



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Tratamiento de lodos de fosas sépticas con humedales de flujo
vertical en Cuenca, Ecuador.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA

DE CONSTRUCCIONES

Autores:

**Jonnathan Wilson Carchi Carchi
Bryan Alexander García Loja**

Directora:

María Belén Arévalo Durazno

Cuenca – Ecuador

2021

DEDICATORIA

A mis padres y hermano, Juan, Judith y Nelson, quienes fueron el apoyo para seguir adelante durante todo este tiempo, y así poder cumplir mis metas y obtener mi título profesional

Jonnathan Wilson Carchi Carchi

A mi madre Janeth, y mis hermanas María de los Ángeles y Cristina, a mi padre Luis y mi padrastro Juan, que fueron mi apoyo fundamental durante todos estos años para seguir adelante y obtener mi título profesional.

Bryan Alexander García Loja

AGRADECIMIENTO

Nuestra gratitud a la Universidad del Azuay, que durante todo este tiempo nos brindó una formación responsable y ética.

Un agradecimiento a la ingeniera María Belén Arévalo, por el apoyo, dedicación y tiempo a lo largo de este trabajo.

A la empresa ETAPA EP, por el apoyo brindado durante este estudio.

Y un agradecimiento en general a todos los ingenieros involucrados en el proyecto.

Jonnathan Wilson Carchi Carchi- Bryan Alexander García Loja

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
Introducción	1
Antecedentes	2
Justificación.....	2
Objetivos	3
Objetivo General.....	3
Objetivos específicos.....	3
Capítulo 1: Revisión Literaria.....	4
1.1 Manejo de lodos Residuales	4
1.2 Lodos de fosas sépticas.....	5
1.2.1 Fosas sépticas	5
1.2.2 Lodos	6
1.2.2.1 Origen	6
1.2.2.2 Características del lodo de fosas sépticas	7
1.2.2.3 Disposición del lodo	8
1.3 Humedales de Flujo Vertical	9
1.3.1. Definición, aplicaciones, ventajas y desventajas.....	9
1.3.2. Humedales de Flujo Vertical para tratamiento de lodos.....	10
1.4 Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos.....	10
1.4.1 Olor.....	10
1.4.2 Color	10
1.4.3 Temperatura.....	11
1.4.4 Conductividad.....	11
1.4.5 Humedad.....	11
1.4.6 Oxígeno disuelto.....	11
1.4.7 PH	12

1.4.8 Sólidos Totales y volátiles.....	12
1.4.9 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).....	12
1.4.10 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	13
1.4.11 Coliformes	13
Capítulo 2: Metodología	14
2.1. Generalidades del área de estudio	14
2.2. Monitoreo	15
2.2.1. Toma de muestras	15
2.2.2. Cuantificación del volumen de lodos depositados	18
2.2.3. Cuantificación del caudal de entrada.....	19
2.2.4. Carga hidráulica.....	19
2.2.5. Parámetros analizados y frecuencia de medición	19
2.2.6. Análisis Físico-Químico.....	20
2.2.6.1 Análisis DBO Y DQO	20
2.2.6.2 Análisis sólidos totales y sólidos volátiles	20
2.2.6.3 Análisis de PH y Oxígeno disuelto.....	21
2.2.6.4 Análisis de Humedad.....	22
2.2.6.5 Análisis de color y olor.....	23
Capítulo 3: Resultados y Discusión	24
3.1 Características generales de las descargas en el humedal piloto.....	24
3.2 Registro de observación.....	25
3.3 Tasa de carga de sólidos	26
3.3.1 Cuantificación del caudal de entrada.....	26
3.3.2. Cálculo de la carga hidráulica	26
3.3.3. Cálculo de la tasa de carga de sólidos	28
3.4 Cuantificación del volumen de lodo depositado.....	29
3.5 Análisis físico-químico.....	30
3.5.1. Comportamiento del PH	30
3.5.2. Comportamiento del Oxígeno Disuelto.....	32
3.5.3. Humedad en el lodo depositado.....	33
3.5.4. Color	35
3.5.5 Olor.....	36
3.5.6 Materia orgánica	38
3.5.6.1 DBO ₅	38

3.5.6.2 DQO	39
3.5.6.3 Sólidos Totales	41
3.5.6.4 Sólidos Volátiles.....	44
3.5.6.5 Sólidos Volátiles en el lodo.....	47
3.5.6.6 Comparación de datos	48
Conclusiones y recomendaciones	50
Conclusiones.....	50
Recomendaciones	51
Bibliografía	53
Anexos	58
5.1. Anexos fotográficos.....	58
5.1.1 Descarga 1 del humedal.....	58
5.1.2 Descarga 2 del humedal.....	58
5.1.3 Descarga 3 del humedal.....	58
5.1.4 Descarga 4 del humedal.....	59
5.1.5 Descarga 5 del humedal.....	59
5.1.6 Descarga 6 del humedal.....	59
5.1.7 Descarga 7 del humedal.....	60
5.1.8 Descarga 8 del humedal.....	60
5.1.9 Descarga 9 del humedal.....	60
5.1.10 Descarga 10 del humedal.....	60
5.2 Anexo de tablas	60
5.2.1 Tabla de registro y observaciones	61
5.2.2 Tabla de Olor	63
5.2.3 Tabla de PH y OD	64
5.2.4 Tabla de humedad.....	64
5.2.5 Tabla Carga Hidráulica y Tasa de carga de sólidos.....	65
5.2.6 Tabla DBO ₅ y DQO	65
5.2.7 Tabla de Sólidos Totales.....	66
5.2.8 Tabla de Sólidos Volátiles	66
5.2.9 Tabla de Sólidos Volátiles en lodos	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cadena de saneamiento y manejo de lodos fecales.....	4
Figura 2. Localización del humedal piloto dentro del PTAR de Ucubamba.....	14
Figura 3. Humedal Piloto	15
Figura 4. Descarga del afluente	16
Figura 5. Toma de muestras a la entrada del humedal	17
Figura 6. Medición y depósito de la muestra de Entrada.	17
Figura 7. Toma de muestras a la salida del humedal.....	18
Figura 8. Medición y depósito de la muestra de Salida.....	18
Figura 9. Máquina de medición WTW Multi 3420	21
Figura 10. Forma de medición de parámetros	21
Figura 11. Toma de muestra de lodo	22
Figura 12. Medidor de humedad HB43-S Halogen.....	23
Figura 13. Comportamiento del PH a razón de descarga	31
Figura 14. Comportamiento del OD a razón de la descarga.....	32
Figura 15. Porcentaje de Humedad a razón de descarga	34
Figura 16. Escala de olores a razón de descargas.....	37
Figura 17. Carga del DBO5 a razón de las descargas	38
Figura 18. Porcentaje de remoción del DBO5.....	39
Figura 19. Carga del DQO a razón de las descargas	40
Figura 20. Porcentaje de remoción DQO	41
Figura 21. Carga de sólidos totales.....	42
Figura 22. Porcentaje de remoción de ST	43
Figura 23. Carga de sólidos Volátiles.....	45
Figura 24. Porcentaje de remoción de SV	46
Figura 25. Carga de sólidos volátiles del lodo en el humedal	47

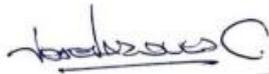
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rendimiento de las fosas sépticas.	6
Tabla 2. Parámetros analizados y frecuencia de medición.....	20
Tabla 3. Características de las descargas en el humedal	24
Tabla 4. Registro de observación entre descargas	25
Tabla 5. Cálculo del caudal de entrada.....	26
Tabla 6. Cálculo de la carga hidráulica	27
Tabla 7 Cálculo de la carga de sólidos a la entrada del sistema.....	28
Tabla 8. Cuantificación del volumen de lodo.....	29
Tabla 9. Valores entrada y salida de oxígeno disuelto	33
Tabla 10. Escala de olores	36
Tabla 11 Eficiencia de remoción promedio de la materia orgánica	48
Tabla 12 Promedio del lodo crudo, filtrado de la unidad de lodos (después de la retención de 7 días).....	48
Tabla 13 Eficiencia de remoción promedio de la materia orgánica del estudio analizado	49

RESUMEN

Las aguas residuales y lodos al no ser tratados de una manera correcta, generan impactos ambientales, por lo cual, el objetivo de este estudio es tener una investigación profunda de los humedales artificiales de flujo vertical (sistema francés modificado) y determinar la eficiencia y viabilidad para el tratamiento de lodos de fosas sépticas. El sistema de tratamiento tiene un periodo de alimentación que fue controlado manualmente, depositado de manera directa por el *hidrocleaner*. Esto permitió identificar el desempeño de la deshidratación de lodos y la estabilización de los parámetros físicos-químicos analizados, mediante la observación, medición y muestreo en campo.

Palabras clave: Humedales, flujo vertical, sistema francés modificado, lodos, fosa séptica, sistema de tratamiento.



Ing. José Fernando Vázquez Calero
DIRECTOR DE ESCUELA



Ing. María Belén Arévalo Durazno
DIRECTORA DE TESIS



Jonnathan Wilson Carchi Carchi



Bryan Alexander García Loja

ABSTRACT

Wastewater and sludge, when not treated correctly, generate environmental impacts. Therefore, the objective of this study is to have an in-depth investigation of the vertical flow in the artificial wetlands (modified French system) and to determine the efficiency and feasibility for the treatment of septic tank sludge. The treatment system had a feeding period that was manually controlled, directly deposited by the hydrocleaner. This led to identify the sludge dewatering performance and the stabilization of the physical-chemical parameters analyzed, through observation, measurement, and sampling in the field.

Keywords: Wetlands, vertical flow, modified French system, sludge, septic tank, treatment system.



Ing. José Fernando Vázquez Calero

DIRECTOR DE ESCUELA



Ing. María Belén Arévalo Durazno

DIRECTORA DE TESIS



Jonnathan Wilson Carchi Carchi



Bryan Alexander García Loja

Translated by



Jonnathan Carchi and Bryan García

Jonnathan Wilson Carchi Carchi

Bryan Alexander García Loja

Trabajo de Graduación

Ing. María Belén Arévalo Durazno

Tratamiento de lodos de fosas sépticas con humedales de flujo vertical en Cuenca, Ecuador

Introducción

A lo largo de los años lo que se trata de conseguir con los diferentes procesos de tratamiento de las aguas residuales es evitar la contaminación ambiental. Aliviando la presión sobre los recursos hídricos del planeta, reintegrando el agua en las mejores condiciones posibles en calidad y cantidad al ecosistema, así como mejorar el saneamiento e higiene de la población.

El tratamiento del agua residual genera un considerable volumen de subproductos como el lodo, en donde el manejo del mismo es considerado una actividad compleja y costosa, que, si se lo realizara de manera deficiente, podría comprometer las ventajas ambientales y sanitarias que se esperan de los sistemas de tratamientos (von Sperling & Andreoli, 2007) .

Huertas (2013) manifiesta que en la actualidad existen varios sistemas de depuración denominados no convencionales que se caracterizan por ser de un bajo coste y fácil accesibilidad para países en vías de desarrollo y que se diferencia de los tratamientos convencionales debido a que estas tecnologías descentralizadas trabajan a un ritmo natural propia de los procesos sin la necesidad de tener un alto gasto energético o reactivos (Silva, 2019, p.8).

Los humedales de tratamiento se han consolidado en los últimos años como una alternativa sostenible y confiable. Son usados en diferentes países europeos y en América del Norte, mientras que, en América Latina, a pesar de que existen las condiciones climáticas favorables, su uso es limitado (Alarcón, Zurita, Lara, y Vidal, 2018).

En las zonas rurales del Ecuador, el 25% de la población aún no cuenta con acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas (Alvarado, Larriva, Sánchez, Idrovo y Cisneros, 2017). Debido a esta ausencia surge la necesidad del uso de fosas sépticas para poder eliminar sus aguas residuales. Sin embargo, los lodos que se generan en estas fosas sépticas representan un problema medioambiental ya que no se dispone de instalaciones adecuadas para su evacuación.

Por ende, este trabajo de investigación pretende probar la eficiencia que tienen los humedales artificiales de flujo vertical del Sistema Francés Modificado, del cual se tomará en cuenta la primera etapa del sistema para el tratamiento de lodos de fosas sépticas, como una alternativa sostenible prometedora que requiere de poca energía, bajos costos operativos y de mantenimiento y que causan poco impacto al ambiente (Uggetti, Ferrer, Molist y Garcia, 2010).

Antecedentes

La empresa pública, Etapa EP, brinda el servicio de vaciado de fosas sépticas en diferentes zonas del cantón Cuenca, a través del uso de los *hidrocleaners*, los cuales después de realizar los trabajos correspondientes, y al no contar con un sistema diseñado para el tratamiento de estos desechos mencionados, optan por descargar el agua residual y el lodo extraído de las fosas sépticas de manera directa en una de las lagunas aireadas de la PTAR de Ucubamba, generando problemas tales como: acumulación de lodos, material grueso, fino e inerte, lo que constituye un impacto negativo para la planta de tratamiento.

Justificación

En diferentes PTARs no se cuenta con un tratamiento adecuado para los lodos; tal es el caso de la PTAR de Ucubamba, que, al no estar diseñada para el tratamiento de dichos desechos, está comprometiendo su capacidad y eficiencia al recibir los lodos de fosas sépticas en su laguna aireada. Resulta importante implementar una solución óptima, en donde los humedales de flujo vertical, se presentan como una alternativa sostenible para el tratamiento de los lodos de fosas sépticas, ya que además de ser amigables con el medio ambiente, brindan varios beneficios como el bajo coste, fácil accesibilidad, control y operación. Por esta razón, el estudio

pretende probar la eficiencia y viabilidad que tiene los humedales de flujo vertical para el tratamiento de lodos de fosas sépticas a través de la observación, medición y muestreo en campo.

Objetivos

Objetivo General

Investigar el comportamiento de los humedales construidos de flujo vertical para el tratamiento de lodos de fosas sépticas de la ciudad de Cuenca.

Objetivos específicos

- Planificar las estrategias operativas que brinden el mejor desempeño de los humedales construidos de flujo vertical.
- Determinar la deshidratación y mineralización del lodo en el humedal.
- Evaluar y analizar los resultados obtenidos del efluente para determinar la viabilidad del humedal artificial.

Capítulo 1: Revisión Literaria

1.1 Manejo de lodos Residuales

La eficacia de los sistemas para el manejo de los lodos de fosas sépticas implica transacciones e interacciones entre una variedad de personas y organizaciones tanto del sector público como el privado en toda la cadena de servicio, que va desde el usuario en su hogar, pasando por la recolección y transporte, hasta los lugares donde se realiza el tratamiento y la disposición final del mismo.

La existencia de puntos débiles en la cadena de servicio para el manejo de los lodos incluye diversos factores que comprenden desde: los hogares que no pueden pagar el costo de los servicios; a camiones de recolección y transporte que no pueden ingresar en diferentes zonas; falta de lugares legítimos de descarga y tratamiento.

Para una implementación que sea sostenible y una operación continua, el manejo de los lodos residuales requiere de un enfoque sistemático integrado que incorpore diferentes características como: la tecnología, gestión y planificación (Strande, Ronteltap, Brdjanovic, 2016).

En la figura 1 se presenta la cadena completa del servicio de saneamiento, la cual comprende desde el vaciado, recolección, transporte, tratamiento, hasta la disposición final que se dé a los lodos.



Figura 1. Cadena de saneamiento y manejo de lodos fecales.

Fuente (Strande, et al., 2016)

1.2 Lodos de fosas sépticas

1.2.1 Fosas sépticas

La Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos, USEPA (1980) define a las fosas sépticas como:

Un recipiente hermético diseñado y construido para recibir las aguas de desecho de una casa, separar los sólidos de los líquidos, suministrar una digestión limitada a la materia orgánica retenida, almacenar los sólidos y permitir que el líquido clarificado sea descargado para su posterior tratamiento y disposición (Méndez, Gijón, Quintal, Osorio, 2007, p.3).

Los tanques elaborados están orientados para la producción de: 1) Lodo granular que es acumulado en el tanque y se debe extraer en intervalos regulares para su respectiva evacuación y 2) de un efluente séptico.

Las fosas sépticas comúnmente están diseñadas para poder retener el agua de los desechos por un periodo amplio para permitir que las partículas suspendidas en el líquido sean separadas y de esta forma flotarán o en su defecto se sedimentarán dependiendo de la densidad que las transporta. Grasas, aceites y otros materiales ligeros tienden a reunirse en la superficie formando una capa flotante de espuma en la parte superior, mientras que la capa de lodo sedimentado se asienta en el fondo del tanque (Méndez, et al., 2007).

En función de lo mencionado se puede apreciar que en un tanque séptico se diferencia 3 zonas: 1) Una zona inferior donde se alojarán los lodos, 2) una zona intermedia denominada sobrenadante donde se da el proceso de separación de partículas y una 3) zona superior donde se forma una espuma flotante.

En las fosas sépticas los rendimientos de depuración que se alcanzan son los que se muestran a continuación:

Tabla 1. Rendimiento de las fosas sépticas.

PARÁMETRO	REDUCCIÓN (%)
Sólidos en suspensión	50-70
DBO_5	30-50
DQO	20-30
Coliformes fecales	0-1

Fuente (Méndez, et al., 2007)

Debido a estos datos, se deduce que el emplear las fosas sépticas solo llegan a alcanzar niveles de tratamiento primario, por lo que los efluentes de las mismas precisan a ser sometidos a otros tratamientos posteriores, con el objetivo de cumplir los requisitos para el tratamiento y su disposición final, sin generar un mayor impacto ambiental.

1.2.2 Lodos

1.2.2.1 Origen

El término lodo según von Sperling, et al. (2007) es usado para designar los subproductos sólidos del tratamiento de aguas residuales, en donde dentro de los tratamientos biológicos recibe el nombre de lodos biológicos o secundarios ya que parte de la materia orgánica es absorbida y convertida en biomasa microbiana.

A pesar que los lodos representan tan solo entre el 1%-2% del volumen de aguas residuales que son tratadas, su gestión es compleja ya que puede oscilar un costo del 20%-60% del total de los costos operativos totales de las plantas de tratamientos de aguas residuales (von Sperling, et al., 2007).

Por otra parte, se le denomina al lodo originado de las fosas sépticas como el material semilíquido que se extrae de los tanques sépticos, el cual se ha depositado en el fondo durante un periodo de tiempo, además está formado por el líquido y una capa superficial de espuma (Méndez, et al., 2007). Estos lodos comúnmente provienen de inodoros descentralizados que no están conectados a un sistema de alcantarillado. Pueden encontrarse total o parcialmente digeridos, muy líquidos o semisólidos y resultan de la contención o tratamiento de combinaciones de excremento humano y aguas negras, con o sin aguas grises. Los lodos fecales son

muy versátiles ya sea en su consistencia, cantidad y concentración (Strande, et al., 2016)

1.2.2.2 Características del lodo de fosas sépticas

Para el presente estudio se tomará en cuenta los lodos provenientes de las fosas sépticas, para lo cual es importante conocer las diferentes características que tienen las mismas.

Los lodos dependiendo del grado de estabilización que tienen se clasifican en frescos y digeridos. Los lodos frescos son aquellos que no han recibido algún tipo de tratamiento y se caracterizan por un olor muy desagradable y por un alto contenido de patógenos, mientras que los digeridos son originados al someter a los lodos frescos a procesos de digestión aerobia o anaerobia, tienen un olor no tan molesto y menor contenido de patógenos. Las 2 clases de lodos mencionados suelen ser sometidos a procesos de deshidratación (Lara, 2016).

El lodo proveniente de las fosas sépticas se caracteriza por tener cantidades significativas de arena, aceites, grasas, sólidos y materia orgánica. Una de las características más importantes de los lodos de fosas sépticas es que se incluye las cantidades esperadas, el contenido químico, de nutrientes y de metales pesados (Méndez, et al., 2007).

Falcón (2006) menciona que la cantidad y composición de los lodos varían según las particularidades de las aguas negras de donde hayan sido retirados y también dependen del proceso de tratamiento por medio del cual hayan sido obtenidos (Lara, 2016).

En función a la materia orgánica que es retenida en el fondo de los tanques, se somete a un proceso de descomposición anaerobia y facultativa, convirtiéndose en compuestos y gases más estables como el dióxido de carbono, metano. El lodo que se acumula en el fondo se compone de hilachas que están formadas de la composición del papel higiénico, y a pesar que estos materiales lleguen a degradarse de forma biológica, la velocidad de descomposición es tan baja que tienden a acumularse en el fondo.

El lodo de una fosa séptica es muy diluido con un aproximado de 97% agua, además tiene altas concentraciones de materia orgánica con valores de DQO de 300

mg/l o más. US EPA (1999) menciona que existen varios factores que afectan las características físicas de los residuos sépticos tales como: el clima, los hábitos de los usuarios, el tamaño de la fosa séptica, la frecuencia del bombeo, las características que tiene el suministro del agua y el tipo de material de las tuberías de la red, así como también los diferentes dispositivos de conservación del agua, trituradores de basuras si tuviesen, productos químicos caseros y compuestos, reductores de la dureza del agua (Méndez, et al.,2007).

1.2.2.3 Disposición del lodo

En la actualidad existen muchas tecnologías para el tratamiento de los lodos que se pueden combinar de diferentes formas. Todas estas generan productos que requieren mayor tratamiento, pueden ser desechados o pueden aprovecharse para recuperar recursos. Cabe recalcar que, para la disposición final de los lodos, existen varias formas de realizarlo, sin embargo, se debe tener en conocimiento diferentes características tanto como físicas, químicas, corrosivas, explosivas, tóxicas, infecciosas, reactivas y biológicas, de tal forma que se pueda conocer si el lodo en realidad es aprovechable o solo es un residuo que se deberá desechar. El uso potencial que se le pueda brindar a estos productos debe ser considerado desde el inicio de la fase de diseño de los sistemas para tratamiento de lodos, puesto que como se mencionó antes, la calidad de los mismos generados están ligados de forma directa con la tecnología que se aplica. Cabe recalcar que, al tratar de recuperar los recursos, es fundamental evaluar sus posibles impactos que produciría tanto a los humanos como al ambiente, tales como los patógenos y metales pesados. Además, se debe considerar los factores sociales como la aceptabilidad del mismo (Strande, et al., 2016; Oropeza, 2016).

Entre las opciones para recuperar recursos de los lodos fecales se tienen: 1) las enmiendas de suelo, 2) uso de los productos líquidos para el riego en la agricultura y horticultura, 3) fuente de proteína y grasa para pollos y peces, 4) forraje animal y otras plantas, 5) biocombustibles usando el biogás de la digestión anaeróbica, combustión de lodos fecales, pirólisis y hasta biodiesel de lodos fecales (Strande, et al., 2016).

1.3 Humedales de Flujo Vertical

1.3.1. Definición, aplicaciones, ventajas y desventajas

Molle et al. (2005) menciona que el diseño más frecuente de humedales artificiales de flujo vertical es el denominado sistema francés, se encuentra constituido de dos etapas, la primera que caracteriza al sistema, es que soporta aguas residuales sin tratar, esto permite una gestión más fácil de lodo, además de contar con 3 filtros, y la segunda etapa se caracteriza de 2 filtros que ayudan a completar el tratamiento.

La primera etapa del sistema ayuda a limitar la tasa de infiltración, además del flujo hidráulico que acepta el humedal, el cual influye en la carga hidráulica que es aceptada, además de permitir una correcta aireación (Molle, Liénard, Boutin, Merlin & Iwema, 2005).

Los humedales de flujo vertical son un estrato filtrante que frecuentemente es gravilla en donde se encuentra plantada vegetación acuática (Latargere, 2018). Las aguas residuales son descargadas desde su capa superior, en donde desciende verticalmente hacia el fondo del humedal y será recolectada por un tubo de drenaje, en todo su desarrollo el sistema tiene procesos importantes tanto físicos, químicos y biológicos que están relacionados entre sí.

Dittmer (2005) presenta que los humedales de flujo vertical son una solución óptima cuando se trata de depuración de aguas residuales ya sea con flujos continuos o discontinuos, como es el caso de los hogares, centros educativos e incluso reboses de alcantarillado unitario (Gonzales, 2012, p.2).

Entre las múltiples ventajas tenemos:

- La reducción alta de DBO, sólidos suspendidos y patógenos.
- Tiene la capacidad de nitrificación debido a la transferencia de oxígeno adecuado
- Debido a su forma requiere menos espacio
- Es de bajo costo y trabaja a un ritmo natural
- No necesita tener un alto gasto energético o reactivo

Consigo también tiene desventajas que pueden ser:

- Al inicio va a necesitar un periodo largo antes de trabajar a toda su capacidad
- En cuanto al diseño y construcción se va a necesitar experiencia sobre el sistema de tratamiento
- Requiere un mayor mantenimiento a comparación de otros sistemas de tratamiento

1.3.2. Humedales de Flujo Vertical para tratamiento de lodos

El uso de humedales artificiales para el tratamiento de lodos emerge como una tecnología sostenible debido a los beneficios mencionados anteriormente.

Los tratamientos de lodos a través de humedales consisten en tanques poco profundos que se encuentran llenos de una capa de grava y plantas con raíces emergentes, en donde los lodos se esparcen y almacenan en la superficie de los lechos donde la mayor parte de su contenido de agua se pierde por procesos de evapotranspiración de las plantas y el drenaje, dejando la capa de lodo concentrado en la superficie (Uggeti 2010), en donde la evolución del mismo está ligado a los procesos de deshidratación y mineralización (Nielsen,2003).

1.4 Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos

1.4.1 Olor

El olor que emanan las aguas residuales de fosas sépticas generalmente son producto del sulfuro de hidrógeno (H_2S), y es proveniente de la descomposición anaerobia, en ocasiones los olores son característicos del proceso del cual provenga (Rojas, 2004). Estas son liberadas debido a la descomposición de la materia orgánica, y es menos tolerable que las aguas residuales.

1.4.2 Color

El color tiene un papel muy importante en cuanto al agua residual (AR), ya que el mismo permitirá clasificarlo de manera correcta, cuando este tiene un color gris claro se trata de un agua residual reciente; mientras su tono vaya de gris a gris oscuro sabremos que es un agua residual séptica, esto en su gran mayoría está relacionada a la formación de sulfuros metálicos.

1.4.3 Temperatura

La temperatura del AR debido al agua caliente que procede de las casas por lo general siempre es más elevada. Debido a que el calor del agua es mayor al del aire, la temperatura que registra para el AR es más alta que la del aire durante la mayor parte del año, exceptuando cuando existen meses más calurosos.

Este es considerado un parámetro muy importante ya que influye sobre las reacciones químicas y el desarrollo de vida, porque para un óptimo desarrollo de la actividad bacteriana debe estar entre 25 y 35 °C, y los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se paran cuando alcanza los 50 °C (Eddy, 1996).

1.4.4 Conductividad

La conductividad del agua se encuentra íntimamente relacionada con la temperatura, por lo que los resultados que se van a obtener se deben interpolar a 20 o 25 °C, los valores elevados de conductividad afectan a los procesos biológicos de depuración, lo que provocaría el impedimento de un buen desarrollo de la una comunidad bacteriana (Torres, 2014).

A partir de los valores de conductividad que son expresados en $\mu\text{S}/\text{cm}$, se van a poder calcular el valor de TDS.

1.4.5 Humedad

La humedad es un factor que será determinado mediante la evapotranspiración del agua contenida en la muestra y esta será en base a un medidor de humedad absoluta que, a través de su cámara de calentamiento, seca el material, la muestra es obtenida directamente del humedal piloto, además que será un factor que irá variando en base a las condiciones meteorológicas.

1.4.6 Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua que cumple un factor muy importante ya que el mismo permite la respiración de los microorganismos aerobios, además de otras formas de vida.

Se debe recalcar que el oxígeno solo es ligeramente soluble en agua y que a mayor cantidad de materia orgánica tenga el agua residual, más cantidad de oxígeno

necesitarán los microorganismos para poder eliminarla (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014).

1.4.7 PH

El PH indica la cantidad de iones de hidrógeno que se encuentran presentes en el AR, Romero (2004) expresa que, generalmente para una actividad biológica este se debe mantener en un intervalo estricto de PH entre 6.5 a 8.5 donde no tiene un gran impacto sobre la mayoría de las especies. (González, 2015, p.17).

1.4.8 Sólidos Totales y volátiles

Los sólidos totales (ST) son el contenido de sólidos totales como la materia que son obtenidas como residuo después de poner al agua a un proceso de evaporación, entre 103 y 105 °C (Sierra, 2021). Estos son los sólidos que se procura eliminar con los sistemas de tratamiento.

Los sólidos volátiles (SV) en las aguas residuales y aguas residuales sépticas, permiten obtener la cantidad de materia orgánica que se encuentra en las aguas, también son los que quedan después de secarse la muestra, pero se pierde cuando el residuo se calcina.

El contenido de SV se interpreta en mg/l, también se toma en cuenta que a 550 +- 50 ° C la materia orgánica se oxida en forma de gas como CO₂ (Elena, 2013).

1.4.9 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

La DBO es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para estabilizar la materia orgánica, en un ensayo estándar durante un periodo de 5 días de biodegradación a una temperatura de 20°C se le conoce como DBO₅ (Rojas, 2004).

Los valores obtenidos indican la cantidad de oxígeno disuelto en (mg/l) estos son los que se requieren durante un tiempo impuesto para la desagregación biológica de las sustancias orgánicas que se encuentran en las aguas residuales sépticas.

1.4.10 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO se usa para medir el oxígeno, además de ser una variable muy empleada en la caracterización de las aguas residuales. Este parámetro ayuda a conocer la cantidad de materia orgánica que los microorganismos son capaces de desintegrar en un tratamiento biológico (Menendez Gutierrez & Dueñas Moreno, 2018).

El DBO5 y el DQO guardan relación e indican la importancia de las descargas de aguas residuales sépticas y su posibilidad de biodegradación.

1.4.11 Coliformes

Los organismos que existen en el AR son difíciles de aislar y de identificar, debido a esto, se utilizan a los coliformes como indicador de contaminación. El hombre diariamente arroja coliformes, por lo que su presencia puede detectarse con facilidad y utilizarse como norma de control sanitario (Rojas, 2004). Estos coliformes fecales en su mayoría no son patógenos, pero su presencia ayuda a conocer la contaminación en las aguas.

Capítulo 2: Metodología

2.1. Generalidades del área de estudio

La ciudad de Cuenca se encuentra ubicada en el valle interandino de la Sierra Austral del Ecuador; además es la ciudad capital de la provincia del Azuay. Se encuentra atravesada por 4 ríos: Tomebamba, Yanuncay, Tarqui y Machángara, con una altitud de 2550 msnm y con una temperatura promedio de 15 °C.

El estudio del presente trabajo se lo realizó en un humedal piloto (Figura 3), que se encuentra construido en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Ucubamba, ubicada en la parroquia Machángara, al Noroeste de la ciudad de Cuenca como se aprecia en la Figura 2, en el cual se realizaron las respectivas descargas de los lodos de fosas sépticas del cantón Cuenca.



Figura 2. Localización del humedal piloto dentro del PTAR de Ucubamba.
(Fuente: Google Earth)



Figura 3. Humedal Piloto

2.2. Monitoreo

2.2.1. Toma de muestras

El desarrollo del estudio se lo realizó a través de la obtención de muestras en campo, provenientes de los *hidrocleaners* y que fueron descargados en el humedal piloto, en donde se tomó muestras tanto al momento de descargarlo en el humedal, así como a la salida del mismo, donde luego se realizó los respectivos análisis en campo y en el laboratorio. Las herramientas y el procedimiento que fueron usados se detallan a continuación:

Herramientas utilizadas

- Baldes
- Embudo
- Probeta
- Tarros de plástico
- Recipiente para muestras

- Flexómetro
- Cinta adhesiva
- Reloj
- Traje de protección
- Guantes
- Mascarilla
- Alcohol
- Máquina de medición WTW Multi 3420

Procedimiento

- 1) Se coordinó con el chofer del hidrocleaner para que facilite el lodo proveniente de fosas sépticas para la alimentación del humedal.



Figura 4. Descarga del afluente

- 2) Una vez que se empezó a descargar el lodo en el humedal se procedió a tomar las muestras de forma directa del camión con la ayuda de un balde en diferentes intervalos de tiempo que dependen del volumen de descarga del mismo.



Figura 5. Toma de muestras a la entrada del humedal

- 3) Luego se depositó el afluente obtenido en una probeta para medir y obtener una muestra de 400 ml para los respectivos análisis (ENTRADA).



Figura 6. Medición y depósito de la muestra de Entrada.

- 4) De igual forma una vez que el líquido comenzó a salir del humedal, se tomaron las muestras con la ayuda de un balde en intervalos de tiempo de tal forma que la última muestra que se tomó, fue cuando el humedal se encontró vacío.



Figura 7. Toma de muestras a la salida del humedal

- 5) El líquido obtenido con el balde a la salida del humedal se lo depositó en una probeta para medir y obtener una muestra de 300 ml poder realizar los respectivos análisis (SALIDA).



Figura 8. Medición y depósito de la muestra de Salida.

2.2.2. Cuantificación del volumen de lodos depositados

Para la cuantificación del volumen de lodos, se registró observaciones diarias con un mínimo de 5 días entre cada descarga, donde se apreció de manera visual el crecimiento que tenía el lodo en el humedal, teniendo en cuenta el área del humedal, se procedió a verificar el volumen del mismo utilizando la ecuación 1:

$$Volumen = largo \times ancho \times altura \quad (1)$$

2.2.3. Cuantificación del caudal de entrada

Para la cuantificación del caudal que tenía al momento de la descarga se utilizó el método volumétrico en donde se consideró el volumen total que el hidrocleaner descargó en el humedal y el tiempo que este demoró en finalizar y de esta forma obtener el caudal de entrada con la ecuación 2

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen (litros)}}{\text{tiempo (segundos)}} \quad (2)$$

Para llevar un registro del mismo se procedió a diseñar una tabla para el cálculo del caudal en cada descarga del hidrocleaner en el humedal.

2.2.4. Carga hidráulica

La tasa de carga hidráulica o *Hydraulic Loading rate* “HLR” relaciona tanto el caudal como el área del humedal (Romero, 2015), en donde para el cálculo, se utiliza la ecuación que se detalla a continuación.

$$HLR = \frac{\text{Caudal medio}}{\text{área del humedal}} \frac{m}{\text{día}} \quad (3)$$

2.2.5. Parámetros analizados y frecuencia de medición

Para controlar correctamente los datos obtenidos se tomó las distintas variables en base a periodos de descanso al que estuvo sometido el humedal, en la Tabla 2 se presentan los parámetros y la frecuencia promedio que fueron analizados, y de esta forma, se pudo manejar los resultados de manera adecuada y coherente.

Tabla 2. Parámetros analizados y frecuencia de medición

Parámetros	Frecuencia
Descarga de Hidrocleaner	1/semana
DBO	1/semana
DQO	1/semana
Sólidos totales	2/Semana
Sólidos volátiles	2/Semana
PH	1/Semana
Oxígeno disuelto	1/Semana
Humedad	2/Semana
Color	Diario
Olor	Diario

2.2.6. Análisis Físico-Químico

2.2.6.1 Análisis DBO Y DQO

Para un correcto estudio y análisis del DBO se utilizó un sistema respirométrico denominado BD 600, y se lo realizó con un método patentado que se detalla a continuación:

Las bacterias del agua residual consumen oxígeno disuelto en la muestra durante el transcurso de la medición del DBO, el cual es reemplazado por oxígeno del aire. El hidróxido de potasio se une químicamente al dióxido de carbono que se desarrolla de manera simultánea y, como resultado, se produce una caída de presión en el sistema el cual se lo mide mediante el sensor de DBO.

Para el análisis del DQO se lo realizó con el método estándar, utilizando el fotómetro MD 100.

2.2.6.2 Análisis sólidos totales y sólidos volátiles

Tanto para analizar los sólidos totales y sólidos volátiles se los realizó con el método estándar: *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

2.2.6.3 Análisis de PH y Oxígeno disuelto

El análisis del PH y Oxígeno disuelto son muy importantes en las pruebas químicas, su frecuencia va estar en función al día que se realice la alimentación del humedal.

Una vez hecha la descarga y obtenido el efluente se procede a medir los parámetros de PH y Oxígeno disuelto con ayuda de la máquina WTW Multi 3420, que se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Máquina de medición WTW Multi 3420

Lo que se debe hacer una vez encendida la máquina es insertar las sondas de medición en el efluente que se encuentra en un tarro de plástico, igual a como se muestra en la Figura 10, la misma máquina brindará los resultados sin necesidad de cálculos extras.



Figura 10. Forma de medición de parámetros

Cabe mencionar que estos análisis pueden ser realizados en situ.

2.2.6.4 Análisis de Humedad

Para un correcto análisis de la humedad se tomó la muestra antes de la descarga del hidrocleaner y otra un día después de alimentar al humedal. Sin embargo, cuando los tiempos entre alimentaciones del humedal eran largos, se optó por tomar una muestra de humedad intermedia.

Se tomó una muestra pequeña de lodo de distintas partes del humedal y se mezcló homogéneamente para su análisis.



Figura 11. Toma de muestra de lodo

Se determinó la humedad en las muestras mediante el METLER TOLEDO HB43-S Halogen como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Medidor de humedad HB43-S Halogen

La muestra ingresada a la máquina debe encontrarse entre 2.6 a 3.0 gr de lodo, y el tiempo de espera depende de la humedad y del peso que tiene la muestra; el cual puede variar desde los 30 minutos a una hora y media.

2.2.6.5 Análisis de color y olor

Los parámetros físicos, color y olor fueron determinados en campo, esto se lo realizó de manera diaria a través de la observación del mismo, en donde se apreció el humedal y el tanque donde se encuentra el efluente; se tomó en cuenta el clima de días anteriores a la observación porque permitió conocer a que estaba expuesto el humedal.

Para un correcto análisis, el área de estudio se debía encontrar en condiciones óptimas, esto referente a la vegetación del humedal ya que, si este se encontraba con un tamaño muy grande, no permitiría visualizar resultados correctos.

Capítulo 3: Resultados y Discusión

3.1 Características generales de las descargas en el humedal piloto

La información de las diferentes descargas que se realizó en el humedal, se detalla a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de las descargas en el humedal

Descarga	Fecha	Volumen (m ³)	Tiempo de descarga (minutos)	Observaciones
1	19-febrero-2021	3	7	Presencia de gran cantidad de basura
2	03-marzo-2021	5	7:50	La mayor parte de la descarga era líquida, se tuvo que parar la descarga, pues el humedal se desbordó
3	10-marzo-2021	3.5	5:20	La mayor parte de la descarga era líquida, alto contenido de materia orgánica y poca presencia de basura
4	19-marzo-2021	4	5:40	La descarga contenía un alto contenido de grasas, basura y un fuerte olor, que dificultó al momento de la toma de muestras
5	30-marzo-2021	3.5	5:15	Presencia de poca cantidad de basura
6	08-abril-2021	4	5:50	La descarga era completamente líquida con poca presencia de basura
7	21-abril-2021	3.5	5:50	La descarga era completamente líquida con poca presencia de basura
8	04-mayo-2021	3.5	5:10	La descarga era completamente líquida con poca presencia de basura
9	25-mayo-2021	2.8	3:40	La descarga era completamente líquida con poca presencia de basura, poco volumen de descarga debido a que el <i>hidrocleaner</i> solo tenía un trabajo de vaciado cerca de la PTAR de Ucubamba
10	04-junio-2021	4.2	3:25	La descarga era completamente líquida, poca presencia de sólidos, presencia de un olor leve.

Como se puede apreciar, el intervalo de tiempo entre las descargas dependía de manera directa de la disposición del *hidrocleaner*, pues en varias ocasiones no contaban con trabajos de vaciado de fosas sépticas cerca de la PTAR de Ucubamba, y otro problema, era que los camiones se dañaban de manera constante, por lo cual paraban con sus actividades por largos períodos de tiempo, hasta que estuvieran listos para volver a brindar el servicio.

Los *hidrocleaners* tienen una capacidad de almacenamiento de 7 m³, el volumen que transportaban dependía de la cantidad de trabajos que habían realizado antes de la descarga, así como de la cantidad recolectada de las diferentes fosas sépticas. Sin

embargo, cuando el camión tenía una capacidad mayor que la del humedal, se optó por descargar una parte del mismo en una de las lagunas de la PTAR de Ucubamba, mientras que la otra parte se usaba para alimentar el humedal. La capacidad del sistema de tratamiento, dependía en parte de la vegetación del humedal, debido a que, si se encontraba crecida, ocupaba más espacio, y por ende se descargaba menos afluente en el humedal.

La mayor parte de las descargas tenían las mismas características. Sin embargo, se hace hincapié en la cuarta descarga, ya que la mayor parte de la misma tenía un alto contenido de grasa y material fecal como se muestra en el Anexo 5.1.4, que no son comunes en las fosas sépticas, y que complicó de manera significativa la toma de muestras, debido a la gran cantidad de sólidos que presentaba, así como el fuerte olor que emanaba. Además, al momento de obtener los resultados, presentaron algunos valores anormales en comparación a los obtenidos de las otras descargas realizadas en campo y que se detallan en el presente trabajo de investigación.

3.2 Registro de observación

Para entender el comportamiento que tenía el humedal a lo largo del tiempo entre las diferentes descargas, se realizó un registro de observación en campo, como se muestra en la Tabla 4 y se detalla con mayor profundidad en el Anexo 5.2.

Tabla 4. Registro de observación entre descargas

Descarga	Primera fecha de registro de observación	Segunda fecha de registro de observación	Total, de días de observación entre descarga.
1	20-febrero-2021	02-marzo-2021	6
2	04-marzo-2021	09-marzo-2021	3
3	11-marzo-2021	19-marzo-2021	5
4	20-marzo-2021	30-marzo-2021	5
5	31-marzo-2021	07-abril-2021	5
6	09-abril-2021	20-abril-2021	8
7	022-abril-2021	04-mayo-2021	7
8	05-mayo-2021	25-mayo-2021	12
9	26-mayo-2021	02-junio-2021	6
10	05-junio-2021	14-junio-2021	5

3.3 Tasa de carga de sólidos

3.3.1 Cuantificación del caudal de entrada

En las mediciones realizadas en campo, se procedió a calcular el caudal de entrada de la descarga del *hidrocleaner* al humedal piloto, dicho cálculo se lo realizó a través del método volumétrico con la ecuación (2), en donde se consideró el total del volumen que se usó para alimentar el humedal en cada una de las descargas, así como el tiempo que demoró en descargarlo completamente, obteniendo los valores que se detallan en la Tabla 5, donde además se puede apreciar el caudal promedio del trabajo de investigación, que fue de $11.75 \frac{1}{s}$

Tabla 5. Cálculo del caudal de entrada

Método volumétrico			
Descarga	Volumen (litros)	Tiempo (segundos)	Caudal (l/s)
1	3000	420	7,14
2	5000	470	10,64
3	3500	320	10,94
4	4000	340	11,76
5	3500	315	11,11
6	4000	350	11,43
7	3500	350	10,00
8	3500	310	11,29
9	2800	220	12,73
10	4200	205	20,49
Caudal promedio			11.75

3.3.2. Cálculo de la carga hidráulica

En base a la ecuación (3) se realizó el cálculo de la tasa de carga hidráulica, en donde se consideró varios parámetros, tales como, el tiempo entre descargas, el volumen de descarga y la superficie del humedal piloto que es de $9.81 m^2$.

Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 6, en donde se puede apreciar que el promedio de la carga hidráulica es de $0.26 \frac{m \times descarga}{semana}$

Tabla 6. Cálculo de la carga hidráulica

Tasa de carga hidráulica				
Descarga	Volumen (l)	Tiempo (semana)	Caudal $(\frac{m^3 \times descarga}{semana})$	Carga hidráulica $(\frac{m \times descarga}{semana})$
1	3000	1,00	3,0	0,31
2	5000	1,71	2,9	0,30
3	3500	1,00	3,5	0,36
4	4000	1,29	3,1	0,32
5	3500	1,57	2,2	0,23
6	4000	1,14	3,5	0,36
7	3500	1,86	1,9	0,19
8	3500	1,86	1,9	0,19
9	2800	3,00	0,9	0,10
10	4200	1,43	2,9	0,30
Carga hidráulica promedio				0,26
Rango				0.10-0.36

El sistema de tratamiento recibió el lodo proveniente de fosas sépticas en diferentes volúmenes, que varió entre 2.8 y 5 m³, ya que no se pudo controlar la tasa de carga hidráulica (HLR), debido a la variación del origen del lodo, así como del volumen que traía el *hidrocleaner*. Debido a esto, el sistema se alimentó con lodos de fosas sépticas sin tener ningún control de la HLR, dando de esta forma una variación de la HLR obtenido en el periodo de estudio de esta investigación y que se detalla en la Tabla 6.

Es difícil de encontrar un convenio sobre los límites hidráulicos que existen en la literatura, sin embargo, en los humedales de flujo vertical (VFCW), tener una carga hidráulica alta o baja, afecta de manera directa el rendimiento del sistema frente a la remoción de materia orgánica y la eliminación de contaminantes (Sete, 2016). Molle et al. (2005) expresa que un alto valor de HLR reduce la eficiencia de eliminación de materia orgánica, sólidos suspendidos totales (SST) y nitrógeno en los VFCW.

En el estudio realizado por Sete (2016), se tuvieron valores de la HLR que variaron entre 0.12-0.549 $\frac{m \times descarga}{semana}$, manifestando que con dichos valores el sistema trabajó de manera eficiente frente a la variación obtenida de la carga hidráulica; por lo cual, al tener valores similares al del estudio mencionado se puede concluir, que el sistema estudiado trabajó de manera correcta frente a las variaciones de HLR que se obtuvieron a lo largo de las diferentes descargas realizadas.

3.3.3. Cálculo de la tasa de carga de sólidos

Para el cálculo de la carga de sólidos (SLR), se consideró la HLR que se muestra en la Tabla 6 y el valor de los sólidos totales (ST) de la entrada del sistema que se detallan en la figura 21.

Tabla 7 Cálculo de la carga de sólidos a la entrada del sistema

Tasa de carga de sólidos			
Descarga	Carga hidráulica ($\frac{m \times \text{descarga}}{\text{semana}}$)	Sólidos totales (entrada) ($\frac{kg \text{ ST}}{m^3}$)	Tasa de carga de sólidos ($\frac{kg \text{ ST} \times \text{descarga}}{m^2 \times \text{año}}$)
1	0,31	1,08	17,09
2	0,30	1,55	24,03
3	0,36	1,42	26,39
4	0,32	29,00	478,30
5	0,23	1,43	16,88
6	0,36	3,54	65,64
7	0,19	1,88	18,76
8	0,19	1,95	19,46
9	0,10	5,28	26,11
10	0,30	1,10	17,14
SLR promedio			70,98
Mediana			21,74

Autores como Koottatep, et al., (2008) recomiendan un valor de rendimiento óptimo de SLR de $250 \frac{kg \text{ ST}}{m^2 \times \text{año}}$ para el tratamiento de lodos, Kengne, et al., (2014) manifiesta que, en Camerún, para el tratamiento de lodos provenientes de fosas sépticas y letrinas de pozos, un valor adecuado de SLR es de $200 \frac{kg \text{ ST}}{m^2 \times \text{año}}$, de igual forma Strande, et al., (2016), sugiere que el valor adecuado para el tratamiento de lodos fecales es de $200 \frac{kg \text{ ST}}{m^2 \times \text{año}}$.

Sete (2016), obtuvo valores similares a este estudio, en donde el rango de SLR se encontraba entre $11-944 \frac{kg \text{ ST}}{m^2 \times \text{año}}$, con un promedio de $73 \frac{kg \text{ ST}}{m^2 \times \text{año}}$ y una mediana de $32 \frac{kg \text{ ST}}{m^2 \times \text{año}}$. Comparando ambos estudios, con la literatura mencionada, se aprecia que los datos obtenidos, se encuentran por debajo de los valores óptimos recomendados, debido a que no se tuvo un correcto control de la HLR, así como de la concentración de ST que entraban al humedal y también debido a la variabilidad existente en los lodos provenientes de fosas sépticas, que fueron depositados en el sistema de tratamiento.

3.4 Cuantificación del volumen de lodo depositado

En el estudio se utilizó el concepto de deshidratación de lodos, que consiste en la reducción del contenido de agua, donde dicho proceso, dependió de manera directa de la evaporación natural y percolación que se realizó en el humedal de tratamiento. Sin embargo, dicho proceso depende de varios factores, como son la fuente y composición del lodo que fue descargado, las condiciones climáticas, viento y la vegetación (Silva,2019).

Según las mediciones que se realizaron in situ, se pudo apreciar que el espesor acumulado en el humedal era de un promedio de 2mm, al final de las alimentaciones que se realizó para el estudio, es decir, el sistema fue capaz de no almacenar una gran cantidad de lodos en la capa superficial del humedal. En base a la ecuación (1) se calculó el volumen como se detalla en la Tabla 8.

Entre las características del lodo acumulado, se puede mencionar que no presentaban malos olores fuertes.

Tabla 8. Cuantificación del volumen de lodo

Área del humedal (m ²)	Espesor de lodo acumulado (m)	Volumen de lodo (m ³)
9.81	0.002	0.02

Hoffmann, Platzer, Winker, von Muench (2011) manifiestan que, cuando se da el uso de humedales del sistema francés, para el tratamiento de aguas residuales, el lodo acumulado crece alrededor de 1.5 cm por año. Después de 10-15 años se tendrá una capa acumulada de hasta unos 20 cm que deberá ser retirado; y en el presente estudio se analizó agua residual con un alto contenido de sólidos.

Otros sistemas de tratamiento de lodos, como es el caso de la ciudad de Cuenca, en donde la empresa pública ETAPA EP, puso en funcionamiento un sistema de extracción, transporte y deshidratación de lodos, que ha venido trabajando con varias irregularidades debido a problemas operativos y de mantenimiento en la planta, provocando que los lodos se siguen acumulando en la PTAR de Ucubamba, en donde se registra valores de acumulación del 48% en las lagunas facultativas y un 32 a 35% en las aireadas, lo que provoca una disminución de la capacidad operativa de la PTAR, ya que se reducen los tiempos de retención, y de esta manera

afecta a la calidad del efluente de tratamiento y no trata de manera eficiente los lodos que se van acumulando (Etapa EP, 2019).

Debido a lo mencionado, se plantea que usar humedales artificiales para el tratamiento de los lodos que se generan, son una solución óptima debido al bajo o nulo consumo energético y económico. Además, que los humedales producen agua clara, mientras que las lagunas tienen una alta producción de algas que influyen en la calidad de los diferentes efluentes y complica de manera significativa su aprovechamiento. Por otra parte, los humedales con buen funcionamiento no generan problema de olores, mientras que es común en muchas lagunas la generación de malos olores (Hoffmann, et al. ,2011).

3.5 Análisis físico-químico

Los análisis realizados permitieron determinar las características del lodo proveniente de fosas sépticas y el comportamiento que tenía antes de la descarga, y después de haber pasado por el sistema de tratamiento. Existe una variabilidad en las muestras que fueron tomadas, esto se debe principalmente a la naturaleza del lodo recolectado por el *hidrocleaner*, que venían de diferentes fosas sépticas.

Para el análisis de los porcentajes de remoción que se obtuvieron en relación entre el afluente y efluente de los diferentes resultados, se utilizó la ecuación (4).

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{Carga de entrada} - \text{carga de salida}}{\text{carga de entrada}} \times 100 \quad (4)$$

3.5.1. Comportamiento del PH

Este parámetro se midió in situ durante la alimentación del humedal piloto. Se tomó una muestra antes de la descarga y una después de haber pasado por el humedal. Sin embargo, solo se registró el comportamiento desde la tercera descarga, ya que no se contaba con la máquina para dicho análisis, hasta la octava, esto debido a que se dañó el electrodo de la máquina WTW Multi 3420 que se usaba para medir dicho parámetro. Los valores del análisis se detallan en la Figura 13.

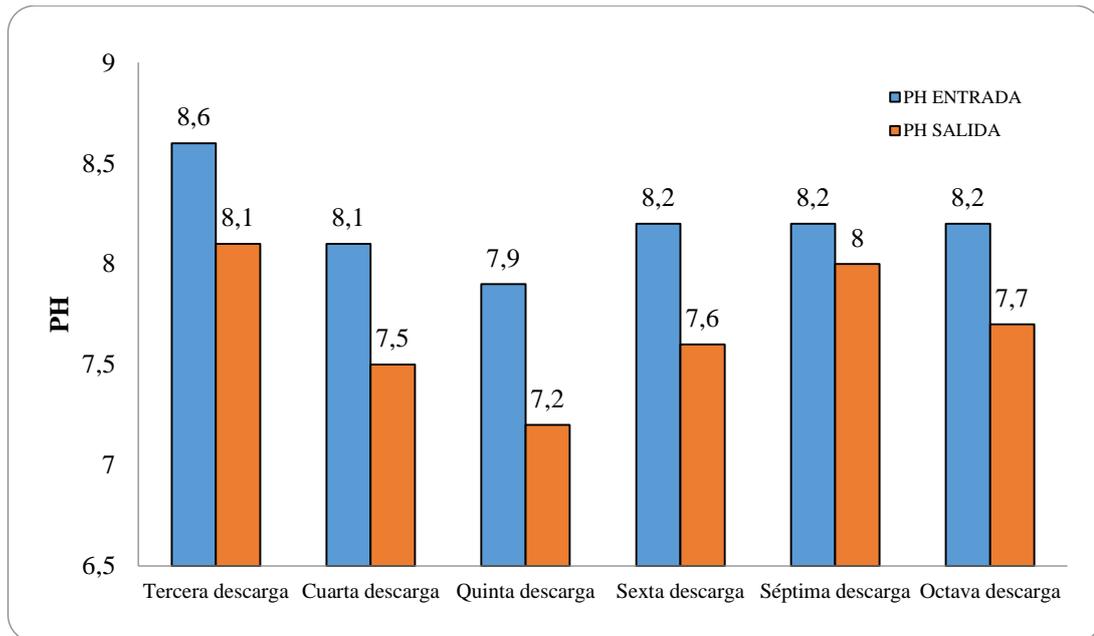


Figura 13. Comportamiento del PH a razón de descarga

Como se puede apreciar en la Figura 13, el PH de salida es menor que el PH de entrada, demostrando de esta manera, que el humedal es capaz de reducir el nivel de PH de los lodos provenientes de las fosas sépticas.

Romero (2004) expresa que el valor adecuado para varios procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica está entre 6.5 a 8.5, siendo así que los valores que son menores a 6.5 unidades (ácidos), no permiten que se dé el crecimiento de muchos grupos microbianos y que los valores mayores a 8.5 unidades (alcalinos) inhiben de igual manera el crecimiento (González, 2015, p.17).

Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010) expresan que el PH depende de la cantidad de cargas contaminantes, pues a menor carga, menor será el PH debido a procesos de mineralización de la materia orgánica que se genera por acción de microorganismos y plantas, lo que origina compuestos intermedios conocidos como ácidos orgánicos del material a tratar. Por lo contrario, mayor carga se da un aumento del PH debido a una disminución de la actividad biológica.

En base a lo mencionado, se considera que los valores obtenidos en el análisis de PH en el humedal, son óptimos, ya que se encuentra dentro de los rangos mencionados. En donde valores cercanos al PH neutro permite generar un ambiente adecuado para la vida de microorganismos, así como la estabilización de fósforo y nitrógeno. Ya que si estuviera fuera de los límites permisibles el PH podría

influenciar la toxicidad de algunas sustancias que son dependientes del grado de disociación.

3.5.2. Comportamiento del Oxígeno Disuelto

La evaluación de un buen sistema respecto a la remoción de contaminantes se ve evaluado con una comparación de afluentes y efluentes, mientras se cuenta con una aireación y circulación adecuada su resultado es beneficioso (Estrada Gallegos, 2010).

En la Figura 14 se presenta el comportamiento del humedal con respecto a las descargas realizadas, además se observa que los valores de oxígeno disuelto del efluente son mayores que el afluente, obteniendo resultados entre 0.01 y 4.08

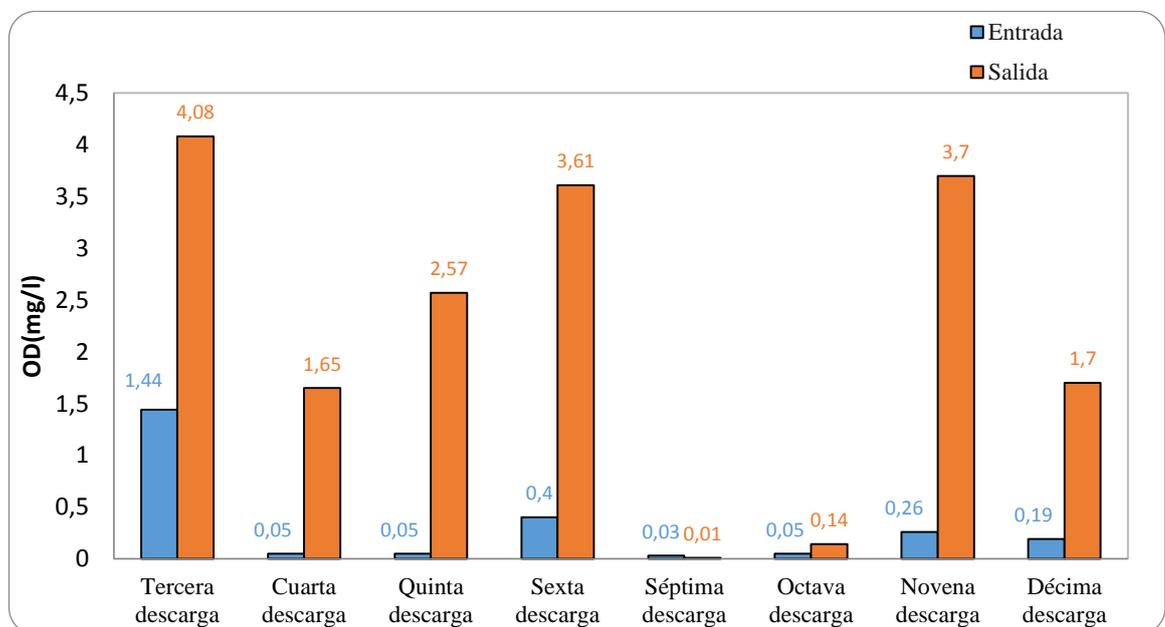


Figura 14. Comportamiento del OD a razón de la descarga.

Debido a problemas ya antes mencionados con el equipo de medición, los resultados se ven presentados desde la tercera descarga, aun así, obteniendo una correcta información.

Los valores del OD en el humedal durante las descargas estudiadas mostraron un comportamiento estable, exceptuando la séptima y octava descarga que se obtuvieron valores mínimos de 0.01 y 0.14 como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores entrada y salida de oxígeno disuelto

N° Descarga	Fecha	Tiempo de descanso	Oxígeno disuelto (mg/l)	
			Entrada	Salida
3	10/03/21	9	1.44	4.08
4	19/03/21	11	0.05	1.65
5	30/03/21	9	0.05	2.57
6	08/04/21	13	0.4	3.61
7	21/04/21	14	0.03	0.01
8	04/05/21	21	0.05	0.14
9	25/05/21	10	0.26	3.7
10	04/06/21	10	0.19	1.70
Rango			1.44 – 0.03	4.08-0.01

Es probable que la disminución del OD en las descargas mencionadas, se deba a un problema de la máquina WTW Multi 3420, debido a que cuando se realizó la séptima y octava alimentación del humedal, la máquina no se encontraba bien calibrada.

Los valores de la entrada son menores a los de salida, demostrando que el humedal artificial es capaz de oxigenar el sistema, dando como resultados efluentes con un OD mayor, obteniendo un resultado de hasta 4.08 mg/l. Es dificultoso realizar una comparativa de estos resultados con otros estudios realizados debido a que el oxígeno disuelto varía según su altitud y temperatura, que en esta investigación son únicas (Arévalo, et al. 2021).

3.5.3. Humedad en el lodo depositado

La determinación de la humedad en el lodo depositado, se efectuó tomando una muestra de lodo, antes y después de su alimentación.

Con base a los resultados obtenidos se realizó una gráfica como se muestra en la Figura 15, en donde se representa el porcentaje de humedad del lodo con respecto a las descargas, se puede observar máximos de 100 por ciento que están relacionados al día que se realizó la alimentación del humedal y que representa el valor máximo de humedad.

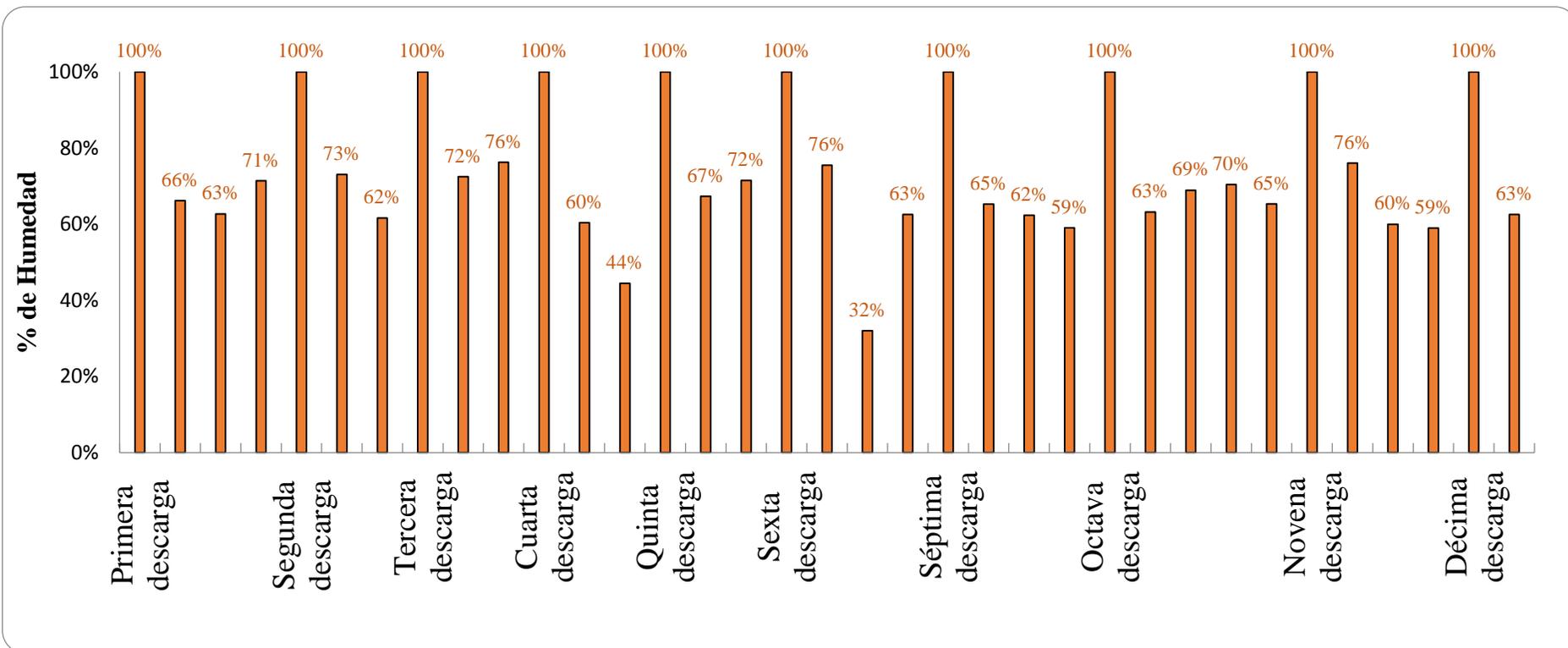


Figura 15. Porcentaje de Humedad a razón de descarga

En la Figura 15 se observa que los valores obtenidos de humedad están en un rango desde 32-76 %, estos valores son considerados óptimos al tratarse de un humedal joven.

Las muestras tomadas antes y después de la alimentación muestran resultados beneficiosos para el sistema, ya que el humedal es capaz de perder entre un 24 % y 68 % de humedad en un lapso de 24 horas; cabe mencionar que estos resultados pueden ir variando en base a las condiciones meteorológicas.

Estos resultados, reflejan que el sistema trabaja de forma positiva y significativamente a comparación de otros sistemas de tratamiento de lodos en donde se ve influenciado por previos procesos como es el espesamiento, estabilización, acondicionamiento y todo eso antes de llegar a la deshidratación del lodo.

3.5.4. Color

El color del efluente proveniente del humedal ayuda a conocer la condición en la que se encuentra el agua residual.

Delgadillo et al. (2010) mencionan tres tipos de colores que caracterizan el agua residual, estos son: café claro, gris claro y gris oscuro, cada uno de estos colores se ven influenciados por la descomposición bacteriana o las condiciones anaerobias.

Los resultados obtenidos en este estudio se caracterizan por dos colores en particular que se van diferenciando según las etapas de observación.

El primer color característico del humedal fue el gris claro y se pudo observar siempre en el día de alimentación, en donde, al ser un caudal alto que se descarga en el sistema, no logra retener del todo al afluente que, al momento de salir del sistema, este sigue manteniendo el color del agua residual proveniente de la fosa séptica, como se muestra en el anexo 5.1.7

El segundo color fue el café claro, este se observó en los días de descanso del humedal y durante todo el transcurso de las observaciones, siempre fue el mismo color variando un poco en su tonalidad, sin ningún cambio drástico, como se muestra en el anexo 5.1.3

Sin embargo, la descarga 4, no afectó de manera directa el color del efluente, pero esta sustancia, al tener un alto grado de grasa, formó una capa aceitosa a la salida

del humedal, que incluso al tocarlo se sentía viscoso, como se muestra en el anexo 5.1.4

3.5.5 Olor

El olor es un factor muy importante especialmente cuando el humedal se encuentra cerca de poblados o casas aledañas.

El olor de agua residual de fosas sépticas bien tratada es inofensivo y moderadamente tolerable. Para la determinación de olores se pueden medir con métodos sensoriales y métodos instrumentales, en este estudio todo se basó en métodos sensoriales.

Para determinar la intensidad del olor se lo clasificó en una escala del 1 al 5 como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Escala de olores

Escala	Característica	color
1	SIN OLOR	
2	MUY DÉBIL	
3	DISTINTIVO	
4	FUERTE	
5	MUY FUERTE	

Las muestras son analizadas en orden creciente desde ausencia de olor, hasta que es percibido.

Para la visualización de los resultados, se decidió representarlo de manera gráfica y así poder apreciar de mejor manera, como se muestra en la Figura 16.

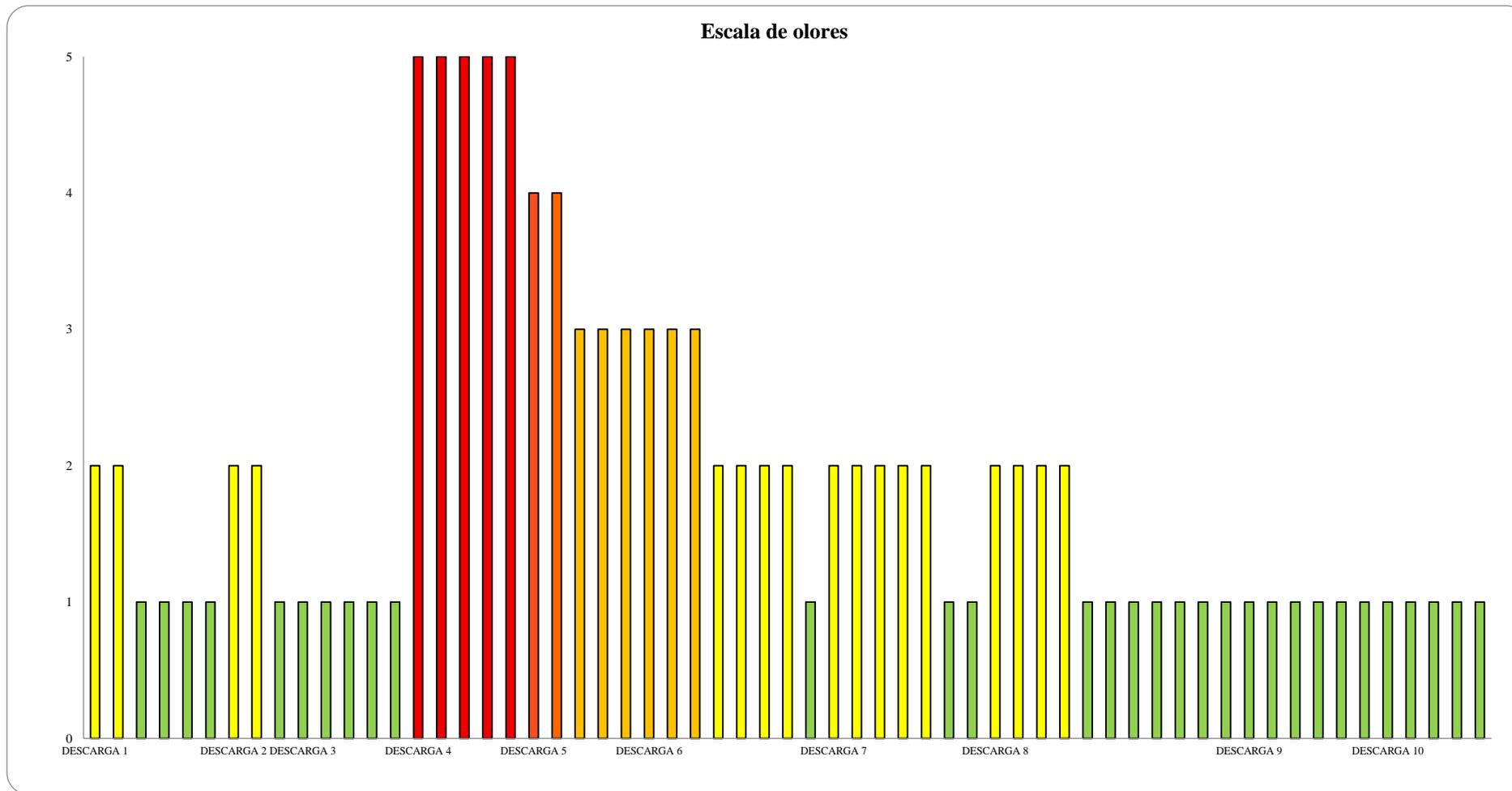


Figura 16. Escala de olores a razón de descargas

En la Figura 16 se puede observar que en la mayoría de descargas y observaciones se tiene una escala bastante conservadora con olores muy débiles e incluso sin olor, exceptuando la descarga número 4, la cual antes ya fue mencionada, que llegó con una gran cantidad de grasa de procedencia desconocida, que junto con la intemperie y cambios climáticos produjo olores muy fuertes, pero conforme pasaba el tiempo y con ayuda de las siguientes descargas, el humedal pudo mantenerse estable de nuevo.

En estos días, el control de olores es considerado muy importante en el diseño de sistemas de tratamiento y con esta información se puede dar a conocer que el sistema es capaz de eliminar olores sin necesidad de tecnología o sistemas externos, siempre y cuando los afluentes ingresados sean corroborados que son obtenidos de fosas sépticas.

3.5.6 Materia orgánica

3.5.6.1 DBO₅

El DBO₅ es uno de los parámetros más usados para medir la calidad de agua residual.

En el análisis de DBO₅ se pudo realizar dos muestras en todo el estudio, esto debido a fallas con la placa magnética del equipo de medición de dicho parámetro.

En la Figura 17 se puede apreciar el número de descargas que fueron analizadas y cada una de estas se encuentra con su respectivo valor de entrada y salida de DBO₅.

Los resultados obtenidos en la entrada fueron de 259 y 299 mg/l, y los valores de salida 166 y 221 mg/l respectivamente.

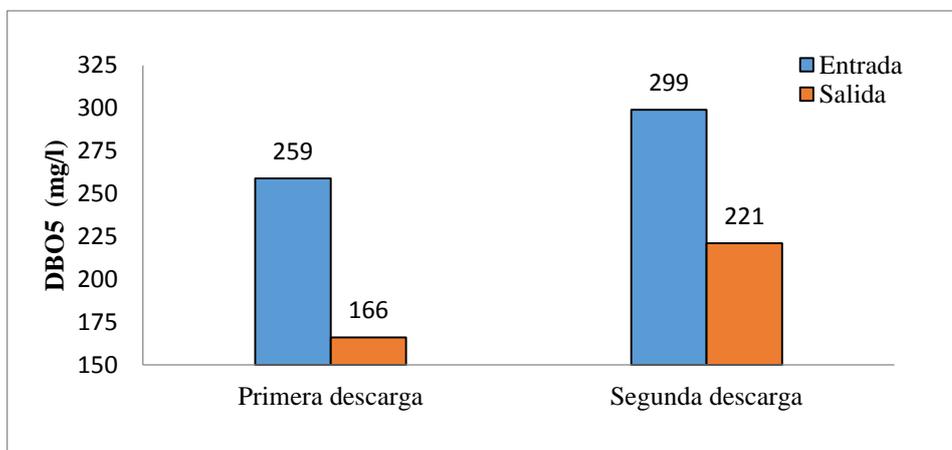


Figura 17. Carga del DBO₅ a razón de las descargas

Aun teniendo en cuenta que los datos estudiados son muy pocos, debido a problemas con la placa magnética del equipo de medición, como se explica con anterioridad, se pudo apreciar que el sistema es capaz de reducir los valores del afluente; el porcentaje de remoción fue de un 35.91% en la primera descarga y 26.09% en la segunda descarga, tal como se muestra en la Figura 18.

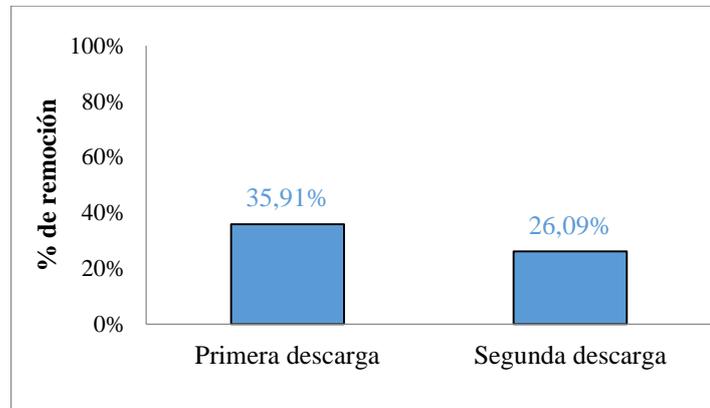


Figura 18. Porcentaje de remoción del DBO5

3.5.6.2 DQO

La DQO se usa como medición del oxígeno equivalente de la materia orgánica contenida en una muestra que es susceptible de ser oxidada por un oxidante químico, esta es mayor que la DBO₅, ya que el oxidante fuerte ataca a mayor grupo de compuestos (Restrepo, 2015).

Al igual que el DBO₅ mientras más contaminada se encuentre el agua, mayor será el valor de la demanda química de oxígeno.

Los valores obtenidos de DQO de entrada se encuentran en un rango de 412 a 6355.6mg/l y los valores de salida estuvieron en un rango de 284.3 a 1688.8 mg/l como se muestra en la Figura 19, cada muestra presenta una gran variabilidad, pero la que más sobresale es la cuarta descarga en donde su valor se excede con gran proporcionalidad.

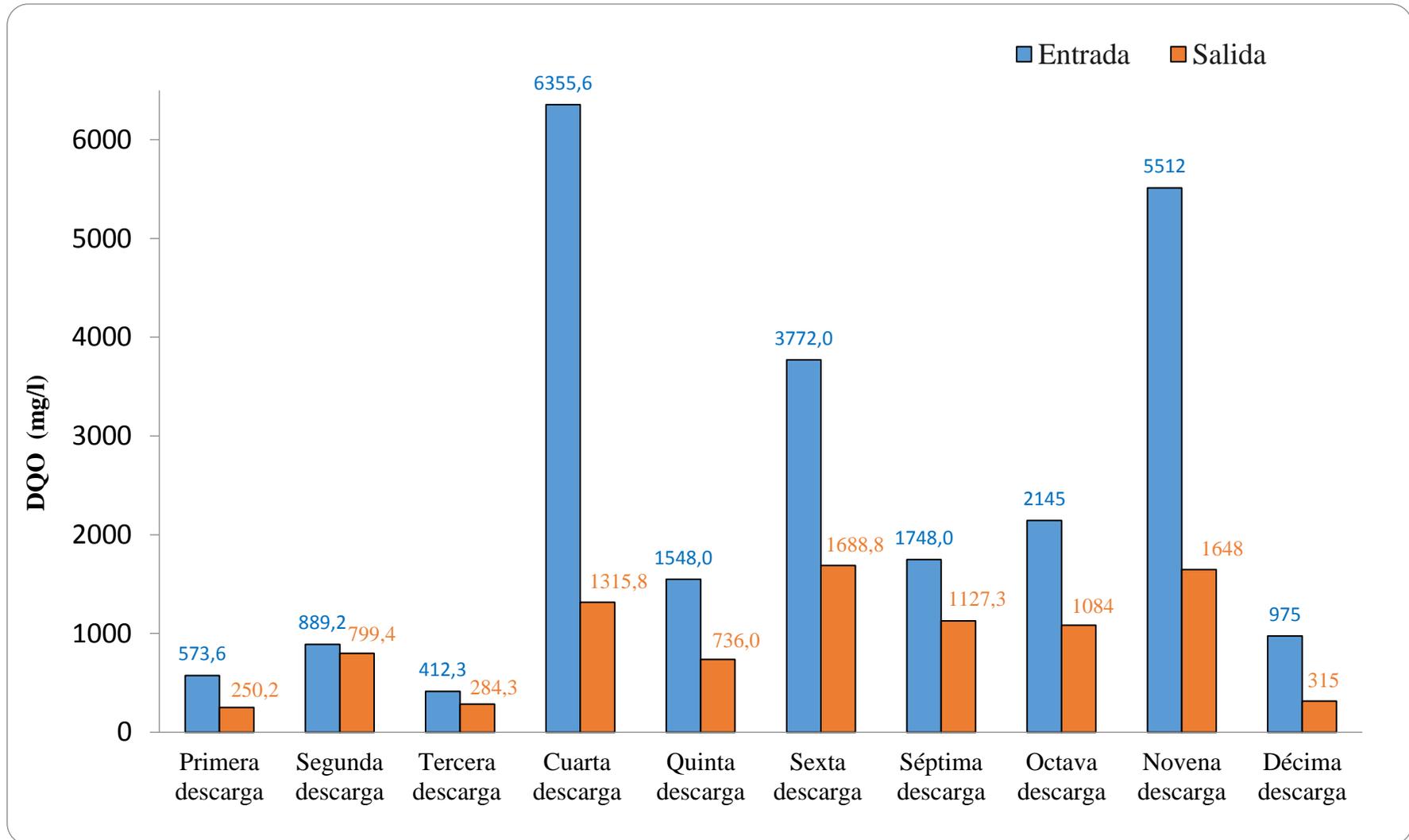


Figura 19. Carga del DQO a razón de las descargas

Como se aprecia en la Figura 20, el humedal tuvo un porcentaje de remoción entre el 10.10% - 79.30%. Demostrando de esta manera, que, a pesar de ser un humedal joven, el sistema es robusto, debido a que es capaz de soportar cargas elevadas, como se aprecia en la figura 19, ya que, a pesar de tener valores altos en varias descargas, el humedal siguió funcionando de manera correcta, presentando resultados óptimos en la disminución de la carga de DQO.

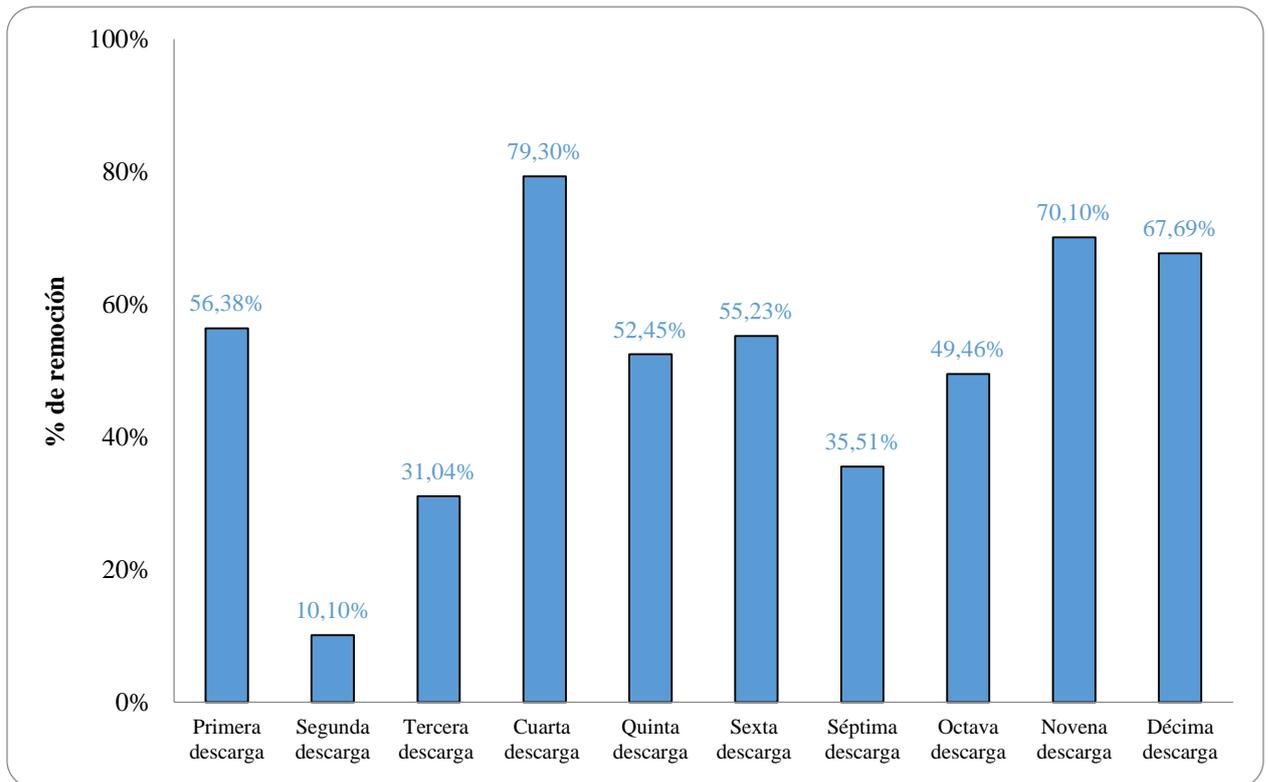


Figura 20. Porcentaje de remoción DQO

3.5.6.3 Sólidos Totales

Una vez tomado la muestra in situ, es enviada al laboratorio en donde se obtuvo los resultados que se detallan en la Figura 21.

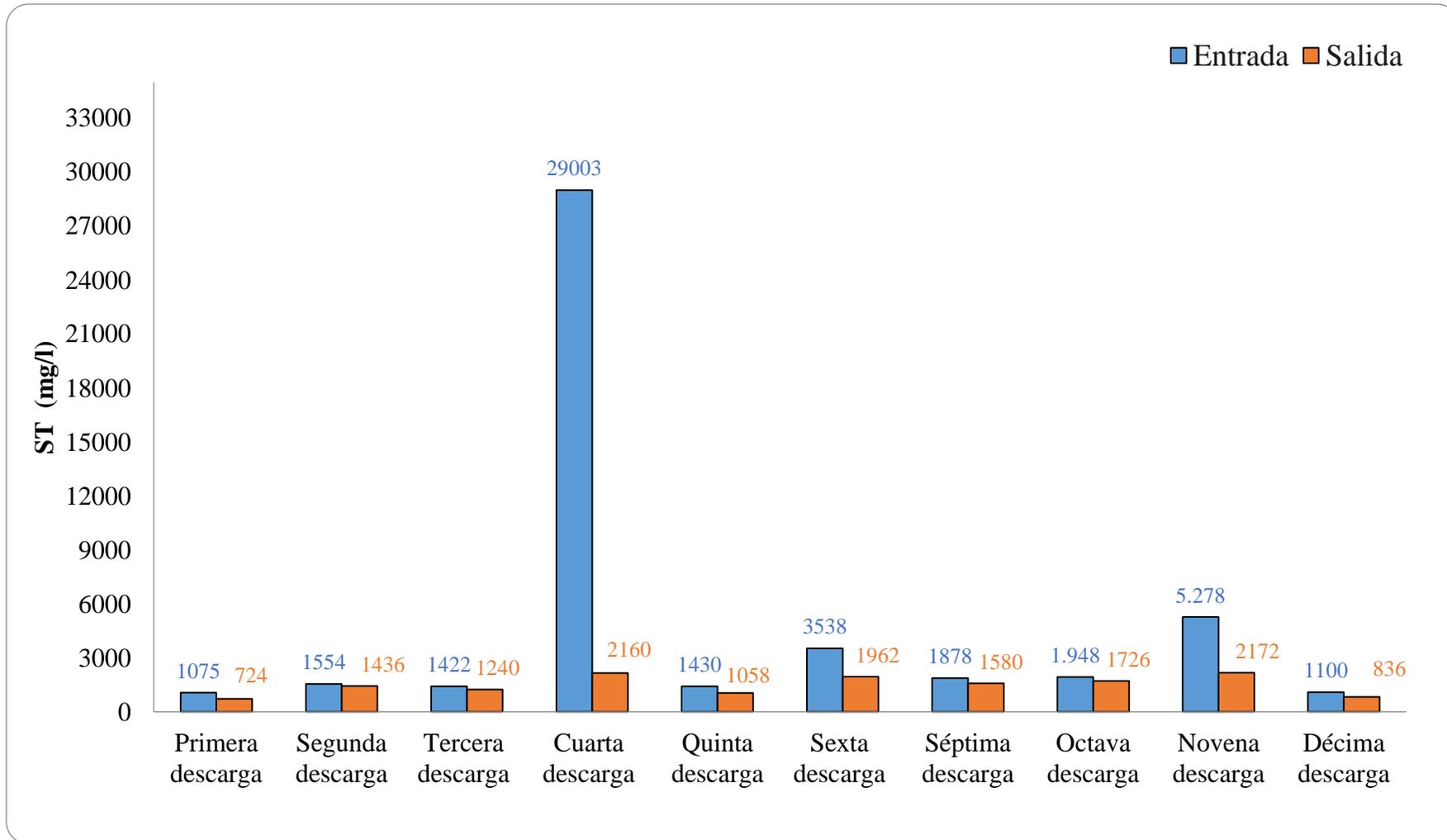


Figura 21. Carga de sólidos totales

Como se puede observar en la Figura 21, seis de diez descargas del humedal, se mantienen en un rango estable de acuerdo a la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, en donde el límite permisible máximo de descarga a un cuerpo de agua dulce es de 1600 mg/l (TULSMA, 2015). Teniendo en cuenta que el humedal artificial vertical es un sistema joven, este llega a tener un 60% de eficiencia, y con un buen manejo del sistema, puede llegar a una eficiencia del 100%, además de que puede ser vertido directamente en un cuerpo receptor.

Los valores de la Figura 21, se utilizaron para calcular la eficiencia de remoción de los sólidos totales. Como se puede apreciar en la Figura 21, la cuarta descarga en el humedal presentó una alta carga de sólidos totales a la entrada del sistema, debido a las características que tuvo dicha alimentación, y que se detalla en la tabla 3 y se presenta de manera visual en el anexo 5.1.4.

Se puede observar el porcentaje de remoción de los ST en la Figura 22

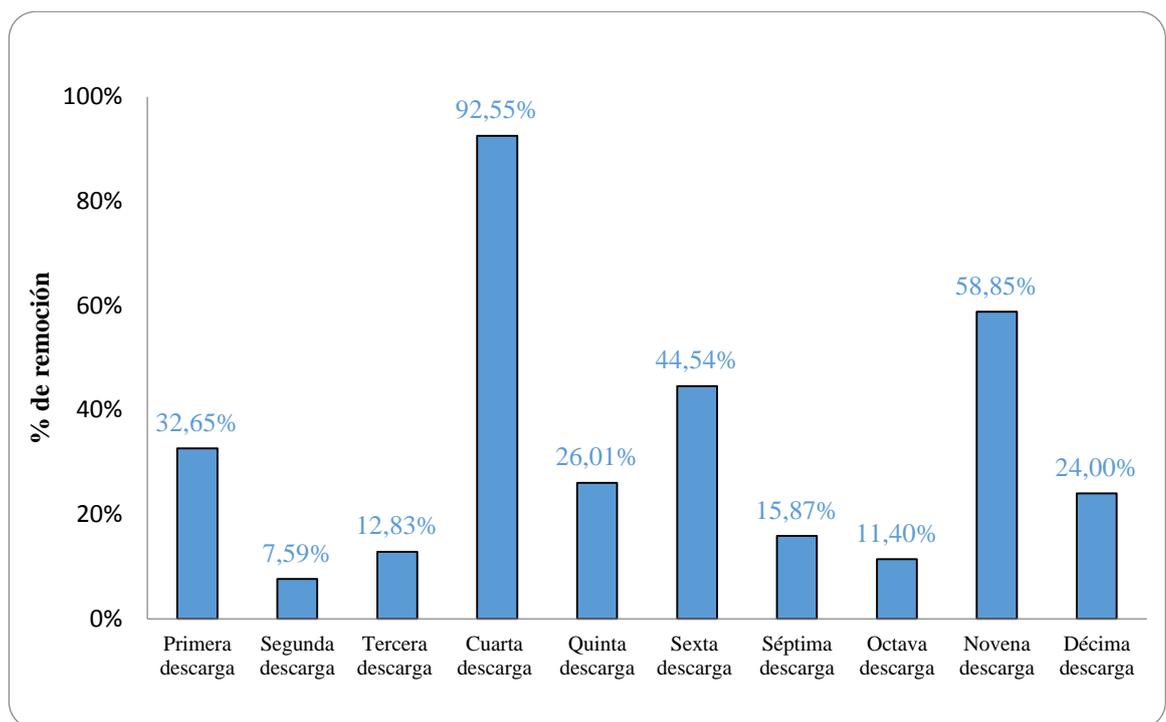


Figura 22. Porcentaje de remoción de ST

Los sólidos totales tienen una alta cantidad de materia orgánica y materia inorgánica y lo que se espera del sistema es de que llegue a eliminar en un 100% estas cantidades, sin embargo, al ser un sistema joven los resultados obtenidos se encuentran entre 7.59-92.55 % de remoción, en donde la mayor eficiencia de

remoción se dio en la cuarta descarga en donde se obtuvo la mayor carga de sólidos totales.

3.5.6.4 Sólidos Volátiles

Los resultados obtenidos se detallan en la Figura 23, y como se puede apreciar, los valores entre el afluente y el efluente son similares, con la excepción de la descarga 4, debido a las características que tuvo y que fueron mencionadas con anterioridad.

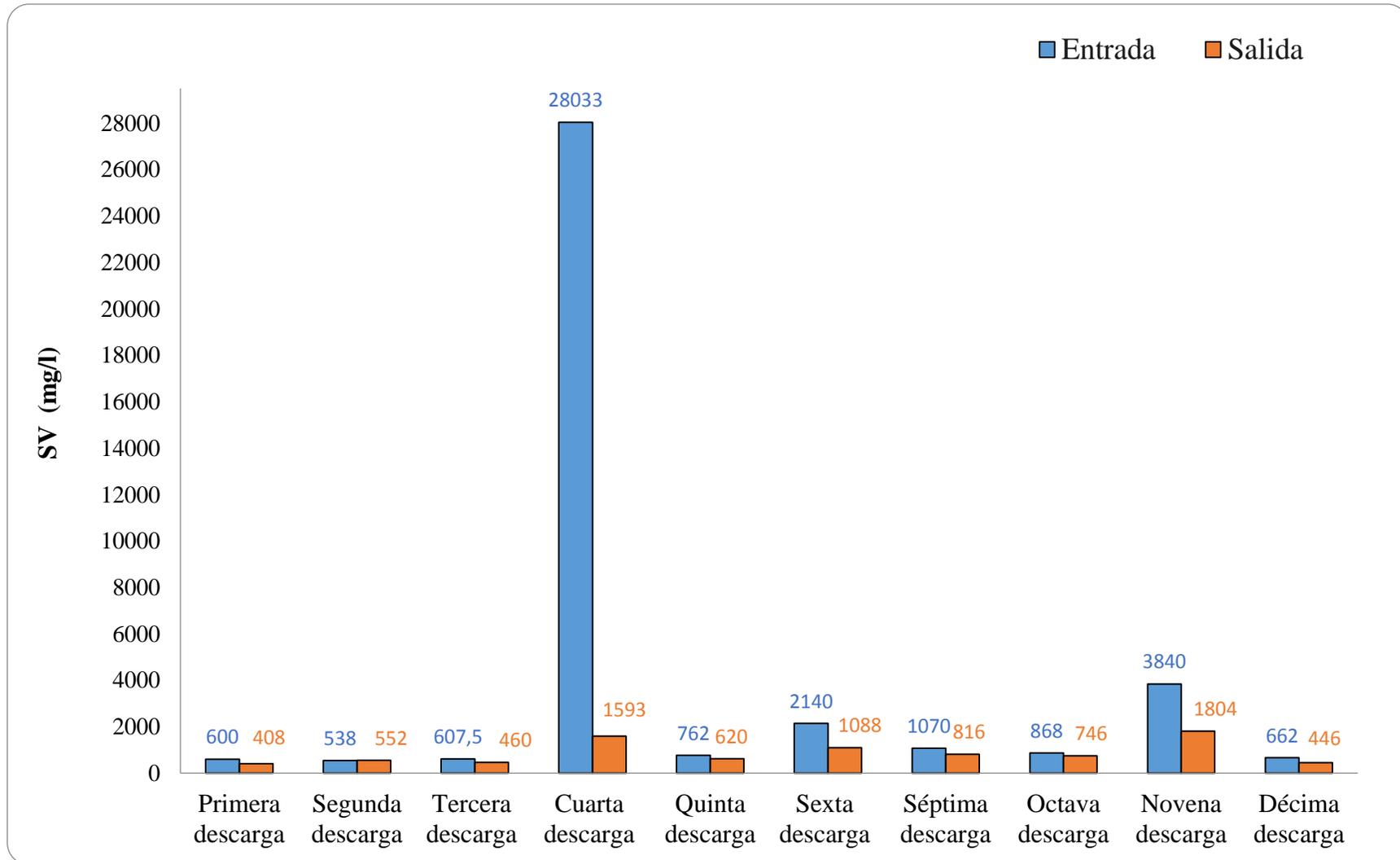


Figura 23. Carga de sólidos Volátiles

El incremento de SV en la descarga cuatro está relacionado con la materia orgánica con la que se alimentó al humedal, sin embargo, al ser un humedal artificial de flujo vertical el contenido de materia se queda en la superficie dando como un resultado de remoción de SV mucho más grande como se muestra en la Figura 24.

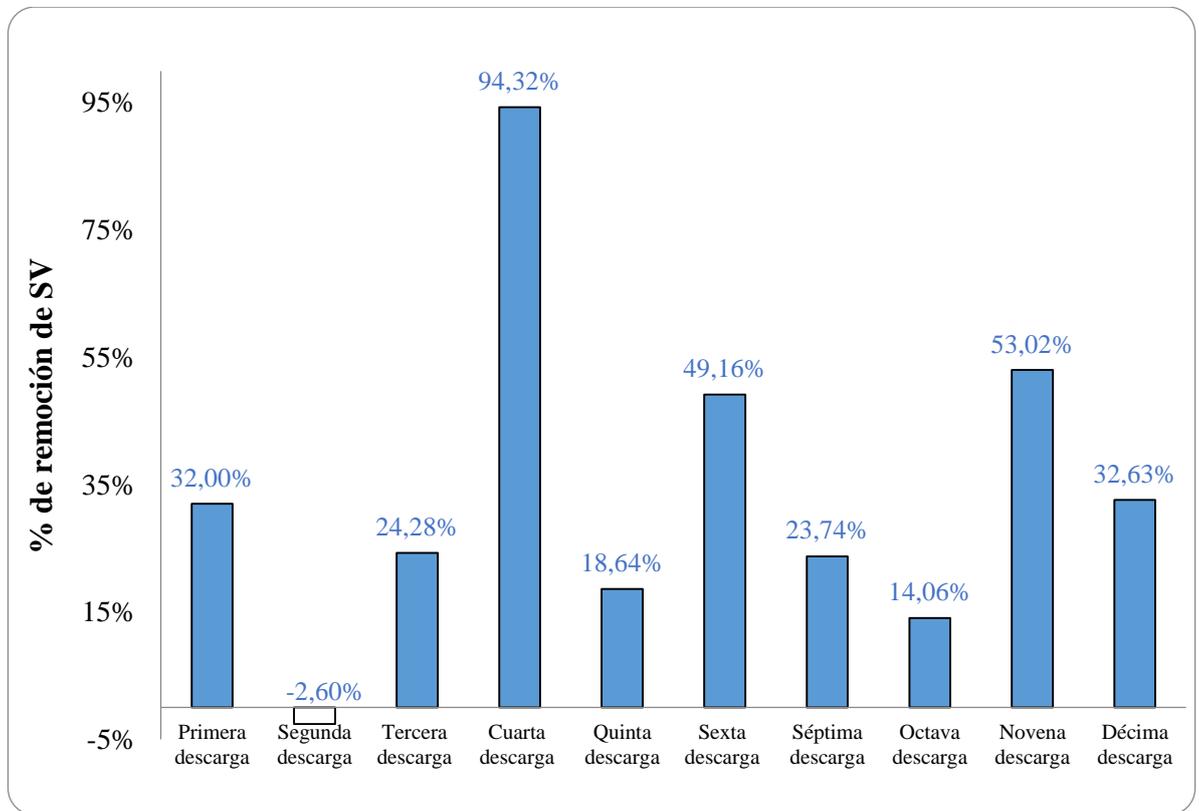


Figura 24. Porcentaje de remoción de SV

El promedio del porcentaje de remoción es de 29.56%, esto sin contar la segunda y cuarta descarga, que se obtuvo un valor negativo y otro un porcentaje de remoción del 94.32%.

Al ser un sistema de prueba y error, en la segunda descarga se obtuvo un porcentaje de remoción negativa ya que el SV de entrada es menor al de salida. Esto pudo ser debido a fallas en los análisis realizados en el laboratorio.

En base al capítulo 1, en donde se menciona que uno de los parámetros principales del sistema es eliminar la cantidad de sólidos totales, el humedal artificial llega a cumplir con las expectativas; al ser un sistema de filtración, este ayuda a la remoción de materia.

3.5.6.5 Sólidos Volátiles en el lodo

Los sólidos volátiles representan la materia orgánica de lodos, y estos son empleados para evaluar la estabilidad que tiene el mismo.

La cantidad de sólidos volátiles que se encuentran en el lodo en la superficie del humedal están en un rango de 130- 562 mg/g y se detallan en la Figura 25.

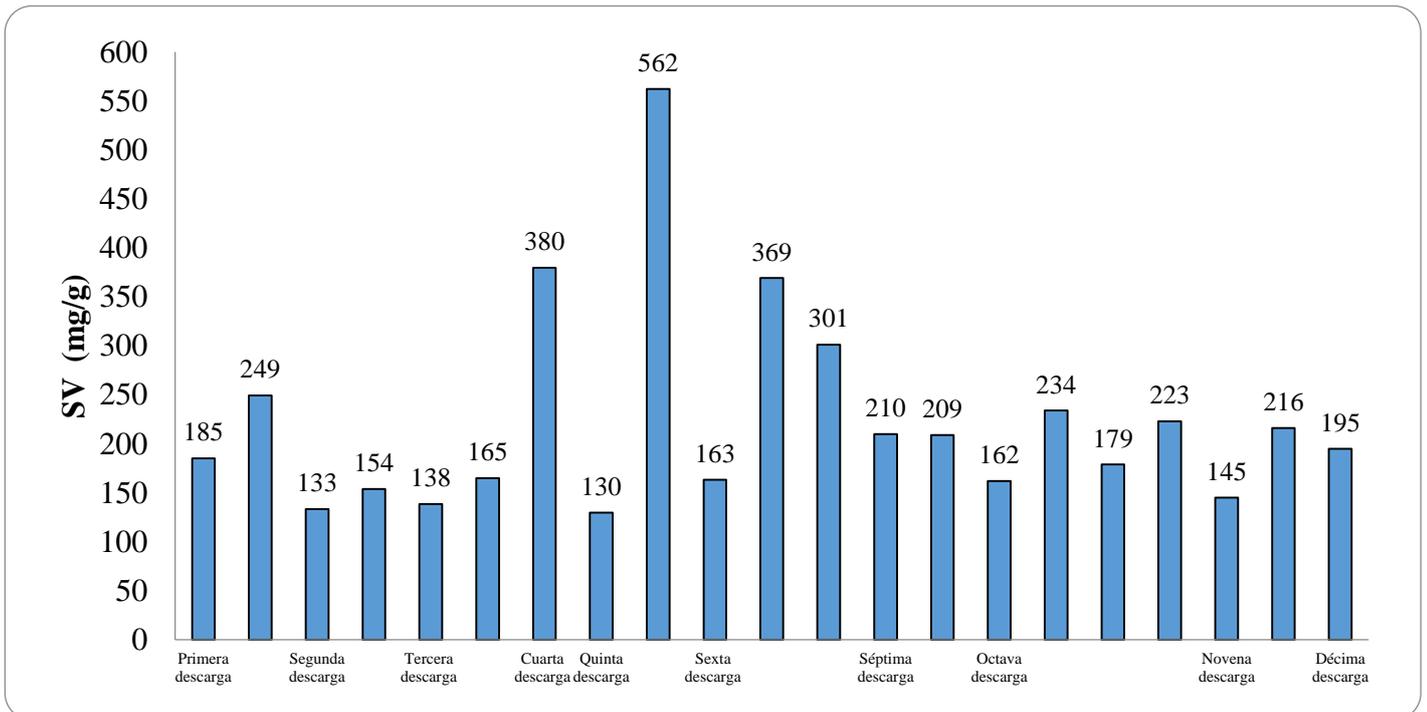


Figura 25. Carga de sólidos volátiles del lodo en el humedal

Lo que se espera del sistema, es que la materia orgánica se vaya mineralizando, y que los resultados de SV vayan disminuyendo, sin embargo, el tiempo de descanso entre descargas es muy pequeño como para que el lodo se mineralice.

El aumento de SV en los resultados se debe a razones relacionadas a la intemperie y plantas, en donde el mismo viento puede llevar vegetación al humedal, además el corte de la vegetación se mantiene en el humedal y esto permite que el sistema no disminuya en ocasiones.

Estos resultados no implican que el sistema no esté funcionando de manera correcta, ya que con el pasar del tiempo las capas inferiores se van a ir mineralizando poco a poco y los resultados van a tender a ser más positivos.

3.5.6.6 Comparación de datos

En base a todos los resultados obtenidos referente a la materia orgánica se tiene que el humedal en términos de DBO5, DQO, ST, SV, alcanzó una eficiencia promedio que se detalla en la tabla 11

Tabla 11 Eficiencia de remoción promedio de la materia orgánica

Parámetro	% Remoción promedio
DBO5	31%
DQO	51%
ST	33%
SV	34%

Según Sete (2016), en su estudio sobre el comportamiento de los humedales construidos de flujo vertical para tratamiento de aguas residuales domésticas y de lodos de fosas sépticas, en la tercera estrategia operativa del trabajo, aplicó lodos provenientes de fosas sépticas en el humedal de tratamiento, obteniendo datos similares a los que se obtuvieron en este estudio, teniendo una media de resultados tanto de entrada como de salida que se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12 Promedio del lodo crudo, filtrado de la unidad de lodos (después de la retención de 7 días)

Parámetro	Afluente	Efluente
DBO5 (mg/l)	906	250
DQO (mg/l)	5200	919
ST (mg/l)	3050	961
SV (mg/l)	1740	389

Fuente (Sete, 2016)

En base a los valores de la Tabla 12 se obtuvo la eficiencia de remoción de dicho estudio y que se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13 Eficiencia de remoción promedio de la materia orgánica del estudio analizado

Parámetro	% Remoción promedio
DBO5	72%
DQO	82%
ST	68%
SV	78%

Fuente (Sete,2016)

A pesar de las similitudes que se tienen entre los valores de entrada y de salida, los porcentajes de remoción son mucho más altos, y esto es debido a que el sistema de tratamiento de dicho estudio es más antiguo. Kenge (2011), y Sonko (2014) expresan que resultados similares a la Tabla 12, se obtuvieron también en Yaundé, Camerún, Dakar, Senegal (Sete,2016). Además, cabe recalcar que existe una gran variabilidad de los lodos debido a las diferentes fuentes.

Como se puede apreciar en la Tabla 11, a pesar de que el humedal piloto es aún un sistema joven, tiene un buen desempeño, Molle et al. (2005) expresa que los humedales de flujo vertical del sistema francés son capaces de remover hasta un 86% en su primera etapa de tratamiento, datos que corroboran el estudio de Sete (2016) que se detalla en la Tabla 13. Considerándolo como un sistema más eficiente que cualquier otro tratamiento convencional primario (Hoffmann, et al. 2011). La principal razón por la cual los valores obtenidos en esta investigación, difieren con los mencionados por Molle et al. (2005) y por los datos obtenidos de la investigación de Sete (2016), es debido a varios factores como: el origen del lodo, la concentración de sólidos totales, la estabilización bioquímica y el tipo de sistema de tratamiento, además que aún no se genera una capa considerable de lodo en el sistema de tratamiento, debido a que el humedal es aún joven, ya que la clave para que estos sistemas tengan los rendimientos de remoción mencionados, es que maduren a lo largo del tiempo, ya que las concentraciones de los contaminantes en el efluente disminuyen cuando los humedales envejecen (Arévalo, et al., 2021)

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Las estrategias operativas realizadas en este estudio, permitieron evaluar el tratamiento de los lodos provenientes de fosas sépticas, lo que ayudó en la planificación del periodo de alimentación y descanso, para obtener el mejor desempeño del humedal de flujo vertical.
- El humedal piloto de flujo vertical del sistema francés modificado, es una opción viable, debido a su bajo costo operativo y de mantenimiento, ya que evita las desventajas de los pretratamientos convencionales tales como: producción de lodos primarios, emisiones de malos olores y biogás. Y, en comparativa con los humedales convencionales de flujo horizontal y vertical, este ya incluye el espacio necesario para el pretratamiento.
- La empresa ETAPA EP, no cuenta con un sistema de tratamiento adecuado para el lodo proveniente de fosas sépticas, debido a que se descargan de manera directa en colectores principales y en la laguna de oxigenación de la PTAR de Ucubamba, generando problemas como la acumulación de lodos. Por lo tanto, el uso de humedales artificiales desde un punto de vista económico y ambiental podría ser una alternativa más confiable para la gestión de lodos de fosas sépticas, debido a las ventajas mencionadas con anterioridad y también a que encajan de manera perfecta en el medio natural.
- En base a los resultados obtenidos en el estudio, se demostró que el humedal es viable para el tratamiento de lodos provenientes de fosas sépticas, debido a que trabajó de manera óptima frente a los parámetros físico-químicos que fueron analizados.

En los parámetros físicos se tiene que:

- ✓ El sistema fue capaz de reducir los niveles de PH de las diferentes alimentaciones realizadas, manteniéndole en el rango permisible de 6.5-8.6 según la literatura analizada.

- ✓ Debido a los procesos aerobios, el humedal de tratamiento permite la oxidación de la materia orgánica y de los procesos de nitrificación.
- ✓ El sistema de tratamiento, debido a que es capaz de producir efluentes con mayor oxigenación, remueve olores sin necesidad de sistemas externos, lo que brinda un beneficio al momento de construirlos cerca de zonas pobladas, ya que no generarían un malestar debido a los fuertes olores que otros sistemas de tratamiento podrían generar.
- ✓ El humedal es capaz de generar una correcta deshidratación de lodos, debido a los porcentajes óptimos de pérdida de humedad que se dieron en el mismo.

En los parámetros químicos se tiene que:

- ✓ Para el DBO5 y el DQO el sistema de tratamiento es capaz de reducir los niveles de carga que ingresaron al sistema y que fueron proveniente de diferentes fosas sépticas del cantón Cuenca. Obteniendo porcentajes de remoción que variaban entre el 26-35.91% y 10.10-79.30% respectivamente.
- ✓ Para los ST y SV analizados tanto en la entrada como en la salida del humedal, se aprecia que el sistema es capaz de disminuir los niveles de carga, obteniendo de esta manera porcentajes de reducción que se encontraron entre el 7.59-92.55% y 14.06-94.32% respectivamente.

Recomendaciones

- Se debe tener una mejor planificación en cuanto a los tiempos de alimentación y volumen de descarga en el humedal, para poder controlar la variabilidad de la carga hidráulica y de la carga de sólidos, y de esta manera, poder mejorar el rendimiento del sistema de tratamiento al tener valores de HLR y SLR constantes.
- Para la alimentación del humedal, se debe controlar y verificar que el contenido del *hidrocleaner*, sea proveniente de fosas sépticas, para que el sistema de

tratamiento pueda trabajar de manera óptima; ya que una de las alimentaciones que se realizó en el humedal, no tenía las características de ser de origen de fosa séptica debido a su alto contenido de grasa.

- Brindar un mantenimiento adecuado a las máquinas que se usaron para los análisis físico-químicos, ya que al no realizarlos se da la carencia de datos en las alimentaciones del humedal.
- Al ser un humedal joven, se debe seguir con el plan de alimentación constante del mismo, para que de esta forma el sistema de tratamiento madure, para obtener mejores resultados y un sistema más eficiente.

Bibliografía

- Alarcón, M., Zurita, F., Lara, J., & Vidal, G. (Mayo de 2018). *Humedales de tratamiento: alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*. Obtenido de Eula: <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2018/06/humedales-de-tratamiento-alternativa-de-saneamiento-de-aguas-residuales-aplicables-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf>
- Arévalo Durazno, M. B., García Zumalacarregui, J. A., Narváez, A., & Alvarado, A. (s.f.). Modified First Stage of French Vertical Flow Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Highlands: Start-Up of the System. Cuenca.
- Begg, J., Lavigne, R., & Veneman, P. (1 de Diciembre de 2001). *Reed beds: Constructed wetlands for municipal wastewater treatment plant sludge dewatering*. Obtenido de Water Science & Technology: <https://iwaponline.com/wst/article/44/11-12/393/7985/Reed-beds-constructed-wetlands-for-municipal>
- Berrezueta, D., & Zumba, T. (2018). *Estudio del impacto ambiental en la calidad del agua del río Cuenca producido por la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba*. Obtenido de dspace.ucuenca.edu.ec: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30325/1/3.Trabajo-de-titulacion.pdf>
- Colón, X. (22 de Octubre de 2013). *¿Qué pasa cuando la fosa se llena?* Obtenido de Inter-American-Delelopment Bank: <https://blogs.iadb.org/agua/es/fosas-septicas/>
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Perez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Obtenido de core.ac.uk: <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
- Eddy, M. &. (1996). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES: tratamiento, vertido y reutilización*. España: Impresos y Revistas, S.a.

- Elena, A. Z. (2013). DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SUSPENDIDOS,. Manabi, Portoviejo, Ecuador.
- Estrada Gallegos, I. Y. (2010). Monografía sobre humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS) para remoción de metales pesado en aguas residuales.
- Etapa EP. (Julio de 2019). *Plan maestro de gestión de biosólidos en plantas de tratamiento de aguas residuales de Cuenca, fase I Prefactibilidad*. Obtenido de Etapa.net: https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Documentos/convocatoria%20lodos%20y%20biosolidos/4_Informe%20Lodos%20ETAPA.pdf?ver=2021-01-14-214624-173
- Gonzales, M. R. (2012). *Subsurface Vertical Flow Constructed Wetland for Tertiary Treatment of Effluent of Subsurface Vertical Flow Constructed Wetland for Tertiary Treatment of Effluent of*. España: Ingenieria investigacion y tecnologia.
- Gonzalez, D. (2015). *Remoción de contaminates en humedales construidos de flujo vertical sembrados con Heliconia Psittacorum y alimentados con diferentes frecuencias*. Obtenido de core.ac.uk: <https://core.ac.uk/download/pdf/71398667.pdf>
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., & von Muench, E. (Febrero de 2011). *Revisión técnica de humedales artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas*. Obtenido de ecotec.unam: <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Revision-T--cnica-de-Humedales-Artificiales.pdf>
- Kadlec, R., & Wallace, S. (10 de Julio de 2008). *Treatment Wetlands*. Obtenido de Taylor&Francis Group: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420012514/treatment-wetlands-robert-kadlec-scott-wallace>
- Lara, L. (2016). *Alternativas a la gestión actual de lodos de fosas sépticas en pequeñas poblaciones rurales: El caso de San Agustín (TERUEL)*. Obtenido de <http://193.147.134.18/bitstream/11000/3033/1/TFM%20Lara%20Martín%2C%20Laura.pdf>
- Latargere, J. (2018). Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento. *sswm*, 5.
- Méndez, N., Gijón, Y., Quintal, F., & Osorio, R. (19 de Octubre de 2007). *Determinación de la tasa de acumulación de lodos en fosas sépticas de la ciudad de Mérida*,

- Yucatán. Obtenido de Redalyc.org:
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46711306.pdf>
- Menendez Gutierrez, C., & Dueñas Moreno, J. (2018). The Biological processes of wastewater treatment from a non-conventional vision. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 20.
- Molle, P., Liénard, A., Boutin, C., Merlin, G., & Iwena, A. (2005). *How to treat raw sewage with constructed wetlands: An overview of the French systems*. Obtenido de Water Science & Technology, 51(9), 11–21:
<https://doi.org/10.1149/05701.0023ecst>
- Oropeza, N. (11 de Noviembre de 2016). *Lodos Residuales: Estabilización y Manejo*. Obtenido de estrucplan: <https://estrucplan.com.ar/lodos-residuales-estabilizacion-y-manejo/>
- Pérez López, J. A., & Espigares Garcia, M. (1995). *Aguas residuales composición*. España: Granada.
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 11.
- Restrepo, D. (2015). REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO VERTICAL SEMBRADOS CON Heliconia Psittacorum Y ALIMENTADOS CON DIFERENTES FRECUENCIAS. Pereira.
- Rojas, J. A. (2004). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: teoría y principios de diseño*. Colombia: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.
- Romero, B. (Junio de 2015). *Estudio y dimensionamiento experimental de humedales artificiales para la mejora de la calidad de aguas de cursos fluviales eutrofizados*. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2712/1/Mateu%20%20Romero%2C%20Cristian%20Borja.pdf>
- Salas, J. (8 de junio de 2018). *Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales: el sistema francés (y II)*. Obtenido de IAGUA:
<https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/tratamiento-aguas-residuales-mediante-humedales-artificiales-sistema-frances-y>

- Sete, E. (2016). *Behaviour evaluation of vertical flow constructed wetlands for treatment of domestic sewage and septic tank sludge*. Belo Horizonte: Federal University of Minas Gerais.
- Sierra, C. A. (11 de Marzo de 2021). *MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS BÁSICOS EN AGUAS*. Obtenido de eumen: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/solidos-agua.html>
- Silva, L. (Noviembre de 2019). *Diseño de sistemas para el tratamiento de lodos mediante tecnologías de bajo coste para la EDAR Vall Dels Alcalans (Valencia)*. Obtenido de riunet: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/134489/Silva%20-%20Dise%C3%B1o%20sistemas%20para%20el%20tratamiento%20de%20lodos%20mediante%20tecnolog%C3%ADas%20de%20bajo%20coste%20para%20la%20E....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Strande, L., Ronteltap, M., & Brdjanovic, D. (15 de Marzo de 2016). *Manejo de Lodos Fecales*. Obtenido de IWA PUBLISHING: <https://www.iwapublishing.com/books/9781780408019/manejo-de-lodos-fecales>
- Torres, A. (2014). Analisis de Aguas Residuales. *Analisis de Aguas Residuales* (pág. 59). Granada: S/N.
- Tsihrintizis, V., & Gikas, G. (1 de Mayo de 2010). *Constructed wetlands for wastewater and activated sludge treatment in north Greece: a review*. Obtenido de Water Science & Technology: <https://iwaponline.com/wst/article/61/10/2653/15827/Constructed-wetlands-for-wastewater-and-activated>
- TULSMA. (2015). Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Anexo 2, Libro VI. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Uggetti, E., Ferrer, I., Molist, J., & García, J. (31 de Diciembre de 2010). *Sludge treatment wetlands: A review on the state of the art*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852409016095?via%3Dihub>
- von Sperling, M., & Andreoli, C. (2007). *Sludge Treatment and Disposal*. Obtenido de library.oapen:

<https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/31050/640145.pdf?sequence>

Vymazal, J. (27 de Agosto de 2010). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*.

Obtenido de MDPI: <https://www.mdpi.com/2073-4441/2/3/530>

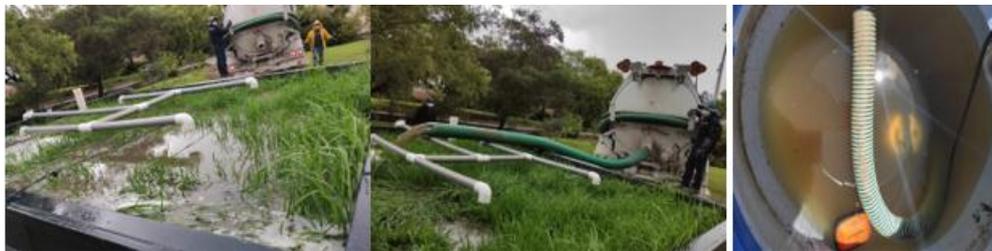
Anexos

5.1. Anexos fotográficos

5.1.1 Descarga 1 del humedal



5.1.2 Descarga 2 del humedal



5.1.3 Descarga 3 del humedal



5.1.4 Descarga 4 del humedal



5.1.5 Descarga 5 del humedal



5.1.6 Descarga 6 del humedal



5.1.7 Descarga 7 del humedal



5.1.8 Descarga 8 del humedal



5.1.9 Descarga 9 del humedal



5.1.10 Descarga 10 del humedal



5.2 Anexo de tablas

5.2.1 Tabla de registro y observaciones

REGISTRO DE OBSERVACIONES Y DESCARGAS		
viernes, 19 de febrero de 2021	Se realizo la primera descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo 3m2 del hidrocleaner Se tomo 5 muestras a la entrada en el lapso de: 0:2,4,6 minutos y la ultima al acabar la descarga en total 7 minutos. Cada muestra fue de 400ml Se tomo 6 muestras a la salida en el lapso de 7 minutos entre cada una, en total 8 muestras hasta que el agua salio por completo. Cada muestra fue de 300ml Quedo 2 cm de lodo y se le hizo una señal, tambien se inundo al momento de la descarga. Las muestras fueron llevadas a laboratorio
sábado, 20 de febrero de 2021	Observacion del humedal dia 1.	Se formo una cama de lodo superficial de unos 2 cm, el lodo estaba disperso de manera casi uniforme, el lodo estaba seco. El agua estaba oscura y presentaba un olor leve.
lunes, 22 de febrero de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	Se tomo una pequeña muestra del lodo del humedal y se lo llevo al laboratorio para realizar el analisis de: humedad
lunes, 22 de febrero de 2021	Observacion del humedal dia 2	Se formo una cama de lodo, estaba casi uniforme, estaba seco debido a las lluvias, el agua presentaba un olor leve
martes, 23 de febrero de 2021	Observacion del humedal dia 3	El lodo formado sobre la capa se encuentra humedo, no presenta ningun olor y por el momento su espesor estimado es de 2 cm, en la vegetacion aun no se aprecia un crecimiento notorio.
jueves, 25 de febrero de 2021	Toma de muestra en laboratorio 2: humedad.	Se formo una cama de lodo superficial de un 1 mm, el lodo estaba disperso de manera casi uniforme, el lodo estaba seco en partes y humedo en otras. El agua estaba oscura y presentaba un olor leve.
jueves, 25 de febrero de 2021	Observacion del humedal dia 4	El lodo que se forma en la capa superficial se encontraba en un mayor porcentaje seco debido a que esos dias no habia llovido, no presentaba olor, y tenia presencia de microorganismos
viernes, 26 de febrero de 2021	Observacion del humedal dia 5	El lodo formado estaba humedo debido a las lluvias recientes, Se presencia una cama de lodo de 1 mm, casi uniforme.No presentaba olor el lodo. El agua estaba sucia con un olor leve..
martes, 2 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 6	El lodo estaba humedo debido a las lluvias recientes, se presencia una cama de lodo 1mm aprox, casi uniforme, no presentaba olor, el agua estaba sucia sin olores.
martes, 2 de marzo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 3: humedad.	Se tomo una pequeña muestra del lodo del humedal y se lo llevo al laboratorio para realizar el analisis de: humedad
miércoles, 3 de marzo de 2021	Se realizo la segunda descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo aproximadamente 5m3 del hidrocleaner Toma de 5 muestras cada 1,5 minutos de 600 ml a la entrada del humedal. A la salida se tomo 5 muestras cada 4 minutos, sin embargo luego se abrio toda la llave para que fluya mas caudal y se le tomo 7 muestras mas pero cada 2 minutos. Las muestras fueron de 300ml La altura del tanque al empezar la descarga fue: 22cm, luego de 10 minutos bajo a 13,5s, despues de 15 minutos desde el inicio fue :8cm, el humedal se vacio despues de 21 minutos desde el inicio de la descarga La mayor parte de la descarga contenia liquido, con un olor intermedio, se tomo las muestras y se llevaron a laboratorio
jueves, 4 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 1.	El humedal se encontraba en su mayor parte mojado, por lo que la muestra bastaba una pequeña cantidad de lodo, no existia mucho olor, el llano debe ser cortado ya que el mismo no permitia de forma correcta la obervacion de lodos
jueves, 4 de marzo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	Se tomo una pequeña muestra de lodo el cual se encontraba saturada de agua debido a las lluvias de la noche sin embargo en otras zonas se encuentran secas
sábado, 6 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 2	El humedal estaba en su mayoría humedo debido a las lluvias, no existe olor, el llano debe ser cortado ya que no se permite correcta oservacion. El lodo tiene una altura de un 1mm aproximadamente, el agua estaba oscura, sucia y con un olor leve.
martes, 9 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 3	El humedal estaba humedo por las lluvias, no existe presencia de malos olores, hay una capa final de lodo que se encuentra mojada. El agua estaba sucia y desprendia un leve olor
martes, 9 de marzo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 2: humedad.	Se tomo una pequeña muestra de lodo el cual se encontraba saturada de agua debido a las lluvias, se tomo una muestra de varios puntos se mezclo y se llevo a laborator
miércoles, 10 de marzo de 2021	Se realizo la tercera descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo aproximadamente 3,5 m3 del hidrocleaner Toma de 4 muestras de 400ml a la entrada en un lapso de 1 minuto, debido a la rapidez de la descarga A la salida se tomo 7 muestras de 300 ml cada 2 minutos Se realizo la toma del PH y el Oxigeno disuelto en campo. ENTRADA: (PH: 8,6, Oxigeno disuelto: 1,44mg/l) SALIDA:(PH:8,1, Oxigeno disuelto:4,08 mg/l) La mayor parte de la descarga contenia liquido, con un olor fuerte, presencia de basura, las muestras se llevaron para analisis en laboratorio.
jueves, 11 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 1.	En ciertas partes del humedal como se observa en las fotografias estan con una capa de lodo y en otras solo se aprecia la grava, se puede apreciar que el llano a crecido mucho y impide la visibilidad en ciertas areas, no tiene ningun olor y el efluente es de color negro claro
jueves, 11 de marzo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	El humedal se encontraba en su mayor parte mojado, por lo que la muestra bastaba una pequeña cantidad de lodo, no existia mucho olor, el llano debe ser cortado ya que el mismo no permitia de forma correcta la obervacion de lodos
sábado, 13 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 2	Estaba podado el humedal, existe una fina capa de lodo que debido al sol se encontraba seca, sin embargo partes del mismo estaban humedadas, presencia de poca basura, no presentaba olor. El agua se encontraba sucia y con un leve olor
miércoles, 17 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 3	se encontraba el humedal húmedo debido a las lluvias, una pequeña capa de lodo, presencia de basura, el agua estaba sucia sin presencia de malos olores
jueves, 18 de marzo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 2: humedad.	La muestra se encontraba ligeramente humeda debido a lluvias anteriores, pero el dia de tomar la muestra hacia sol
jueves, 18 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 4.	El humedal estaba en su mayoría humedo, sin embargo al día soleado algunas zonas estaban poco secas, presencia de una pequeña capa de lodo, presencia de basura, sin olores. El agua estaba de color oscuro con una crecida tomando en cuenta la observacion anterior, sin presencia de
viernes, 19 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 5.	El humedal estaba humedo, algunas partes secas, sin olores, el agua estaba poco oscura, sin presencia de olores
viernes, 19 de marzo de 2021	Se realizo la cuarta descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo aproximadamente 4 m3 del hidrocleaner A la entrada se tomo 5 muestras de 400ml cada minuto, debido a que la descarga del hidrocleaner fue rapida. A la salida se tomo 12 muestras de la siguiente manera: 3 muestras cada 2 minutos y se tuvo q cerrar la llave porque no pasaba el agua del tanque, luego se tomo las siguientes 9 muestras cada 3 minutos (se tomo 300 ml) Se realizo la toma del PH y el Oxigeno disuelto en campo. ENTRADA: (PH: 8,1, Oxigeno disuelto: 0,05mg/l) SALIDA:(PH:7,5, Oxigeno disuelto: 1,65 mg/l) La descarga contenia alto contenido de solidos: pues tenia una gran cantidad de material fecal y grasa ; presencia de basura y de un fuerte olor. Las muestras se llevaron para su respectivo analisis en laboratorio. La descarga demoro en vaciar el humedal 35 minutos.
sábado, 20 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 1.	El humedal esta húmedo, se formó una capa de lodo considerada, además hay una gran cantidad de grasa en varios puntos del humedal(en forma sólida y en otros puntos de forma líquida debido al sol), tiene un olor fuerte, presencia de basura. El agua tenía un color oscuro con puntos de grasa, presentaba un mal olor.
lunes, 22 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 2.	El humedal se encontraba parcialmente seco debido al sol que estuvo presente, en ciertas zonas tenia grandes cantidades de grasa debido a la ultima descarga, estas se encontraban líquidas casi en su totalidad, la misma grasa hacia que el humedal emanara un olor fuerte aceitoso, el agua
lunes, 22 de marzo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	La muestra que fue tomada del humedal se encontraba en cierta porcion seca debido al clima de los ultimos dias, este era soleado.
miércoles, 24 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 3.	El humedal se encontraba humedo, existencia de una capa de lodo formada casi de manera proporcional, presencia de basura, acumulaciones de grasas, además el olor es a grasa. El agua estaba oscura se notaba un poco aceitoso, olor a grasa
viernes, 26 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 4.	El humedal estaba con una capa de lodo que se encontraba seca en varias partes, presencia de un fuerte olor a grasa, existe presencia de basura. El agua se encontraba con grasa, tenia un olor a grasa.
martes, 30 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 5.	El humedal estaba con una pequeña capa de lodo. Estaba seco, presencia de un olor a grasa y de basura. Algunas partes de las plantas del humedal estaba de un color amarillo y secos (se debiera a la descarga del hidrocleaner con mucha grasa). El agua estaba oscura un leve olor, no
martes, 30 de marzo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 2: humedad.	Nada del humedal se encontraba en cierta porcion seca debido al clima de los ultimos dias
martes, 30 de marzo de 2021	Se realizo la quinta descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo 3,5 m3 del hidrocleaner. A la entrada se tomo 6 muestras de 400ml cada minuto, debido a que la descarga del hidrocleaner fue rapida. A la salida se tomo 12 muestras cada 2 minutos (se tomo 300 ml) Se realizo la toma del PH y el Oxigeno disuelto en campo. ENTRADA: (PH: 7,9, Oxigeno disuelto: 0,05mg/l) SALIDA:(PH:7,2, Oxigeno disuelto: 2,57 mg/l) La carga en su mayor parte era líquida, presencia de un olor fuerte pero aceptable. El líquido presentaba un color oscuro. Se lleno el humedal con la descarga 21 cm. (Despues de 5 minutos paso a 16 cm de altura, luego de 10 minutos desde el inicio paso a 9cm de altura y 30 minutos
miércoles, 31 de marzo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	Debido a la descarga del anterior dia la muestra se encontraba bastante humeda
miércoles, 31 de marzo de 2021	Observacion del humedal dia 1.	El humedal se encontraba en su mayor parte humeda, el olor de la grasa a reducido en su porcentaje debido a la descarga anterior que fue lavandola, en partes el llano se encuentra seco debido a la grasa que se encontraba en ciertas partes y el agua esta algo oscura y no presenta ningun
jueves, 1 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 2.	El humedal estaba humedo en la parte central del mismo, en las esquinas se encontraba el lodo seco. Existia la presencia de olor a grasa sin embargo en poco porcentaje, en la parte central del humedal el llano se encuentra seco y las hojas amarillas debido a la alta cantidad de grasa
lunes, 5 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 3.	El humedal se encontraba seco en ciertas zonas debido al clima de ese momento presentaba un ligero olor a grasa, se pudo observar que existen plantas que ya estan creciendo en donde antes era todo seco, el color del agua era negra en la parte de abajo y en la superficie transparente
martes, 6 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 4.	El humedal tenia un leve olor a grasa, en la parte central el llano estaba seco. Presencia de una fina capa de lodo en el humedal que estaba humedo, sin embargo en las esquinas el lodo estaba seco. El agua no presenta ningun olor y tiene un leve color oscuro
miércoles, 7 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 5.	Existencia de un leve olor a grasa, En la parte central la vegetacion estaba seca y de coloracion amarilla. Presencia de una capa de lodo y en los laterales estaba seco el lodo. El agua presentaba un color semiclaro sin presencia de olores.

Carchi-García 62

jueves, 8 de abril de 2021	Se realizo la sexta descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo 4 m3 del hidrocleaner A la entrada se tomo 5 muestras de 400ml cada minuto, debido a que la descarga del hidrocleaner fue rapida. A la salida se tomo 10 muestras de 300 ml hasta que el humedal se vacio por completo. Se realizo la toma del PH y el Oxigeno disuelto en campo. ENTRADA: (PH: 8.2 , Oxigeno disuelto: 0,40 mg/l) SALIDA:(PH:7,6, Oxigeno disuelto: 3,61 mg/l) La carga en su mayor parte era liquida, no se presencio olores. El liquido presentaba un color bien oscuro. Se lleno el humedal con la descarga 20 cm.(Despues de 10 minutos paso a 15 cm de altura, luego de 27 minutos desde el inicio paso a 4 cm de altura y 55 minutos despues de
viernes, 9 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 1.	Debido a la descarga del dia anterior, el humedal se encontraba en su mayor proporcion humedo, la capa que se forma debido a los lodos no es mas de 1 mm en ciertas zonas, presenta un olor leve a grasa, el agua se encontraba de color cafe oscuro y no presenta ningun olor, la vegeta
sábado, 10 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 2.	El clima fue soleado y el lodo en el humedal se encontraba seco, la cappa formada no pasa de 1 mm pues es una capa fina de lodo, presenta un olor a grasa, el agua estaba oscuro presentaba algo de grasa en el mismo, sin olores.
lunes, 12 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 3.	El lodo presente en el humedal se encontraba seco por lo cual se observo que en ciertas parte se trizaba el lodo, tambien presentaba un ligero aroma a grasa no tan fuerte como las anteriores veces, la altura del lodo que se esta formando es de 1mm mas menos va dependiendo la zona
martes, 13 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 4.	El humedal se encontraba ligeramente humedo, presentaba un poco olor a grasa, la capa de lodo formada no sobrepasa el 1 mm salvo ciertas partes en donde se encuentra un grosor formado de grasa, el color del agua era cafe oscuro y no presentaba olor
miércoles, 14 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 5.	El humedal estaba seco, presentaba un leve olor a grasa, existe una pequena capa de lodo que no sobrepasa de 1mm, pero en ciertas zonas es de 2 cm sin embargo esta concentrado la grasa de la descarga cuatro, en la zona donde la vegetacion estaba seca se presenta el inicio de prim
jueves, 15 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 6.	El lodo encontrado en el humedal se encontraba bastante seco el cual era dificil la toma de muestra, el llano se encuentra bastante grand a comparacion de los demas humedales y el color del mismo ses mas oscuro, presenta un ligero olor a grasa, el agua era cafe oscura sin ningun olo
lunes, 19 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 7.	
martes, 20 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 8.	
miércoles, 21 de abril de 2021	Se realizo la septima descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo 3.5 m3 del hidrocleaner A la entrada se tomo 4 muestras de 400ml cada minuto, debido a que la descarga del hidrocleaner fue rapida. A la salida se tomo 7 muestras de 300 ml hasta que el humedal se vacio por completo. Se realizo la toma del PH y el Oxigeno disuelto en campo. ENTRADA: (PH: 8.2 , Oxigeno disuelto: 0,03 mg/l) SALIDA:(PH:8, Oxigeno disuelto: 0,01 mg/l) La carga en su mayor parte era liquida, no se presencio olores. El liquido presentaba un color bien oscuro. Se lleno el humedal con la descarga de manera rapida La descarga demoro 8 minutos debido a que fue rapida. Se tomaron las muestras y se llevaron a laboratorio para su anal
jueves, 22 de abril de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	Se tomo la muestra de humedad un dia despues de la descarga
jueves, 22 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 1.	Una leve presencia de rocío en las plantas, sin olores fuertes , en la zona central donde se habia secado las plantas por la grasa, estaba ya creciendo la vegetacion de nuevo, existe una finacapa de lodo de aprox 1mm , no existe presencia de olores, el agua estaba oscura sin olores tan
viernes, 23 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 2.	El humedal se encontraba con una ligera humedad pese al sol del dia, esto se debe a aque acumula agua en el llano ya quise este se encuentra bastante grande, presenta un ligero olor a grasa en ciertas partes, y el agua del elfuente es de color cafe oscura como se muestra en las fotograf
lunes, 26 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 3.	El humedal estaba ligeramente Humedo, el llano esta bien grande y en la zona donde se habia secado ya esta creciendo de nuevo, no presenta olores. El agua se encontraba oscura con rastros de solidos sin olores.
martes, 27 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 4.	El grosor del lodo no sobre pasa los 2 mm , no se pudo apreciar del todo bien porque el llano se encuentra largo lo que impide la visibilidad, no presenta olores fuertes, solo un breve a grasa, el agua tiene un color cafe y se ve un poco aceitoso.
jueves, 29 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 5.	El llano fue cortado, sin embargo en la zona central donde estaba seca se presencia que ya esta creciendo el llano, existe una fina capa de lodo de unos 2mm, se encontraba poco humedo debido a las lluvias en la zona. El agua estaba de un color café claro. No presentaba olores
jueves, 29 de abril de 2021	Toma de muestra en laboratorio 2: humedad.	Se tomo la muestra de humedad dias despues debido a que el tiempo entre descargas del lodo es mayor. El lodo estaba medio humedo
viernes, 30 de abril de 2021	Observacion del humedal dia 6.	Presencia de rocío debido a los chubascos en el lugar. EL humedal se encontraba humedo, sin presencia de olores. Existe una capa finall de lodo de unos 2mm. En la parte central donde se seco ya esta creciendo la vegetacion de nuevo. El agua estaba café clarizo sin olores
lunes, 3 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 7.	El humedal ya se encontraba cortado y nos permitia una mejor visualizacion, el lodo tenia un textura seca debido al clima de ese dia, el color del agua era cafe oscuro y no presentaba olor, el grosor del lodo no sobrepasa los 2 mm
martes, 4 de mayo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 3: humedad.	Se tomo la muestra de humedad antes de la siguiente descarga
martes, 4 de mayo de 2021	Se realizo la octava descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo 3.5 m3 del hidrocleaner A la entrada se tomo 7 muestras de 400ml cada minuto, debido a que la descarga del hidrocleaner fue rapida. A la salida se tomo 12 muestras de 200 ml hasta que el humedal se vacio por completo. Se realizo la toma del PH y el Oxigeno disuelto en campo. ENTRADA: (PH: 8.20 , Oxigeno disuelto: 0,05 mg/l) SALIDA:(PH:7,7, Oxigeno disuelto: 0,14 mg/l) La carga en su mayor parte era liquida, no se presencio olores fuertes era leve. El liquido presentaba un color bien oscuro, presencia de espuma. Se lleno el humedal con la descarga de manera rapida La descarga demoro 5 minutos con 10 segundos debido a que fue rapida. Se tom
miércoles, 5 de mayo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	Se tomo la muestra un dia despues de la descarga
miércoles, 5 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 1.	El humedal no presentaba olores fuertes, era uno pero bien leve. El humedal la parte exterior estaba seca debido al clima soleado sin embargo el lodo estaba humedo, se presencio que gran parte de la vegetacion estaba seca, la capa de lodo existente es fina de unos 2mm , el agua est
jueves, 6 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 2.	El humedal se encontraba humeda debido al ligeras lloviasnas de dias anteriores, no presente olor y el lodo no sobrepasa aun los 2 mm sin contar ciertas zonas en donde esta un cumulo de grasa, el color del agua es cafe oscura y el humedal tanto como el agua no presentan olor fuertes.
jueves, 6 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 3.	El humedal estaba humedo, la parte de la vegetacion seca. Olor del humedal Leve. El color del agua era cafe clarizo con presencia de espuma
lunes, 10 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 4.	El humedal no presenta un olor fuerte y estuvo ligeramente humedo debido al clima, el llano en ciertas partes se encuentra de color amarillento, el agua presentaba unas ligeras espumas y era de color cafe claro y tampoco presenta un olor fuerte
martes, 11 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 5.	El humedal tenia un olor leve , se encontraba seco en una parte sin embargo en la zona donde seco anteriormente por la grasa la vegetacion esta creciendo. El lodo estaba humedo, el agua presentaba un color cafe oscuro. Exite una fina capa de lodo q no varia de unos 2mm maximo
miércoles, 12 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 6.	El humedal no presentaba olores , el grosor del lodo se mantiene en 2 mm, en ciertas zonas su grosor es mayor debido a la grasa de anteriores descargas tambien se aprecia que el llano en donde se habia muerto ahora ya esta totalmente poblado de nuevo, ademas de que el clima de h
jueves, 13 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 7.	El humedal no presenta olores, el grosor de lodo es de unos 2mm, en ciertas zonas en donde se seco debido a la grasa ya esta con vegetacion y en la otra zona que se estaba secando, ya empieza con nuevos brotes, el agua era de color cafe medio oscuro.
viernes, 14 de mayo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 2: humedad.	El lodo se encontraba humedo en ciertas zonas y no presentaba ningun olor
viernes, 14 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 8.	El humedal no presentaba ningun olor, el llano se encuentra mucho mas poblado y en ciertas zonas se ha ido formando un poco mas de lodo, el agua esta en color cafe oscuro y tampoco presente ningun olor
lunes, 17 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 9.	El humedal presentaba ligera humedad debida al clima de ese dia
miércoles, 19 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 10.	El humedal estaba humedo, se da crecimiento de la vegetacion en las zonas donde estaba seca, sin presencia de olores, una fina capa de lodo de unos 2mm , el color del agua estaba de un color cafe oscurizo
miércoles, 19 de mayo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 3 : humedad	El lodo se encontraba humedo en ciertas zonas y no presentaba ningun olor
viernes, 21 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 11.	El humedal se encontraba seco , no presenta ningun olor y el agua era de color oscuro, el humedal se encuentra alimentado por aguas residuales, entre otras cosas el lodo no sobrepasa los 2 mm
martes, 25 de mayo de 2021	Toma de muestra de laboratorio 4: humedad	La muestra tenia una pequena parte de humedad en su mayor parte tenia raices secas proveniente del llano y tenia presencia de hormigas
martes, 25 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 12.	El humedal estaba humedo debido a las lluvias, se da un crecimiento de la vegetacion ,fues varisa zonas secas ya estan con vegetacion, el lodo tiene un espesor pequeño de no mas de 2mm, olor leve, el agua tenia un color café oscuro
martes, 25 de mayo de 2021	Se realizo la novena descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo 2,8 m3 del hidrocleaner, debido a que solo tenia un trabajo cercano a la planta, y era una fosa septica pequeña A la entrada se tomo 6 muestras de 400ml , debido a que la descarga del hidrocleaner fue rapida. A la salida se tomo 18 muestras cada 3 minutos con un total de volumen de muestra de 2000 ml en base al histograma Se realizo la toma del PH campo. ENTRADA: (Oxigeno disuelto: 0,26 mg/l) SALIDA:Oxigeno disuelto:3,70 mg/l) PH no se tomo pues se daño la sonda. La carga en su mayor parte era liquida, no se presencio olores no fuerte. El liquido presentaba un color bien oscuro. Se lleno el humedal con la descarga de manera rapida La descarga demoro 3 minutos con 40 segundos debido a que fue rapida. Se tomaron las muestras y se lleva
miércoles, 26 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 1.	El humedal se encontraba humedo no tenia ningun olor, lo que se pudo observar es que el llano se encuentra bastante grande, el agua no tenia ningun olor y fue de color cafe oscuro
miércoles, 26 de mayo de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	El lodo se encontraba bastante humedo a pesar que el clima estuvo soleado el lodo se mantenia humedo
jueves, 27 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 2.	El humedal se encontraba humedo sin presencia de olores, el llano estaba grande, se presenta una fina capa de lodo, el agua no presentaba olores y el color era un cafe oscuro
viernes, 28 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 3.	EL humedal no tenia ningun olor se observo que el llano esta bastante grande y el lodo se encontraba humedo, el agua tenia un color cafe oscuro y la capa de lodo que esta formando no sobrepasa los 2 mm
lunes, 31 de mayo de 2021	Observacion del humedal dia 4.	El humedal se encontraba medio humedo, presentaba ningun olor, el lodo formado en la superficie se encuentra cerca de los 3mm, el agua es de color cafe oscura y tmapoco presenta ningun olor
martes, 1 de junio de 2021	Observacion del humedal dia 5.	El humedal estaba humedo, sin presencia de olores, el llano estaba ya grande, el lodo era de un maximo de 2 mm de espesor, m el agua era color cafe claro
miércoles, 2 de junio de 2021	Observacion del humedal dia 6.	El humedal estaba seco sin embargo, debido a a la vegetacion alta, en la capa baja estaba humedo el lodo, no presenta olores, el epsor del lodo es de 2mm, el aguya era de color cafe claro.
viernes, 4 de junio de 2021	Se realizo la decima descarga del hidrocleaner en el humedal	Se descargo 4,2 m3 del hidrocleaner, A la entrada se tomo 5 muestras de 400ml , debido a que la descarga del hidrocleaner fue rapida. A la salida se tomo una muestra cada 3 minutos en base al histograma Se realizo la toma del PH campo. ENTRADA: (Oxigeno disuelto: 0,19 mg/l) SALIDA:Oxigeno disuelto:1,70 mg/l) PH no se tomo pues se daño la sonda. La carga en su mayor parte era liquida, no se presencio olores no fuerte. El liquido presentaba un color bien oscuro. Se lleno el humedal con la descarga de manera rapida La descarga demoro 3 minutos con 25 segundos debido a que fue rapida. Se tomaron las muestras y se lleva
miércoles, 7 de julio de 2021	Observacion del humedal dia 1.	El humedal estaba humedo debido a las lluvias, el llano esta grande, no presentaba olores, existe una fina capa de lodo no es mayor a 2 mm. El agua era de un gris oscuro
lunes, 7 de junio de 2021	Toma de muestra en laboratorio 1: humedad.	El lodo estaba humedo debido a las lluvias de ese dia.
martes, 8 de junio de 2021	Observacion del humedal dia 2.	EL humedal se encuentra bastante humedo, no presenta ningun olor, no se aprecia del todo en cuanto a observaicon del lodo debido al tamaño del yano, el agua no presenta ningun olor y tiene un color cafe
miércoles, 9 de junio de 2021	Observacion del humedal dia 3.	EL lodo no sobrepasa los 2 mm se encuentra humedo y no presenta ningun olor al igual que el agua residual efluente del humedal

5.2.2 Tabla de Olor

DESCARGA	FECHA	DESCRIPCION	TIPO
DESCARGA 1	20/2/2021	Observacion del humedal dia 1.	2
	22/2/2021	Observacion del humedal dia 2	2
	23/2/2021	Observacion del humedal dia 3	1
	25/2/2021	Observacion del humedal dia 4	1
	26/2/2021	Observacion del humedal dia 5	1
	2/3/2021	Observacion del humedal dia 6	1
DESCARGA 2	4/3/2021	Observacion del humedal dia 1.	2
	6/3/2021	Observacion del humedal dia 2	2
	9/3/2021	Observacion del humedal dia 3	1
	11/3/2021	Observacion del humedal dia 1.	1
	13/3/2021	Observacion del humedal dia 2.	1
	17/3/2021	Observacion del humedal dia 3.	1
DESCARGA 3	1/3/2021	Observacion del humedal dia 4.	1
	19/3/2021	Observacion del humedal dia 5.	1
	20/3/2021	Observacion del humedal dia 1.	5
	22/3/2021	Observacion del humedal dia 2.	5
	24/3/2021	Observacion del humedal dia 3.	5
	26/3/2021	Observacion del humedal dia 4.	5
DESCARGA 4	30/3/2021	Observacion del humedal dia 5.	5
	31/3/2021	Observacion del humedal dia 1.	4
	1/4/2021	Observacion del humedal dia 2.	4
	5/4/2021	Observacion del humedal dia 3.	3
	6/4/2021	Observacion del humedal dia 4.	3
	7/4/2021	Observacion del humedal dia 5.	3
DESCARGA 5	9/4/2021	Observacion del humedal dia 1.	3
	10/4/2021	Observacion del humedal dia 2.	3
	12/4/2021	Observacion del humedal dia 3.	3
	13/4/2021	Observacion del humedal dia 4.	2
	14/4/2021	Observacion del humedal dia 5.	2
	15/4/2021	Observacion del humedal dia 6.	2
DESCARGA 6	19/4/2021	Observacion del humedal dia 7.	2
	20/4/2021	Observacion del humedal dia 8.	1
	22/4/2021	Observacion del humedal dia 1.	2
	23/4/2021	Observacion del humedal dia 2.	2
	26/4/2021	Observacion del humedal dia 3.	2
	27/4/2021	Observacion del humedal dia 4.	2
DESCARGA 7	29/4/2021	Observacion del humedal dia 5.	2
	30/4/2021	Observacion del humedal dia 6.	1
	3/5/2021	Observacion del humedal dia 7.	1
	5/5/2021	Observacion del humedal dia 1.	2
	6/5/2021	Observacion del humedal dia 2.	2
	10/5/2021	Observacion del humedal dia 4.	2
DESCARGA 8	11/5/2021	Observacion del humedal dia 5.	2
	12/5/2021	Observacion del humedal dia 6.	1
	13/5/2021	Observacion del humedal dia 7.	1
	14/5/2021	Observacion del humedal dia 8.	1
	17/5/2021	Observacion del humedal dia 9.	1
	19/5/2021	Observacion del humedal dia 10.	1
DESCARGA 9	21/5/2021	Observacion del humedal dia 11.	1
	25/5/2021	Observacion del humedal dia 12.	1
	26/5/2021	Observacion del humedal dia 1.	1
	27/5/2021	Observacion del humedal dia 2.	1
	28/5/2021	Observacion del humedal dia 4.	1
	31/5/2021	Observacion del humedal dia 3.	1
Descarga 10	1/6/2021	Observacion del humedal dia 4.	1
	2/5/2021	Observacion del humedal dia 5.	1
	7/5/2021	Observacion del humedal dia 1.	1
	8/6/2021	Observacion del humedal dia 2.	1
	9/6/2021	Observacion del humedal dia 3.	1
	10/6/2021	Observacion del humedal dia 4.	1
	11/6/2021	Observacion del humedal dia 5.	1

5.2.3 Tabla de PH y OD

Descarga	Fecha	PH		Oxígeno disuelto (mg/l)	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
Tercera descarga	miércoles, 10 de marzo de 2021	8.6	8.1	1.44	4.08
Cuarta descarga	viernes, 19 de marzo de 2021	8.1	7.5	0.05	1.65
Quinta descarga	martes, 30 de marzo de 2021	7.9	7.2	0.05	2.57
Sexta descarga	jueves, 8 de abril de 2021	8.2	7.6	0.4	3.61
Septima descarga	miércoles, 21 de abril de 2021	8.2	8	0.03	0.01
Octava descarga	martes, 4 de mayo de 2021	8.2	7.7	0.05	0.14
novena descarga	martes, 25 de mayo de 2021	SD	SD	0.26	3.7
decima descarga	viernes, 4 de junio de 2021	SD	SD	0.19	1.7

5.2.4 Tabla de humedad

Descarga	Fecha	%Humedad Maquina
Primera descarga	viernes, 19 de febrero de 2021	100%
	lunes, 22 de febrero de 2021	66%
	jueves, 25 de febrero de 2021	63%
	martes, 2 de marzo de 2021	71%
Segunda descarga	miércoles, 10 de marzo de 2021	100%
	jueves, 4 de marzo de 2021	73%
	martes, 9 de marzo de 2021	62%
Tercera descarga	miércoles, 10 de marzo de 2021	100%
	jueves, 11 de marzo de 2021	72%
	jueves, 18 de marzo de 2021	76%
Cuarta descarga	viernes, 19 de marzo de 2021	100%
	lunes, 22 de marzo de 2021	60%
	martes, 30 de marzo de 2021	44%
Quinta descarga	martes, 30 de marzo de 2021	100%
	miércoles, 31 de marzo de 2021	67%
	jueves, 8 de abril de 2021	72%
Sexta descarga	jueves, 8 de abril de 2021	100%
	viernes, 9 de abril de 2021	76%
	jueves, 15 de abril de 2021	32%
	miércoles, 21 de abril de 2021	63%
Septima descarga	miércoles, 21 de abril de 2021	100%
	jueves, 22 de abril de 2021	65%
	jueves, 29 de abril de 2021	62%
	martes, 4 de mayo de 2021	59%
Octava descarga	martes, 4 de mayo de 2021	100%
	miércoles, 5 de mayo de 2021	63%
	jueves, 13 de mayo de 2021	69%
	miércoles, 19 de mayo de 2021	70%
Novena descarga	martes, 25 de mayo de 2021	65%
	martes, 25 de mayo de 2021	100%
	miércoles, 26 de mayo de 2021	76%
Decima descarga	viernes, 4 de junio de 2021	59%
	viernes, 4 de junio de 2021	100%
	lunes, 7 de junio de 2021	63%
	lunes, 14 de junio de 2021	71%

5.2.5 Tabla Carga Hidráulica y Tasa de carga de sólidos

Fecha	Descarga	Volumen (litros)	Tiempo (semana)	Caudal $\frac{1 \times \text{descarga}}{\text{semana}}$	Caudal $\frac{\text{m}^3 \times \text{descarga}}{\text{semana}}$	Carga hidráulica $\frac{\text{m}^3 \times \text{descarga}}{\text{m}^2 \times \text{semana}}$	Sólidos totales (entrada) $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Tasa de carga de sólidos $\frac{\text{kg} \times \text{descarga}}{\text{m}^2 \times \text{semana}}$	Tasa de carga de sólidos $\frac{\text{kg} \times \text{descarga}}{\text{m}^2 \times \text{año}}$
viernes, 19 de febrero de 2021	1	3000	1,00	3000	3,0	0,31	1,08	0,33	17,09
miércoles, 3 de marzo de 2021	2	5000	1,71	2917	2,9	0,30	1,55	0,46	24,03
miércoles, 10 de marzo de 2021	3	3500	1,00	3500	3,5	0,36	1,42	0,51	26,39
viernes, 19 de marzo de 2021	4	4000	1,29	3111	3,1	0,32	29,00	9,20	478,30
martes, 30 de marzo de 2021	5	3500	1,57	2227	2,2	0,23	1,43	0,32	16,88
jueves, 8 de abril de 2021	6	4000	1,14	3500	3,5	0,36	3,54	1,26	65,64
miércoles, 21 de abril de 2021	7	3500	1,86	1885	1,9	0,19	1,88	0,36	18,76
martes, 4 de mayo de 2021	8	3500	1,86	1885	1,9	0,19	1,95	0,37	19,46
martes, 25 de mayo de 2021	9	2800	3,00	933	0,9	0,10	5,28	0,50	26,11
viernes, 4 de junio de 2021	10	4200	1,43	2940	2,9	0,30	1,10	0,33	17,14
Caudal Promedio		2590						media	70,98
Carga hidráulica promedio		0,26	RANGO	0,10	0,36			mediana	21,74

Superficie del humedal

9,81 m²5.2.6 Tabla DBO₅ y DQO

Descarga	Fecha	Tipo	DBO			DQO		
			Entrada	Salida	% Remoción	Entrada	Salida	% Remoción
			(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)	
Primera descarga	viernes, 19 de febrero de 2021	Puntual	259	166	35.91%	573.6	250.2	56.38%
Segunda descarga	miércoles, 3 de marzo de 2021	Puntual	299	221	26.09%	889.2	799.4	10.10%
Tercera descarga	miércoles, 10 de marzo de 2021	Puntual				412.3	284.3	31.04%
Cuarta descarga	viernes, 19 de marzo de 2021	Puntual				6355.6	1315.8	79.30%
Quinta descarga	martes, 30 de marzo de 2021	Puntual				1548.0	736.0	52.45%
Sexta descarga	jueves, 8 de abril de 2021	Puntual				3772.0	1688.8	55.23%
Séptima descarga	miércoles, 21 de abril de 2021	Puntual				1748.0	1127.3	35.51%
Octava descarga	martes, 4 de mayo de 2021	Puntual				2145	1084	49.46%
Novena descarga	martes, 25 de mayo de 2021	Puntual				5512	1648	70.10%
Décima descarga	viernes, 4 de junio de 2021	Puntual				975	315	67.69%

5.2.7 Tabla de Sólidos Totales

Descarga	Fecha	Tipo	ENTRADA				SALIDA				% Remoción
			A	B	C	ST	A	B	C	ST	
			(g)	(g)	(ml)	(mg/l)	(g)	(g)	(ml)	(mg/l)	
Primera descarga	19/2/2021	Puntual	90.73	90.7703	40	1075	94.6121	94.6483	50	724	32.65%
Segunda descarga	3/3/2021	Puntual	73.34	73.4204	50	1554	94.6148	94.6866	50	1436	7.59%
Tercera descarga	10/3/2021	Puntual	87.7367	87.7936	40	1422	94.88	94.9329	40	1240	12.83%
Cuarta descarga	19/3/2021	Puntual	71.08	71.9491	30	29003	105.0141	105.0789	30	2160	92.55%
Quinta descarga	30/3/2021	Puntual	75.06	75.1336	50	1430	73.3443	73.3972	50	1058	26.01%
Sexta descarga	8/4/2021	Puntual	90.73	90.9062	50	3538	82.8971	82.9952	50	1962	44.54%
Séptima descarga	21/4/2021	Puntual	90.7707	90.8646	50	1878	83.30	83.3792	50	1580	15.87%
Octava descarga	4/5/2021	Puntual	69.82	69.92	50.00	1,948	69.98	70.07	50	1726	11.40%
Novena descarga	25/5/2021	Puntual	88.24	88.51	50.00	5,278	94.36	94.47	50	2172	58.85%
Décima descarga	4/6/2021	Puntual	107.457	107.512	50.000	1100	104.035	104.393	50	836	24.00%

5.2.8 Tabla de Sólidos Volátiles

Descarga	Fecha	Tipo	ENTRADA				SALIDA				% Remoción
			A	B	C	SV	A	B	C	SV	
			(g)	(g)	(ml)	(mg/l)	(g)	(g)	(ml)	(mg/l)	
Primera descarga	19/2/2021	Puntual	90.7703	90.7463	40	600	94.6483	94.6279	50	408	32.00%
Segunda descarga	3/3/2021	Puntual	73.4204	73.3935	50	538	94.6866	94.659	50	552	-2.60%
Tercera descarga	10/3/2021	Puntual	87.7936	87.7693	40	607.5	94.9329	94.9145	40	460	24.28%
Cuarta descarga	19/3/2021	Puntual	71.9491	71.1081	30	28033	105.0789	105.0311	30	1593	94.32%
Quinta descarga	30/3/2021	Puntual	75.1336	75.0955	50	762	73.3972	73.3662	50	620	18.64%
Sexta descarga	8/4/2021	Puntual	90.9062	90.7992	50	2140	82.9952	82.9408	50	1088	49.16%
Séptima descarga	21/4/2021	Puntual	90.8646	90.8111	50	1070	83.3792	83.3384	50	816	23.74%
Octava descarga	4/5/2021	Puntual	69.922	69.878	50	868	70.069	70.032	50	746	14.06%
Novena descarga	25/5/2021	Puntual	88.507	88.315	50	3840	94.471	94.381	50	1804	53.02%
Decima descarga	4/6/2021	Puntual	107.512	107.479	50.000	662.000	104.393	104.371	50	446	32.63%

5.2.9 Tabla de Sólidos Volátiles en lodos

Fecha Descarga	Descarga	Fecha toma muestra	ENTRADA			
			A	B	C	SV LODOS
			(g)	(g)	(g)	(mg/g)
19/2/2021	Primera descarga	22/2/2021	84.5252	80.2819	22.9061	185
		26/2/2021	100.6820	95.2380	21.8349	249
3/3/2021	Segunda descarga	4/3/2021	78.2021	74.3928	28.5672	133
		9/3/2021	113.6518	111.0124	17.1683	154
10/3/2021	Tercera descarga	11/3/2021	97.8052	96.3455	10.5468	138
		18/3/2021	102.0543	99.7518	13.9540	165
19/3/2021	Cuarta descarga	30/3/2021	86.8518	84.7770	5.4630	380
30/3/2021	Quinta descarga	31/3/2021	71.6166	71.0109	4.6690	130
		8/4/2021	82.8598	78.5925	7.5878	562
8/4/2021	Sexta descarga	9/4/2021	74.7969	73.9536	5.1645	163
		15/4/2021	73.8031	71.0676	7.4072	369
		21/4/2021	81.2937	78.9620	7.7373	301
21/4/2021	Séptima descarga	22/4/2021	75.535	74.165	6.514	210
		4/5/2021	81.704	79.442	10.827	209
4/5/2021	Octava descarga	5/5/2021	83.546	79.772	23.328	162
		14/5/2021	94.092	92.235	7.948	234
		19/5/2021	110.115	106.275	21.471	179
		25/5/2021	89.754	88.624	5.071	223
25/5/2021	Novena descarga	26/5/2021	113.610	112.703	6.281	145
		4/6/2021	80.009	76.529	16.137	216
4/6/2021	Decima descarga	7/6/2021	79.542	75.546	20.473	195