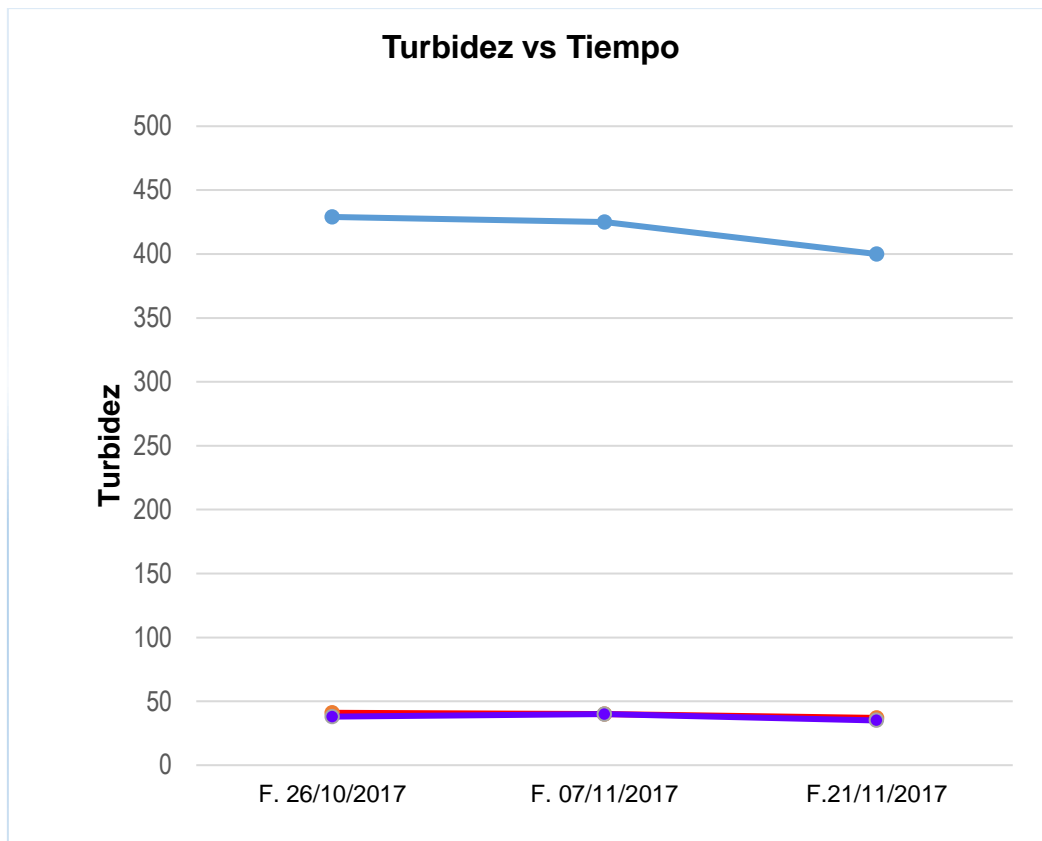
*Análisis de varianza de los ensayos y valores de los parámetros en eficacia de las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) en tratamiento de aguas residuales provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca.*

Fuente de variación	Estadístico F	p-valor
Resultados ensayos : Agua residual cruda, Tratamiento Achira y Tratamiento Carrizo	3,304	0.04
Resultados parámetros: Turbidez NTU; ° PH a 25 °C pH; DBO5 mgo2/L; DQO mgo2/L; SST mg/L; Aceites y Grasas mg/L; Coliformes Termotolerantes NMP/100mL.	3,957	0,002
Resultados Ensayos con Parámetros	266,730	0,000

**Fuente** .Elaboración propia.

El objetivo general de la presente investigación es determinar la eficacia de las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) en tratamiento de aguas residuales provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca; para ello se escogieron dos tratamientos: achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*). Tal como se mencionó en la revisión de literatura, cada uno presenta ventajas y desventajas, pero en general dan indicios más o menos ajustados a la realidad de la remoción de organismos patógenos en humedales.

En las figuras 10-16 presenta el comportamiento en función al tiempo de los parámetros: Turbidez NTU; PH a 25 °C pH; DBO5 mgo2/L; DQO mgo2/L; SST mg/L; Aceites y Grasas mg/L; Coliformes Termotolerantes NMP/100mL, para la entrada a cada uno de los tratamientos, en la figuras se observa que existe evidencia de disminución de contaminantes con la comparación de los resultados del afluente tratado con ambas especies.

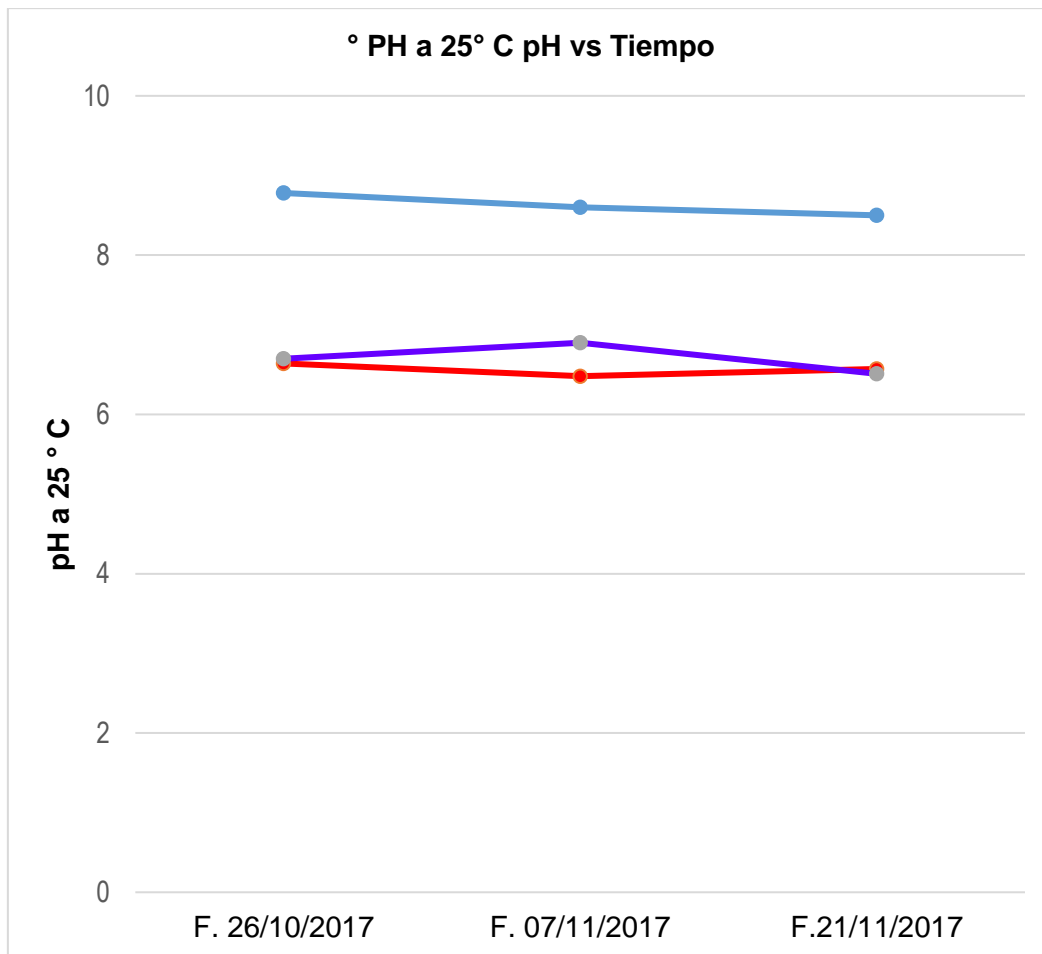


Fuente .Elaboración propia

Figura 10. Comportamiento de la turbidez vs el tiempo.

— Agua residual cruda — Tratamiento Achira — Tratamiento carrizo

En el análisis de los parámetros la turbidez registra un promedio de 418 NTU en agua residual cruda luego en las fechas analizadas la turbidez en tratamiento achira es en promedio de 39,33 NTU con desvío de la cada registro respecto al promedio de 2,08 NTU, y para el tratamiento de carrizo el promedio es de 37,67 NTU con desvío de registro respecto al promedio de 2,52 NTU. Este parámetro es una muestra de agua por falta de transparencia, se redujo por la sedimentación de solidos suspendidos orgánicos u inorgánicos, el agua fue depositado en un tanque de almacenamiento facilitando la sedimentación y básicamente por el tiempo de retención hidráulica durante ese lapso de tiempo, el medio filtrante y el sistema radicular de las especies vegetales son causantes que este parámetro disminuya sus concentración iniciales (MARTÍNEZ, 2014).

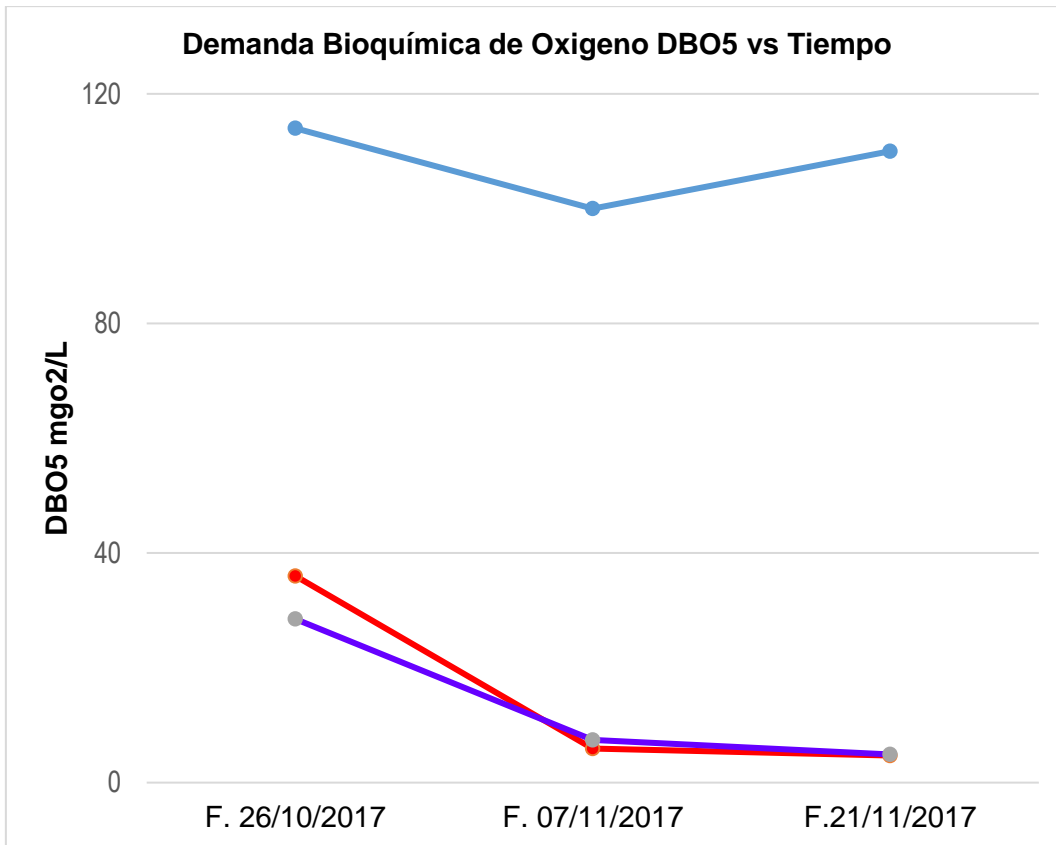


**Fuente:** elaboración propia.

**Figura 11.** Variación del pH del afluente y efluentes.

— Agua residual cruda — Tratamiento Achira — Tratamiento carrizo

En ° PH a 25° C el pH promedio en agua residual cruda es de 8,63 pH para las fechas analizadas el promedio de pH con tratamiento Achira fue de 6,56 ph con desvío de 0,08 ph, el nivel de pH para el tratamiento con carrizo fue de 6,70 pH con desviación estándar de 0,20. El pH del afluente fue alcalino, a comparación con el efluente dando como resultado acido esto se debe posiblemente a la acción del medio poroso por la tierra agrícola y la turba porque Chalamarca tiene suelos extremadamente ácidos.

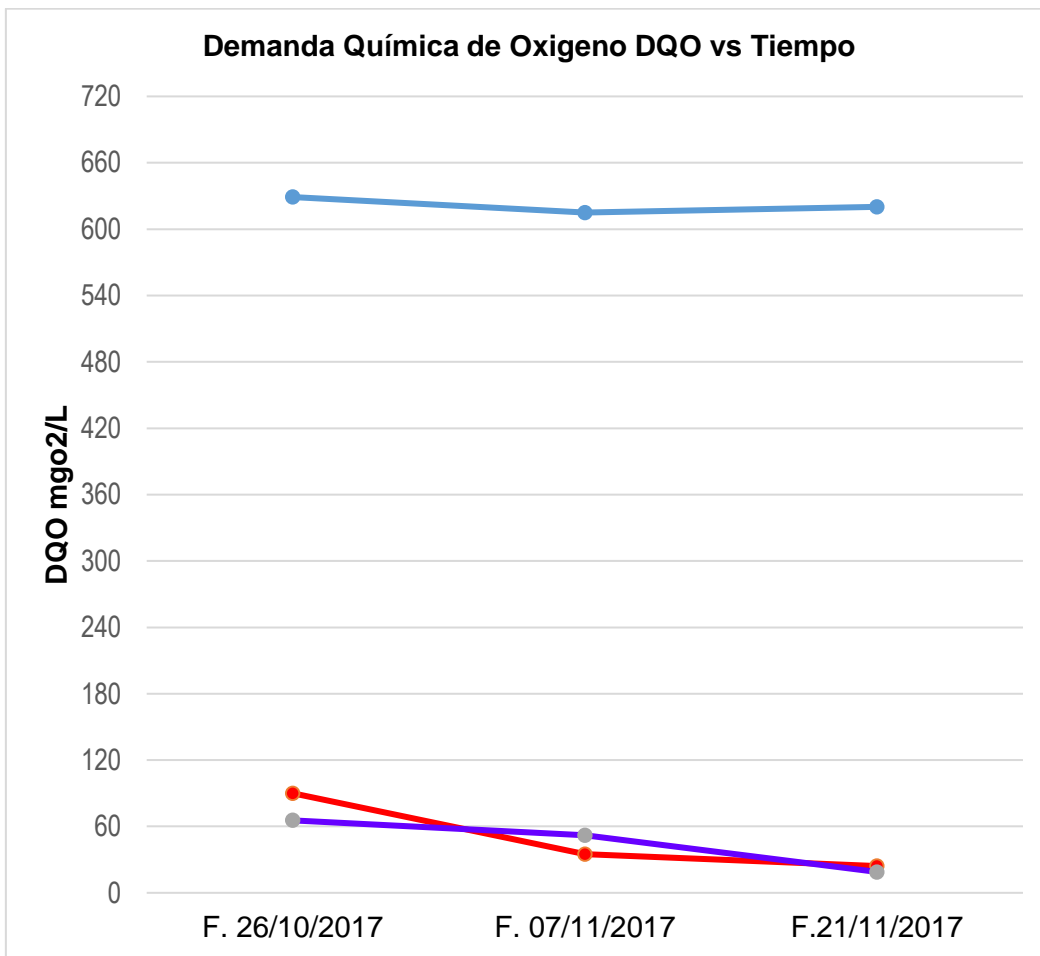


**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 12.** Comportamiento de la DBO<sub>5</sub> con respecto al tiempo.

— Agua residual cruda — Tratamiento Achira — Tratamiento carrizo

La Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> en el agua residual fue en promedio de 108,0 mgO<sub>2</sub>/L con una desviación estándar de 7,21 para el tratamiento con achira la DBO<sub>5</sub> fue en promedio de 15,54 mgO<sub>2</sub>/L con desviación estándar de 15,54 mgO<sub>2</sub>/L, en tratamiento con carrizo fue en promedio de 13,61 mgO<sub>2</sub>/L con desviación estándar de 12,95 mgO<sub>2</sub>/L. El proceso de remoción de la DBO<sub>5</sub> se produce cuando la materia organica es convertida completamente a procesos biológicos aerobios y anaerobios y productos finales gaseosos, las dos vías anaerobias más probables son la fermentación de metano y la reducción de sulfato .debido a que la fermentación de metanos está severamente inhibida a temperaturas inferiores a 10°C, la reducción del sulfato probablemente predomina para la remoción de DBO<sub>5</sub> soluble durante los meses más fríos (EPA, 2000).

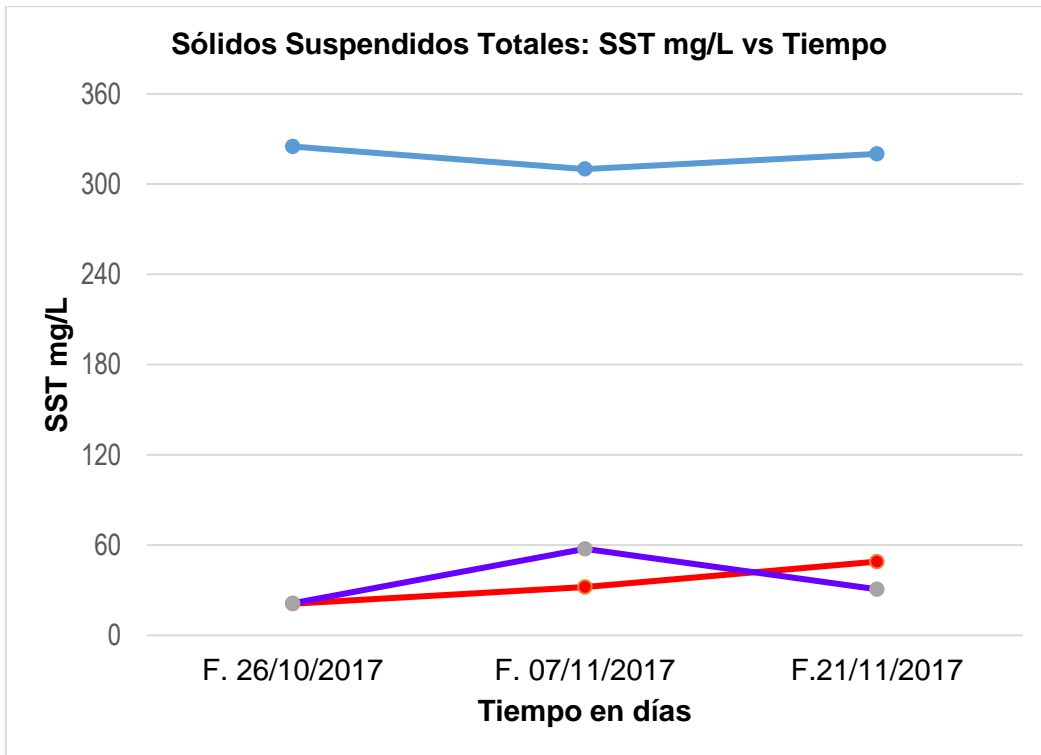


Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Comportamiento de la DQO con respecto al tiempo

— Agua residual cruda — Tratamiento Achira — Tratamiento carrizo

La Demanda química de oxígeno DQO en el agua residual fue en promedio de 621,33 mgO<sub>2</sub>/L con una desviación estándar de 7,09 para el tratamiento con achira la DQO fue en promedio de 49,73 mgO<sub>2</sub>/L con desviación estándar de 35,29 mgO<sub>2</sub>/L, en tratamiento con carrizo fue en promedio de 45,47 mgO<sub>2</sub>/L con desviación estándar de 23,98 mgO<sub>2</sub>/L. En los humedales la remoción de DQO es rápida en los primeros metros, debido a la poca velocidad del afluente, esta materia orgánica sedimentable es descompuesta aeróbica o anaeróbica por la biopelícula de microorganismos dependiendo del oxígeno disuelto facilitando al sistema radicular para asimilar nutrientes (MARTÍNEZ, 2014).



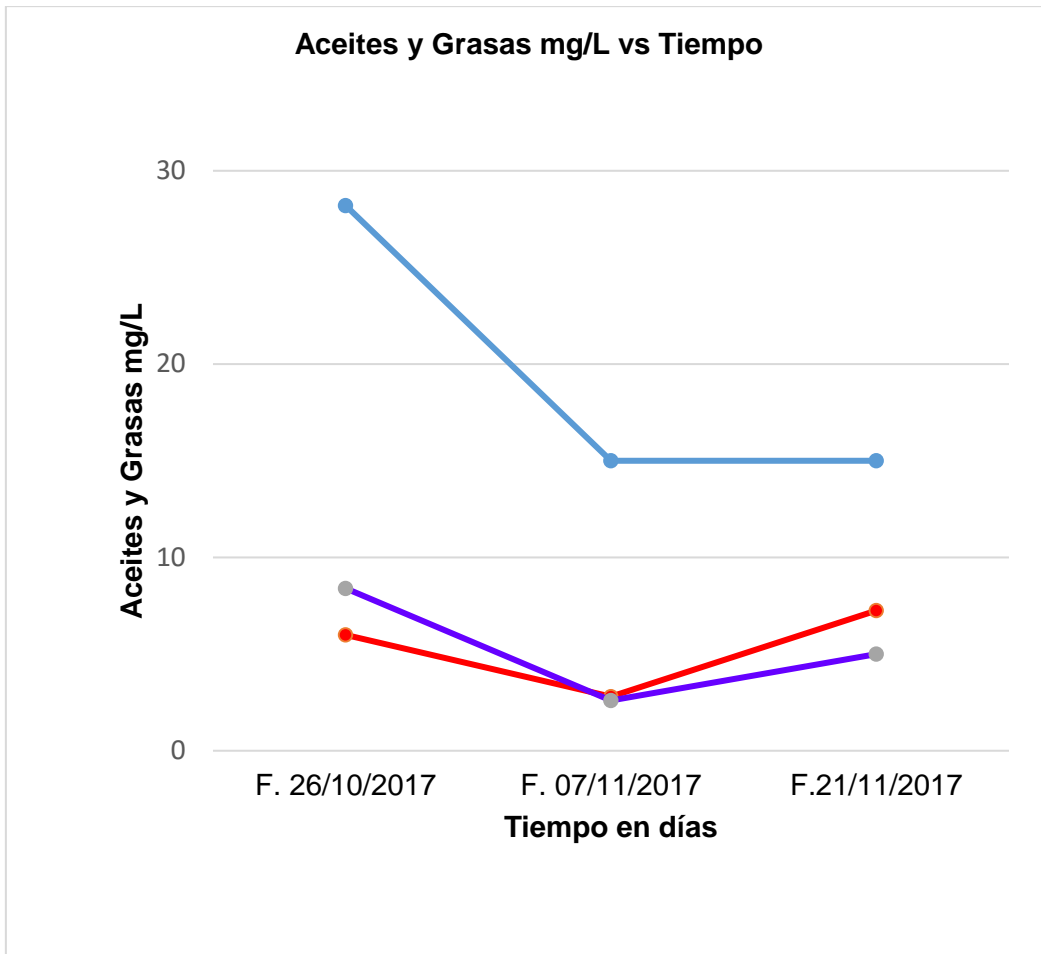
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 14.** Comportamiento de los SST con respecto al tiempo

— Agua residual cruda — Tratamiento Achira — Tratamiento carrizo

Los sólidos suspendidos totales SST en el agua residual obtuvo en promedio de 318,33 mg/L con una desviación estándar de 7,64 para el tratamiento con achira la SST fue en promedio de 34,0 mg/L con desviación estándar de 14,11 mg/L, en tratamiento con carrizo fue en promedio de 36,43 mg/L con desviación estándar de 18,82 mg/L. Los principales mecanismos físicos que intervienen en la evolución de disminución de los SST son la sedimentación directa, floculación, filtración, e interceptación y resuspensión. La sedimentación directa y floculación se realiza por la acción de la gravedad en ambos procesos han dependido del tamaño de partículas presentes en el agua dependiendo de la velocidad de sedimentación de la forma de las partículas junto con la turbulencia y la viscosidad del fluido (EPA, 2000) Para la disminución de las partículas pequeñas de densidad neutra, no son eliminados por sedimentación, pero pueden ser floculados debido a los gradientes de velocidad impuestos por la vegetación que pueden ser interceptadas por el tejido de la vegetación (MARTÍNEZ, 2014).



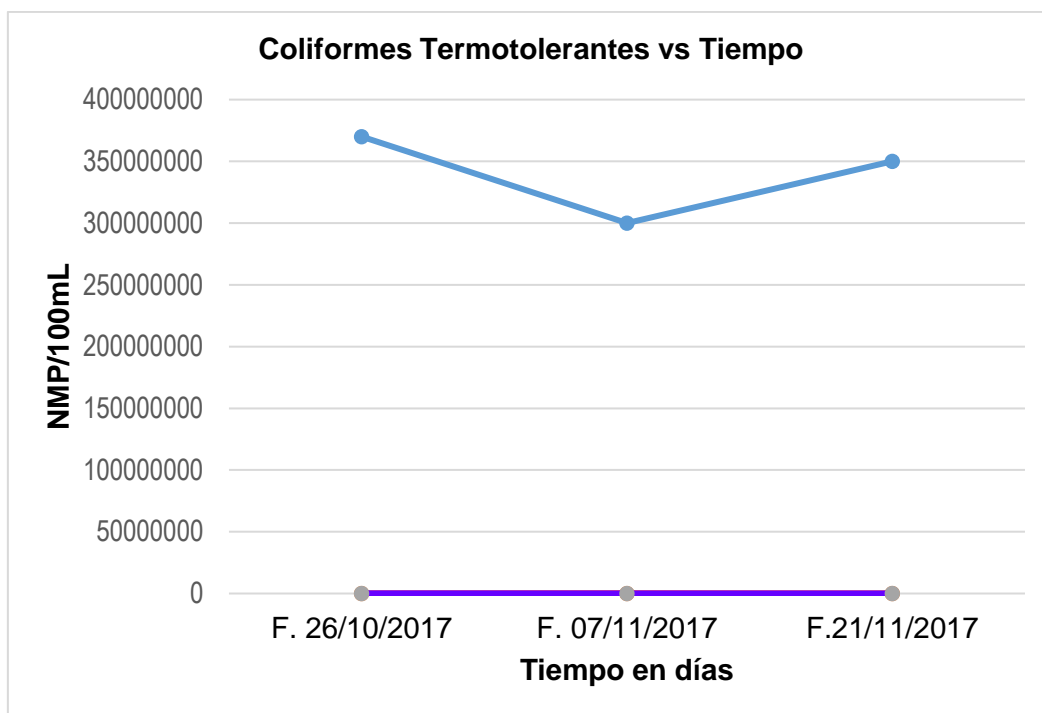


Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Comportamiento de aceites y grasas con respecto al tiempo

— Agua residual cruda — Tratamiento Achira — Tratamiento carrizo

Los aceites y grasas en el agua residual obtuvo en promedio de 19,40 mg/L con una desviación estándar de 7,62 para el tratamiento con achira los aceites y grasas fue en promedio de 5,35 mg/L con desviación estándar de 2,30 mg/L, en tratamiento con carrizo fue en promedio de 5,33 mg/L con desviación estándar de 2,91 mg/L. Este parámetro se redujo por la acción de una trampa de atrapamiento de grasas y aceites antes de administrar al humedal llegando al reactor en cantidades menores, pesar de la sensibilidad de los humedales para eliminar este parámetro por la disminución del oxígeno por saturación una vez llegada el afluente este parámetro se reduce por la fermentación de los ácidos grasos para producir acetona que tiene lugar durante la descomposición anaerobia de la  $DBO_5$  (EPA, 2000).



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 16.** Comportamiento de las coliformes Termotolerantes con respecto al tiempo

— Agua residual cruda — Tratamiento Achira — Tratamiento carrizo

Las coliformes Termotolerantes fue en promedio para el agua residual de  $34 \times 10^7$ , el promedio para tratamiento achira fue de  $11 \times 10^3$  y para tratamiento con carrizo fue de  $39 \times 10^3$ . Las coliformes llegan a los humedales juntamente con los SST, estos serán separados por los mismos mecanismos que se redujo para los sólidos suspendidos (sedimentación y interceptación), cuando se separan los organismos de los sólidos pueden ser liberados de la matriz sólida y ser retenidas dentro de la biopelícula, independientemente de su ubicación, los microorganismos deben competir con el consorcio de organismos que les rodea, las coliformes requieren un sustrato rico y alta temperatura para competir favorablemente la mayoría van a morir por no sobrevivir a esta competición, otra manera que se eliminan es mediante la radiación UV cuando es administrada el afluyente ante la presencia solar, muchos de ellos también pueden resistir a estas condiciones climáticas (MARTÍNEZ, 2014).

#### IV.DISCUSION

De los resultado obtenidos encontramos para el porcentaje de remoción de la turbidez que obtuvo la achira y carrizo sobrepasaron el 90% con lo que corrobora con (SOLÍS, LÓPEZ, BAUTISTA, HERNÁNDEZ, REMELLÓN, 2016) que llegaron a reducir en un 95.8% utilizando las especies *T. latifolia* y *E. Crassipes*

Para (MARTÍNEZ, 2014) obtuvo resultados BBO<sub>5</sub> 90%, DQO 75%, SST 90%, Aceites y grasas 88%, Coliformes Termotolerantes 95%. Estos resultados de la investigación tiene una escasa inferioridad en todos los parámetros a comparación con la tesis en estudio debido a que se desarrolló en una zona árida del mediterráneo donde el recurso hídrico es escaso pasando el agua por varios procesos de utilización y reutilización aumentando la concentración de contaminantes pero a pesar de estas limitaciones presentan tratamientos eficientes cumpliendo con la normatividad establecida en la zona de estudio, otra investigación de (LUNA, ARBUTO, 2014) obtiene entre 80 y 90% de porcentaje de remoción de contaminantes para los parámetros antes mencionados teniendo una similitud en los resultados con la presente investigación, esto debido a las similares condiciones climáticas, la utilización de macrófitas, sistemas de tratamiento de flujo subsuperficial y la participación de los microorganismos responsables de la biotransformación y mineralización de los contaminantes. Las concentraciones del efluente tratado del parámetro grasas y aceites para (CASTAÑEDA Y FLORES) redujeron 55% con HAFSSH, superado con la presente investigación con 70% de remoción, esto es un indicador de la capacidad de eliminación de aceites y grasas de los sistemas a pesar de su limitada asimilación por parte de la vegetación, la presencia de este parámetro lo vuelve susceptible provocando colmatación del medio granular dificultando al flujo hídrico (KADLEC Y WALLACE, 2009). El promedio inicial en el afluente de Grasas y Aceites fue 19,40 mg/L según (MARÍN, OSES, 2013) establece como concentración baja, este contaminante se atrapo la mayor cantidad en el tanque de almacenamiento y en la trampa atrapa grasas previo a la administración al sistema de tratamiento tras los 10 días de retención hidráulica teniendo como resultado promedio en ambos reactores a 5.34 mg/L cumpliendo con la normatividad que establece 20 mg/L.

Los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO el análisis y resultados obtenidos por (BEDOYA, ARDILLA, REYES, 2014, ABDELHAKHEEM, ABOULROOS, KAMEL, 2015) en ambos estudios existen unas diferencias de ( $p < 0,01$ ) entre las variables de estos dos parámetros evaluados, teniendo una similitud con la investigación realizada ( $p < 0,01$ ); el humedal que presentó el mayor porcentaje de remoción fue el H2 con carrizo 87.21% seguido del H1 con achira 85.01 % respectivamente. (GARGI SHARMAA, PRIYA, URMILA BRIGHU, 2014) lograron remociones de DBO<sub>5</sub> y DQO 38% y 47% utilizando como vegetación carrizo *Phragmites australis* y achira *Canna Indica* diferente a los porcentajes obtenidos en el presente trabajo de 87.21% 85.01 % utilizando humedal del mismo flujo y con las mismas especies, estas diferencias significativas pueden ser debido a las condiciones climáticas de la India, el tipo de afluente que recibieron, además el tiempo de retención hidráulica que fue menor en donde se instalaron los reactores. El 87.21 % de DBO<sub>5</sub> para el carrizo obtenidos del presente trabajo de investigación representa una concentración final de 13.61 mgO<sub>2</sub>/L y 22.03 mgO<sub>2</sub>/L para el humedal con achira valores que cumple con el DSN°003-2010 MINAM que establece como límites máximos permisibles para plantas de tratamiento de aguas residuales que se reúsan al servicio público indicando como LMP 100 mgO<sub>2</sub>/L para uso público indirecto u ocasional. Otros investigadores como (BEDOYA, ARDILLA, REYES, 2014) y (PÉREZ, ALFARO, SASA, AGÜERO, 2013) lograron una remoción de 70.4% y 75% de DQO, lo que fue superada con la presente investigación con 92.64% para el carrizo y 91.92% para la achira con concentraciones 45.4 y 49.7 mgO<sub>2</sub>/L respectivamente o cual mediante el decreto antes mencionado considera una cantidad aceptable. Para los SST se obtuvo un porcentaje de remoción de 88,77% para ambos humedales lo que hay similitud obtenidos con (BEDOYA, ARDILLA, REYES, 2014) 81.4% y 84,00% respectivamente, estos resultados hallados tienen alto porcentaje de remoción debido al medio filtrante del reactor cumpliendo con las normas establecidas del MINAM.

La determinación de la Coliformes Termotolerantes ingresaron con un promedio  $34 \times 10^7$  NMP/100mL. Para los dos módulos deduciendo que este parámetro según (MARÍN, OSES 2013) nos indica que la concentración es alta por ser aguas grises de origen sanitario producidas específicamente por el metabolismo del hombre (heces fecales) en los dos sistemas se redujo en un 99.93% es decir en el H1 con

achira  $11 \times 10^3$  y H2 con carrizo  $39 \times 10^3$  pero según el decreto supremo 003-2010 MINAM nos indica que el límite máximo para descargas de aguas residuales tratadas para Coliformes Termotolerantes es 10000 NMP/100 podemos observar que no cumplieron específicamente en las dos primeras muestras debido a que el sistema estaba todavía en proceso de formación de raíces de las plantas, pocas colonias de microorganismos, mínima incorporación de oxígeno a lecho filtrante y el recién crecimiento de las microalgas, a comparación de la tercera muestra que tuvo los resultados HA1 con achira  $13 \times 10^2$ , HA2 con carrizo  $14 \times 10^2$  aquí en estos dos últimos resultados si cumplieron con el decreto por motivo que los módulos tuvieron la mayor capacidad de porcentaje de adsorción, precipitación, asimilación, descomposición y estimulación de los microorganismos específicamente de los protozoarios que se alimentan de estos individuos patógenos incorporados al sistema radicular (RIVERA,2015).

## V.CONCLUSION

1. El diseño de humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical con las especies ACHIRA (*Canna indica*) Y CARRIZO (*Pragmites australis*) nos ayuda a resolver y disminuir la contaminación del aguas residuales domesticas-municipales.
2. La identificación de las características física-químicas y microbiológicas iniciales de la entrada del afluente presento una turbidez promedio de 418. NTU de color gris debido a la presencia de materia organica, además la emisión de fuertes olores a putrefacción con más frecuencias cuando hubo la presencia de los rayos solares debido a que las bacterias aceleran su descomposición de los contaminantes. Tras el tratamiento las características fueron diferentes luego en las fechas analizadas la turbidez en el tratamiento con achira fue en promedio de 39,33 NTU. Para el tratamiento de carrizo es de 37,67 NTU , otro parámetro de importancia fue La demanda bioquímica de oxigeno DBO5 en el agua residual de entrada se obtuvo 108,0 mgO2/L ,para el tratamiento con achira la DBO5 fue en promedio de 15,54 mgO2/L, tratamiento con carrizo fue en promedio de 13,61 mgO2/L. Para los SST en el agua residual en promedio de 318,33 mg/l para el tratamiento con achira de 34,0 mg/para el modulo con carrizo fue de 36,43 mg/l estos parámetros medidos si cumplieron con la normatividad del DSN° 003-2010-MINAM.
3. En cuanto a las especies con mayor capacidad de remoción de contaminantes se puede apreciar que en forma general el Carrizo (*Pragmites australis*) tiene una ligera ventaja a comparación con la achira (*Canna indica*) con un 88.65% frente a 87,65%, de la achira para los parámetros Coliformes Termotolerantes, DQO, SST, DBO<sub>5</sub>, Aceite y Grasas concluyendo que ambas especies tienen una capacidad de remoción relativamente similares esto debido a las mismas condiciones de administración se caudal de aguas, tiempo de retención hidráulica, mismas condiciones ambientales y el mismo tipo de medio poroso.

## VI.RECOMENDACIONES

1. Fomentar e Implementar sistemas de depuración por parte de las instituciones que tienen capacidad de inversión en las zonas urbanas y rurales con reactores a escala real con las especies Achira (*Canna indica*) y Carrizo (*Pragmites australis*) asociadas en un humedal artificial.
2. El agua previamente tratada a través de esta tecnología puede ser utilizada en actividades de regadío de plantas de tallo alto, plantas ornamentales, y la recreación, estos volúmenes deben monitorearse periódicamente con sus respectivos análisis para cumplir con las aguas de categoría tres de regadío.
3. Después que las especies vegetales tengan un tiempo prolongado de estadio en el humedal se debe podar y en algunos casos cortarles el tallo para promover el crecimiento de tallos jóvenes, esta actividad debe llevarse a cabo juntamente con el mantenimiento periódico aumentando la capacidad de rendimiento y eliminación de contaminantes.
4. Para el afluente administrado mediante pulsaciones tiene que pasar por un tratamiento previo, para retener las grasas, sedimentar los sólidos suspendidos y eliminar residuos voluminosos con el fin de evitar las saturaciones del sistema, y si el tratamiento es prolongado se debe realizar limpieza cada dos años.
5. La vegetación para ser incorporada debe tener ciertos requisitos que sean seleccionadas las mejores ejemplares, libre de malformaciones genéticas, luego tiene que tener un tiempo de colonización de tres meses haciendo frecuencia de regadío al inicio con agua potable, luego incorporando en un 10-15% de agua residual así progresivamente hasta llegar a 100% de frecuencia de pulsos de regadío con agua residual con el fin de evitar la muerte prematura de las especies vegetales.
6. Instalar humedales con vegetación mixta o sea un módulo que albergue a las dos especies.
7. El efluente tratado debe tener un tratamiento microbiológico terciario a través de tecnologías que garanticen la calidad de agua al ser descargada al ambiente y evitar que microsistemas ecológicos cercanos al tratamiento sean afectados.

## VII.REFERENCIAS.

BEDOYA, Juan Carlos, ARDILA, Alba Nelly y REYES Julina. Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la institución universitaria colegio mayor de Antioquia, Colombia. Rev. Int. Contam. Ambie, 2014.

BUITRAGO, Willan, GUZMÁN, Mariana, PALACIO Karen. Revisión técnica de los humedales artificiales 2014.

CASTAÑEDA Aldo Antonio, FLORES Hugo Ernesto. Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. Revista de Tecnología y Sociedad, “innovación y difusión de la tecnología”. Año 3, núm. 5, septiembre 2013-febrero 2014. ISSN: 2007-3607

CONAGUA Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales. México: Enero –Diciembre 2014.

DE LA MORA, Celia [et, al.]. Eficiencia de un humedal artificial en serie para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas Jalisco: Tepatitlán de Morelos, Jalisco noviembre de 2015, Folleto Técnico Núm. 2 ISBN: 978-607-37-0533-2

ECURED [en línea] <https://www.ecured.cu/EcuRed>

EPA (US Environmental Protection Agency), (2004). Guidelines for Water Reuse. EPA/625/R-04/108.

GARGI SHARMA [et al.]. “Performance Analysis of Vertical Up-flow Constructed Wetlands for Secondary Treated Effluent secundario” *APCBEE Procedia* 10 (2014) 110 – 114

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Cuarta Edición. Mc grawhillinteramericma Editores, SA. ISBN 970-10-5753-8



HUERTAS, Rosa [et, al.]. Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones. León: © Confederación Hidrográfica del Duero (CHD). ISSN: 1815-8242

JARAMILLO, Mónica, AGUDELO, Ruth, PEÑUELA, Gustavo. Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivos de flores usando humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2016; 34(1): 20-29. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v34n1a03.

KADLEC R. H. AND WALLACE S. "Treatment Wetlands". Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA. ISBN 978-1-56670-526-4

LARRIVA, Bernardo, GONZALES Arsenio Orestenes. Modelación hidráulica de humedales artificiales de flujo sub-superficial horizontal. Rev.Ing. Hidráulica y Ambiental, vol. XXXVIII, no. 1, ene-abr 2017. pp. 3-16. ISSN 1815–591X

LUNA Víctor, Manuel, ARBUTO, Sergio. Sistema de humedales artificiales para el control de la eutrofización del lago del Bosque de San Juan de Aragón. D.R. © TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 17(1):32-55, 2014. Vol. 17, No. 1.

MARÍN Armando, OSÉS Manuel, Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con proceso de lodos activados. CEA Jalisco. Derechos reservados @2013 comisión estatal del agua.

MARÍN, Juan.; [et,al.]. 2015. Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos. Cienc. Ing. Neogranada (Colombia). 25(1):27-42.

MARTINEZ P.A Evaluación y diseño de un humedal construido para depuración de aguas residuales domesticas Facultad de Química Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia.

MEI, X.-Q., YANG, Y., FUNG-YEE TAM, N., WANG, Y. W., & LI, L. Roles of root porosity, radial oxygen loss, Fe plaque formation on nutrient removal and tolerance of wetland plants to domestic wastewater. *Water Research*, 2014. 147-159

MINCHOLA Jorge, Luis, GONZALES Federico. Humedales artificiales en el Tratamiento de aguas residuales domésticas de la mina Barrick. *Arnaldoa* 20(2) julio-diciembre, 2013.

OEFA Fiscalización ambiental en aguas residuales Lima.: Billy Víctor Odiaga Franco, abril 2014.

PALTA Giovani, Hernan, MORALES, Sandra. Fitodepuración de aguas residuales domesticas con poáceas: *Brachiaria Mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximun* en el municipio de Popayán, Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol 11 No. 2 (57-65) Julio - Diciembre 2013

PÉREZ, et.al, (2013) Diseño de un humedal subsuperficial vertical para la depuración de las aguas residuales de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (1) 37-47.

RIVERA, D. (2015). Humedales de flujo subsuperficial como biofiltros de aguas residuales en Colombia. *pp. 1-162, ISSN: 2027-8101.*

S.G. ABDELHAKHEEM, [et,al.]. (2015) Performance of a vertical subsurface flow constructed wetland under different operational conditions. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Cairo University, Giza, Egypt *Journal of Advanced Research* (2016) 7, 803–814.

SERRANO, (2003). Introducción al análisis de datos experimentales: tratamiento de datos en bioensayos. España: Castellón de la plana Publicacions de la Universitat Jaume I.

SOLÍS Silvan, [et, al.]. Evaluación de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial en la remoción de contaminantes de aguas residuales utilizando diferentes especies de vegetación macrófita. *Interciencia*, vol. 41, núm. 1, enero, 2016, pp. 40-47. ISSN 0378-1844.

SUÁREZ, Andrés, [et, al.]. Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista Mutis Vol. 4 (1)* pp. 8-14, enero-junio 2014.

TORRES, Axel. Evaluación de tres sistemas de Humedales híbridos a escala piloto para la remoción de Nitrógeno” *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (1) 37-47, 2017.

TORRES, Jocelyn [et, al.]. Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales artificiales de flujo superficial con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*. *Revista Ciencia, Tecnología y Desarrollo* volumen 1 número 2. 2015. ISSN 2313-7991

UNESCO. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos Aguas residuales. El recurso desaprovechado. Paris. 2017.

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION. Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales: situación actual y desafíos Concepción: Editorial Universidad de Concepción, Agosto 2014.

VERA [et al.]. Fitorremediación de aguas residuales con alto contenido de plomo utilizando *Typha dominguensis* y *Canna generalis*. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*. Vol. 39 No. 2, 88-95, 2016 ISSN. 0254-0770

VIZCAÍNO, Lissette., FUENTES, Natalia. Efectos de (*Eisenia foetida*) y (*Eichhornia crassipes*) en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos, *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 19(1): 189-198, Enero-Junio, 2016

# **ANEXOS**

## Instrumentos de validación

"Tratamiento de aguas residuales empleando las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Phragmites australis*) a través de humedales artificiales, Chalamarca 2017."

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO			
Nombre de la PTAR			
Ubicación d la PTAR			
Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
AFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo			
Fecha	Hora	Caudal afluente	
Observaciones al punto de monitoreo			
Características del agua residual			
EFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo			
Fecha	Hora	Caudal afluente	
Observaciones al punto de monitoreo			
Características del agua residual			

  
Oscar A. Regalado Livaque  
Ing. Civil  
CIP 56148


"Tratamiento de aguas residuales empleando las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) a través de humedales artificiales, Chalamarca 2017."

REPORTE DE RESULTADOS DEL MONITOREO DE AFLUENTE DE PTAR					
Nombre de la PTAR					
Fecha de monitoreo					
Parámetro	Tipo de muestra	Resultado de análisis		LMP	Eficiencia de PTAR
		A	C		
Turbidez ,UNT					
SST,mg/L					
DBO <sup>5</sup> , mg/L					
DQO, mg/L					
Ph					
Grasas y aceites					
Fosforo total					
Temperatura					
Conductividad					
Coliformes fecales					
Coliformes totales					
Caudal del afluente, L/s				Método de medición	
Nombre de laboratorio					
Responsable de la PTAR	Fecha			Firma	


  
*Oscar A. Regalado Livaque*
  
 Ing. Civil
   
 CIP 56148

"Tratamiento de aguas residuales empleando las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) a través de humedales artificiales, Chalamarca 2017."

<b>REPORTE DE RESULTADOS DEL MONITOREO DE EFLUENTES DE PTAR (EFLUENTE)</b>					
Nombre de la PTAR					
Fecha de monitoreo					
Parámetro	Tipo de muestra	Resultado de análisis		LMP	Eficiencia de PTAR
		A	C		
Turbidez ,UNT					
SST,mg/L					
DBO <sup>5</sup> , mg/L					
DQO, mg/L					
Ph					
Grasas y aceites					
Fosforo total					
Temperatura					
Conductividad					
Coliformes fecales					
Coliformes totales					
Caudal del efluente, L/s				Método de medición	
Nombre de laboratorio					
Responsable de la PTAR	Fecha			Firma	


  
*Oscar A. Regalado Livaque*
  
 Ing. Civil
   
 CIP 56148

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**  
**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EMPLEANDO LAS ESPECIES ACHIRA (CANNA ÍNDICA) Y CARRIZO (PRAGHMITES AUSTRALIS) A TRAVÉS DE HUMEDALES ARTIFICIALES, CHALAMARCA 2017.**


<b>Problema</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis H<sub>i</sub></b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Metodología</b>
¿Cuál es la eficacia de las especies achira ( <i>Canna indica</i> ) y carrizo ( <i>Pragmites australis</i> ) empleados en humedales artificial para depuración de aguas residuales?	Determinar la eficacia de las especies achira ( <i>Canna edulis</i> ) y carrizo ( <i>Pragmites australis</i> ) en tratamiento de aguas residuales provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca.	Los módulos de humedal artificial de flujo sub superficial vertical a nivel piloto con las especies ( <i>Canna indica</i> ) y ( <i>Pragmites australis</i> ) fueron depuradores eficaces de aguas residuales en el distrito de Chalamarca .	Humedales artificiales con las especies ( <i>Canna indica</i> ) y ( <i>Pragmites australis</i> )	<p><b>Población</b> La población fue las descargas de aguas generadas diariamente que varío de acuerdo a la estación del año con volumen de efluente aproximadamente 4 L/s 345.6 m<sup>3</sup> mediante aforacion realizada.</p> <p><b>Muestra</b> Se extrajeron las aguas residuales generadas, la muestra fue de 0.12 m<sup>3</sup> (120L) suministrando esta cantidad a cada módulo y las siguientes muestras se tomara a la descarga de cada módulo de las especies 1 L por cada muestra para ser analizada en el laboratorio del gobierno regional de Cajamarca mod.1 (<i>Canna indica</i>) mod.2 (<i>Pragmites australis</i>) para su respectivo análisis teniendo en consideración la normatividad</p>



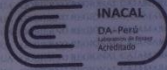
	<b>Específicos</b>	<b>H<sub>0</sub></b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Técnicas</b>
	<p>1. Diseñar humedales de flujo subsuperficial vertical a nivel piloto para depuración de aguas residuales.</p> <p>2. Identificar las características fisicoquímicas y microbiológicas de salida del efluente.</p> <p>3. Comparar los resultados del efluente tratado con ambas especies.</p>	<p>Los módulos de humedal artificial de flujo sub superficial vertical a nivel piloto con las especies (<i>Canna indica</i>) y (<i>Pragmites australis</i>) no fueron depuradores eficaces de aguas residuales en el distrito de Chalamarca .</p>	<p>Aguas residuales</p>	<p><b>Técnicas</b>  <b>La observación.</b> Para esta técnica se identificó el punto de monitoreo para la cantidad de efluente y afluente, etiquetado de muestras y resultados obtenidos del laboratorio.  <b>Instrumento</b>  Utilizado es la ficha de observación.  <b>Experimental.</b> Esta técnica se realizó a través del experimento de campo, el experimento de laboratorio determinándose los parámetros de las aguas; están a su vez sujetas a la planificación para su instalación del humedal, posteriormente se implementó para su funcionamiento dando lugar a la evaluación de sus resultados</p>

# Resultados de análisis de laboratorio

## Reporte de primera muestra



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**INACAL**  
DA-Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 084

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 1017745**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario: **WINSTON HERNÁNDEZ VÁSQUEZ**

N° RUC/DNI: **44435854**

Dirección: **Chalamarca - Chota**

Región/Provincia/Distrito: **Cajamarca/Chota/Chalamarca**

Persona de contacto: **-** Correo electrónico: **hernan\_621@hotmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo: **26.10.17** Hora: **06:45 a 07:00**

Tipo de Muestreo: **Puntual**

Número de Muestra: **03 Muestras** N° Frascos x muestra: **05**

Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**

Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**

Procedencia de la Muestra: **Proyecto de Tesis: "Tratamiento de aguas residuales empleando las especies, achira (*Camma indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) a través de humedales artificiales, Chalamarca - 2017".**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato:	<b>SC - 816</b>	Cadena de Custodia:	<b>CC - 745 - 17</b>
N° Orden de Trabajo:	<b>1017745</b>		
Fecha y Hora de Recepción:	<b>26.10.17 14:49</b>	Inicio de Ensayo:	<b>26.10.17 15:20</b>
Fecha Término de Ensayo:	<b>02.11.17 15:10</b>	Reporte Resultado:	<b>02.11.17 16:20</b>

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

*[Firma]*  
**Gigo. Juan V. Díaz Saenz**  
RESPONSABLE

**Cajamarca, 07 de Noviembre de 2017.**

Página: 1 de 3

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO

DR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. Urb. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU FONO: 899000 anexo 1140



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1017745

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	Alimentador		H1 - Achira	H2 - Carrizo	-	-	-	-
Código Laboratorio	1017745-01		1017745-02	1017745-03	-	-	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Chalamarca - Chota		Chalamarca - Chota	Chalamarca - Chota	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Turbidez	NTU	0.09	429	41.3	-	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	8.78	6.64	6.70	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	114	36.0	28.5	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	629	90.0	65.5	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	325	21.0	21.3	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	28.2	6.00	8.40	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	35x10 <sup>7</sup>	22x10 <sup>3</sup>	11x10 <sup>4</sup>	-	-	-

xpr

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544


Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
Analista Responsable de Biología  
CBP: 9778

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

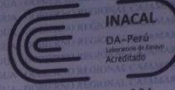
Cajamarca, 07 de Noviembre de 2017.



# Reporte de segunda muestra



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-084**

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1117778

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario: **WINSTON HERNANDEZ VASQUEZ**

N° RUC/DNI: **44435854**

Dirección: **Chalamarca - Chota**

Región/Provincia/Distrito: **Cajamarca/Chota/Chalamarca**

Persona de contacto: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: **heman\_621@hotmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo: **07.11.17** Hora: **06:45**

Tipo de Muestreo: **Puntual**

Número de Muestra: **02 Muestras** N° Frascos x muestra: **05**

Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**

Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**

Procedencia de la Muestra: **Chota**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato:	<b>SC - 881</b>	Cadena de Custodia:	<b>CC - 778-17</b>
N° Orden de Trabajo:	<b>1117778</b>		
Fecha y Hora de Recepción:	<b>07.11.17 13:05</b>	Inicio de Ensayo:	<b>07.11.17 15:00</b>
Fecha Término de Ensayo:	<b>14.11.17 15:20</b>	Reporte Resultado:	<b>14.11.17 16:30</b>

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Blgo. Ronald A. Cáceda Córdova**  
RESPONSABLE DE LA CALIDAD  
C.B.P. 4996

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 21 de Noviembre de 2017.**

Página: 1 de 3



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 111778**

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	H1-Achira		H2-Carrizo	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	111778-01		111778-02	-	-	-	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		Municipal	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Chalamarca		Chalamarca	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
* pH a 25°C	pH	NA	6.84	6.90	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	5.91	7.43	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	35.0	52.0	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	32.0	57.5	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	2.80	2.60	-	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes	NMP/100mL	1.8	84x10 <sup>3</sup>	41x10 <sup>2</sup>	-	-	-	-
Termotolerantes								

*Mariano de la Cruz Sarmiento*

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

*Enver Zulueta Santa Cruz*

Bigo. Enver Zulueta Santa Cruz  
Analista Responsable de Biología  
CBP: 9778

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

Cajamarca, 21 de Noviembre de 2017.



# Reporte de tercera muestra



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084

Registro N° LE - 084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1117820

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **WINSTON HERNANDEZ VASQUEZ**  
 N° RUC/DNI **44435854**  
 Dirección **Chalamarca - Chota**  
 Región/Provincia/Distrito **Cajamarca/Chota/Chalamarca**  
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **hernan\_621@hotmail.com**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **21.11.17** Hora: **05:40 a 05:50**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestra **02 Muestras** N° Frascos x muestra **05**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **Distrito de Chalamarca**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 881** Cadena de Custodia **CC - 820- 17**  
 N° Orden de Trabajo **1117820**  
 Fecha y Hora de Recepción **21.11.17 12:40** Inicio de Ensayo **21.11.17 14:45**  
 Fecha Término de Ensayo **28.11.17 15:00** Reporte Resultado **28.11.17 16:40**

*Mariano de la Cruz Sarmiento*

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

*Enver Zulueta Santa Cruz*

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
Analista Responsable de Biología  
CBP: 9778

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

Cajamarca, 04 de Enero de 2018.

Página: 1 de 2

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 599000 anexo 1140





**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 117820**

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código Cliente	H. A Achira		H. A Carrizo	-	-	-
Código Laboratorio	117820-01		117820-02	-	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	-	-	-
Descripción	Municipal		Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra	Chalamarca		Chalamarca	-	-	-
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LCM</b>	<b>Resultados</b>			
° pH a 25°C	pH	NA	6.57	6.51	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	4.72	4.91	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	24.2	18.9	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	49.0	30.5	-	-
(*) Aceites y Grasas	mg/L	2.5	7.25	5.00	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LCM</b>	<b>Resultados</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	13x10 <sup>2</sup>	14x10 <sup>2</sup>	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. pH Value: Electrometric Method.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D. 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

**OBSERVACIONES**

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT-1.5-10-01 Rev:N°05 Fecha : 06/06/2017

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original, Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaron en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del plazo de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 04 de Enero de 2018.

Página : 2 de 2



### Anexo 3

#### Zanjeado de módulos



#### Piedra chancada de ½" como medio filtrante





Recubrimiento con plástico para evitar la filtración



Realizando medidas de los reactores



Realizando medidas de los reactores





Humedal en los primeros días de instalado



Vista de válvulas de descarga para toma de muestras



Vista de infraestructura existente de conducción de aguas residuales





## Sistema de bombeo a tanque de almacenamiento



## Administración de afluente a los reactores



## Administración de afluente a reactores





Vista de nuevas plántulas en ambas especies



Incorporación de maya atrapa grasas y aceites



RESOLUCIÓN DE VICERRECTORADO ACADÉMICO N.º. 0011-2016-UCV-VA

ANEXO 1

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DEL TRABAJO ACADÉMICO DE LA UCV DE TESIS

Yo, Ing. Celso Nazario Purihuamán Leonardo, docente de la Facultad de Ingeniería de la UCV – Filial Chota, y asesor del trabajo académico (Tesis) titulado: " TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EMPLEANDO LAS ESPECIES ACHIRA (*Canna indica*) Y CARRIZO (*Pragmites australis*) A TRAVES DE HUMEDALES ARTIFICIALES, CHALAMARCA 2017" del bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería Ambiental:

HERNÁNDEZ VÁSQUEZ, Winston

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud 17%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 30 de Enero del 2018



Ing. Celso N. Purihuamán Leonardo  
Docente de la Facultad de Ingeniería de UCV



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 07  
Fecha : 31-03-2017  
Página : 1 de 1

Yo Winston Hernandez Vozquez, identificado con DNI  
Nº 44435854 egresada de la Escuela de ING. AMBIENTAL, de la  
Universidad César Vallejo, autorizo () No autorizo () la divulgación y  
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:  
"TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EMPLEANDO CAS  
ESPECIES ACHIRA (Canna Indica) Y CARIZO (Pogonatum  
australis) A TRAVES DE HUMEDALES ARTIFICIALES, CHIAZAMARCA - 2017"  
.....;  
en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo  
estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art.  
33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

DNI: 44435854  
FECHA: 28 de NOVIEMBRE del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------