



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN MEDIO AMBIENTE**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**FILTROS DE ARCILLA Y CASCARILLA DE ARROZ, INCIDENCIA  
EN REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA EN AGUAS  
RESIDUALES DE LA CIUDAD DE PORTOVIEJO**

**AUTOR:**

**ZAMBRANO CEDEÑO IVES SANTIAGO**

**TUTOR:**

**Ing. AGUSTÍN LEIVA PÉREZ, Ph.D.**

**CALCETA, ABRIL 2019**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

ZAMBRANO CEDEÑO IVES SANTIAGO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

---

**ZAMBRANO CEDEÑO IVES SANTIAGO**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. AGUSTÍN LEIVA PEREZ, PhD**, certifica haber tutelado el proyecto **FILTROS DE ARCILLA Y CASCARILLA DE ARROZ, INCIDENCIA EN REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE PORTOVIEJO**, que ha sido desarrollado por **ZAMBRANO CEDEÑO IVES SANTIAGO**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**Ing. AGUSTÍN LEIVA PEREZ, PhD.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **FILTROS DE ARCILLA Y CASCARILLA DE ARROZ, INCIDENCIA EN REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE PORTOVIEJO**, que ha sido propuesto, desarrollado por **ZAMBRANO CEDEÑO IVES SANTIAGO**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

Ing. VERÓNICA VERA VILLAMIL, Mg  
**MIEMBRO**

---

Ing. JONATHAN CHICAIZA INTRIAGO, Mg.  
**MIEMBRO**

---

Blga. MARIA FERNANDA PINCAY CANTOS, Mg.  
**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día; a mi familia y demás personas que indirecta o directamente contribuyeron en la realización de este proyecto de titulación.

---

**ZAMBRANO CEDEÑO IVES SANTIAGO**

## DEDICATORIA

A mis padres Ives Zambrano y Brenda Cedeño, que con su apoyo incondicional me han sabido educar y demostrarme que con perseverancia y dedicación todo es posible; A mi hermano Guillermo Zambrano por siempre apoyarme cuando lo necesito y por siempre estar ahí en los momentos difíciles.

---

**ZAMBRANO CEDEÑO IVES SANTIAGO**

## Contenido

DERECHOS DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....	ix
RESUMEN .....	x
PALABRAS CLAVE.....	x
ABSTRACT .....	xi
KEY WORDS .....	xi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	1
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. FILTROS DE CASCARILLA DE ARROZ.....	4
2.1.1. FILTROS DE ARCILLA.....	4
2.1.2. FILTROS DE ARENA.....	4
2.1.3. FILTROS BIOLÓGICOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS .....	5
2.1.4. DISEÑO DE FILTROS DESCENDENTES .....	6
2.1.5. FILTRACIÓN LENTA CON ARENA.....	7
2.1.6. TIEMPO DE FILTRACIÓN PARA REDUCIR AGENTES PATÓGENOS EN EL AGUA.....	7
2.1.8. AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO.....	8
2.1.9. AGUAS RESIDUALES EN EL ECUADOR .....	8
2.1.10. AGUAS RESIDUALES URBANAS.....	8
2.1.10. TRATAMIENTOS PRIMARIOS PARA AGUA RESIDUAL.....	9
2.1.11. TRATAMIENTOS SECUNDARIOS PARA AGUAS RESIDUALES .....	9
2.1.12. TRATAMIENTOS TERCIARIOS PARA AGUAS RESIDUALES...	9
2.1.13. TRATAMIENTOS CON FILTROS PARA AGUAS RESIDUALES .....	10
2.2. CARGA ORGÁNICA .....	10
2.2.1. CARGA ORGÁNICA EN LAS AGUAS RESIDUALES .....	11

2.2.2	REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES	11
2.2.3	FILTROS Y SU EFECTO EN LA CARGA ORGÁNICA.....	12
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....		13
3.1.	UBICACIÓN.....	13
3.2.	DURACIÓN.....	13
3.3.	MÉTODOS, TÉCNICAS.....	13
3.3.1.	MÉTODOS.....	13
3.3.2.	TÉCNICAS.....	14
3.4.	FACTOR DE ESTUDIO.....	14
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	14
3.6.	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	15
3.7.	VARIABLES A MEDIR. ....	15
3.7.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	15
3.7.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	15
3.8.	MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	15
	Actividad 1. Diseño de los filtros empacados con el medio filtrante.....	15
3.9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	16
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		18
4.1	Objetivo 1.- Implementar filtros empacados con arcilla y cascarilla de arroz que favorezcan la reducción de carga orgánica. ....	18
4.2	Objetivo 2.- Constatar estadísticamente el tratamiento más eficiente para la reducción de carga orgánica.....	19
4.2.1	Resultados de la primera semana .....	20
4.2.2	Resultados de la segunda semana.....	22
4.2.3	Resultados de la tercera semana .....	23
4.3.	Diferencias estadísticas en los tratamientos planteados .....	25
4.3.1.	Primera semana .....	25
4.3.2	Segunda semana.....	26
4.3.3	Tercera semana.....	27
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		30
BIBLIOGRAFÍA .....		31
.....		36
ANEXOS .....		36
ANEXO 1. Materiales para la construcción del equipo de tratamiento.....		37

## CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro 1.</b> Resultados del filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante.....	5
<b>Cuadro 2.</b> Resultados de filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (filtros lentos de arena) con agua superficial. ....	6
<b>Cuadro 3.</b> Tabla de diseño para filtros.....	6
<b>Cuadro 4.</b> Descripción del experimento .....	14
<b>Cuadro 5.</b> Diseño experimental .....	15
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza .....	17
<b>Cuadro 7.</b> Resultados obtenidos de la muestra de la laguna de oxidación de Portoviejo. ....	19
<b>Cuadro 8.</b> Promedio de los resultados de los diferentes tratamientos realizados para la primera semana.....	19
<b>Cuadro 9.</b> Promedio de los resultados de los diferentes tratamientos realizados para la segunda semana.....	19
<b>Cuadro 10.</b> Promedio de los resultados de los diferentes tratamientos realizados para la tercera semana.....	20
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza de DBO <sub>5</sub> de la primera semana. ....	25
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de varianza de DQO de la primera semana. ....	25
<b>Cuadro 13.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey para el pH de la primera semana.....	26
<b>Cuadro 14.</b> Análisis de varianza para DBO <sub>5</sub> de la segunda semana. ....	26
<b>Cuadro 15.</b> Análisis de varianza de DQO de la segunda semana. ....	26
<b>Cuadro 16.</b> Análisis de varianza y prueba de Tukey del pH de la segunda semana. ....	27
<b>Cuadro 17.</b> Análisis de varianza de DBO <sub>5</sub> de la tercera semana. ....	27
<b>Cuadro 18.</b> Análisis de varianza para DQO de la tercera semana.....	27
<b>Cuadro 19.</b> Análisis de varianza del pH de la tercera semana.....	28
<b>Anexo 1.1.</b> Filtros de PVC.....	37
<b>Anexo 1.2.</b> Base para el tanque reservorio .....	37
<b>Anexo 1.3.</b> Arcilla bentonita.....	37
<b>Anexo 1.4.</b> Cascarilla y tanque reservorio.....	37
<b>Anexo 2.1.</b> Visita a la laguna de oxidación.....	38
<b>Anexo 2.2.</b> Recolección del agua a tratar.....	38
<b>Anexo 2.3.</b> Laguna de oxidación de Portoviejo.....	38
<b>Anexo 3.1.</b> Equipo de tratamiento para agua residual.....	39
<b>Anexo 4.1.</b> Uso de la tabla para usar la cantidad correcta de material.....	39
<b>Anexo 4.2.</b> Llenado del tanque reservorio.....	40
<b>Anexo 4.3.</b> Toma de muestra de los filtros.....	40
<b>Anexo 4.4.</b> Muestras empaquetadas en hielera para el.....	40
<b>Anexo 4.5.</b> Muestras en el laboratorio.....	41
<b>Anexo 5.1.</b> Resultados de laboratorio muestra de la laguna (análisis deblanco).....	41
<b>Anexo 5.2.</b> Resultados de cada una de las muestras de laboratorio expresados en mg/dm <sup>3</sup> , con excepción del pH.....	42

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar la incidencia de medios filtrantes de arcilla y cascarilla de arroz con una base de grava y arena de sílice, en la remoción de carga orgánica del efluente de la laguna de oxidación de la ciudad de Portoviejo. El experimento se llevó a cabo, bajo un diseño experimental completamente al azar, unifactorial, donde se planteó un total de seis tratamientos con tres repeticiones cada uno, generando así 18 filtros. Se realizó una toma de muestra para cada filtro una vez por semana durante tres semanas, posteriormente fueron llevadas a laboratorio donde se les realizaron análisis de DBO<sub>5</sub>, DQO y pH. Para el agua del tanque reservorio se realizaron análisis de los mismos parámetros para comparar los resultados y determinar la eficiencia de los filtros; donde se obtuvo un valor de 843 mg/dm<sup>3</sup> de DBO<sub>5</sub>. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios puesto que el tratamiento A2B2 de la segunda semana el cual estaba empacado de cascarilla de arroz, llegó a una DBO<sub>5</sub> de 424 mg/dm<sup>3</sup>, obteniendo una reducción del 50.29 %. Estos resultados no lograron estar debajo del límite permisible para descargas a agua de alcantarillado, lo cual no permitiría el uso de estos filtros como un pretratamiento para el agua residual, debido a que el resultado obtenido no estuvo por debajo de los 250 mg/dm<sup>3</sup>, estipulado por el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (2014).

## PALABRAS CLAVE

Filtros, carga orgánica, reducir.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work was to evaluate the incidence of filtering media of clay and rice husk with a gravel base and silica sand, in the removal of organic load from the effluent of the oxidation lagoon of the city of Portoviejo. The experiment was carried out under a completely randomized, unifactorial experimental design, where a total of six treatments were proposed with three repetitions each, generating 18 filters. A sample was taken for each filter once a week for three weeks, then they were taken to the laboratory where they were analyzed for BOD<sub>5</sub>, COD and pH. For the water in the reservoir tank, analysis of the same parameters was carried out to compare the results and determine the efficiency of the filters; where a value of 843 mg / dm<sup>3</sup> of BOD<sub>5</sub> was obtained. The results obtained were satisfactory since the A2B2 treatment of the second week which was packed with rice husk, reached a BOD<sub>5</sub> of 424 mg / dm<sup>3</sup>, obtaining a reduction of 50.29%. These results did not reach below the permissible limit for discharges to sewer water, which would not allow the use of these filters as a pretreatment for wastewater, because the result obtained was not below 250 mg / dm<sup>3</sup>, stipulated by the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (2014).

## **KEY WORDS**

Filters, organic load, reduction

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

El manejo y el tratamiento de aguas residuales domésticas son problemas críticos en las áreas urbanas de América Latina. Estos desechos líquidos son altamente contaminantes ya que pueden arrastrar todo tipo de sustancias nocivas y contaminar suelos, aguas superficiales y subterráneas, y afectar la salud pública, si no son gestionados adecuadamente (Olivero, 2010).

La utilización de varias tecnologías para el control de las aguas residuales ha ido creciendo exponencialmente a medida que los estándares de calidad del agua han ido en aumento y es por esto que los tratamientos no convencionales subieron en cuanto a la cantidad de personas que los utilizan, ya sean tratamientos a base de filtración o desinfección (Quesada, 2009).

Es por eso que el uso de filtros con componentes orgánicos ha ido aumentando, demostrando su eficiencia de uso para remover diferentes aspectos negativos del agua como carga orgánica, pH, entre otros; por el uso de componentes orgánicos, permiten un tratamiento sin mayor inversión, pero con óptimos resultados.

En base a lo antes expuesto se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo incide el uso de filtros con medio filtrante de arcilla y cascarilla de arroz en la remoción de carga orgánica en aguas residuales de la ciudad de Portoviejo?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El uso adecuado de tratamientos convencionales como el uso de filtros para la disminución de contaminantes en el agua es una de las estrategias que se están tomando a nivel mundial, sean estos de origen natural o antrópico y dicha técnica posee una óptima realización ya que presenta una alta factibilidad por su bajo costo y efectividad en el proceso (Vidal, 2010).

De acuerdo con Ludeña (2010) el uso de filtros empacados con material de origen natural presenta una ventaja en la disminución de contaminantes en el agua, debido al bajo costo de producción a diferencia de los filtros industriales

que son de alto costo y de alto nivel de mantenimiento. Los filtros convencionales así mismo presentan gran versatilidad al momento de elegir un material filtrante ya que existen un gran número de materiales que trabajan de manera óptima para reducir la carga orgánica en el agua.

Al reducir la cantidad de carga orgánica presente en el agua se logrará una mejor calidad en la misma, es por esto que el uso de filtros toma gran importancia al momento de tratar el agua contaminada, de manera económica y eficiente.

### **1.3. OBJETIVOS.**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar la incidencia de los filtros con medio filtrante de arcilla y cascarilla de arroz en la remoción de carga orgánica del efluente de la laguna de oxidación de la ciudad de Portoviejo.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Implementar filtros empacados con arcilla y cascarilla de arroz que favorezcan la reducción de carga orgánica.
- Constatar estadísticamente el tratamiento más eficiente para la reducción de carga orgánica.

### **1.4. HIPÓTESIS.**

El uso de filtros a base de arcilla y cascarilla de arroz reducen más del 55% de la carga orgánica del efluente de la laguna de oxidación de la ciudad de Portoviejo.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. FILTROS DE CASCARILLA DE ARROZ**

Sánchez (2015) menciona que la cáscara o cascarilla de arroz representa aproximadamente una quinta parte en peso del fruto recolectado, variando esta cantidad en función de las condiciones de cultivo y la variedad del arroz.

Prada (2010) determina que la composición orgánica de la cáscara de arroz es similar a la de la mayoría de las fibras orgánicas, conteniendo celulosa, compuestos nitrogenados, lípidos y ácidos orgánicos. Castro (2014) establece que las propiedades físicas de este material lo hacen interesante desde el punto de vista ingenieril para poder ser usados como un material filtrante, además su baja densidad, abundancia y precio reducido, lo hacen viable desde el punto de vista económico para una construcción de filtros de bajo costo, donde puede ser tratada agua cruda o potable.

#### **2.1.1. FILTROS DE ARCILLA**

Son un recurso técnico mediante el cual el agua puede ser clarificada, purificada o descontaminada, gracias a la arcilla, a fin de hacerla apta para el consumo humano o animal. En general el filtro de arcilla consiste en un mecanismo o instrumento capaz de hacer pasar el líquido a través de sus diminutos orificios o poros, capaces de retener o no dejar pasar partículas e impurezas extrañas, tanto ellas sean tóxicas como no tóxicas. Actualmente el filtro de arcilla está siendo usado como una alternativa en poblaciones de países como Camboya, Argentina, Honduras y Guatemala, en lugares donde no tienen acceso al agua potable (Peña , 2013).

#### **2.1.2. FILTROS DE ARENA**

Cárdenas (2014) establece que el filtro arena es una adaptación tradicional que permite construirlo a pequeña escala y puede ser operado de manera intermitente. Estas modificaciones hacen que el filtro sea una buena opción para uso a nivel domiciliario o para pequeños grupos. Puede ser producido localmente en cualquier sitio del mundo porque se construye con materiales fáciles de conseguir. Palacios (2013) menciona que el filtro de arena debe ser usado como parte de un método de barreras múltiples, lo cual es la mejor manera de reducir el riesgo de salud que viene de tomar agua no segura.

### 2.1.3 FILTROS BIOLÓGICOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS

Un filtro cerámico para la purificación de agua se puede fabricar con base en una mezcla de distintos tipos de medios filtrantes; así como retiene sustancias como metales pesados y materia orgánica; tiene como particularidad su uso práctico y alta garantía del proceso, además este cuenta con una inyección de microorganismo eficientes en cada uno de los filtros. De acuerdo con Tinoco (2010) el resultado del uso de estos filtros es bastante efectivo y permite una alta remoción de diferentes compuestos que permiten un tratamiento efectivo del agua, ya sea para uso doméstico o industrial.

**Cuadro 1.** Resultados del filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante.

DETERMINACIÓN	AGUA REFERENCIA	F1E2T 1	F1E3T 1	F2E1T 1	F4E3T 1	F4E2T 2
Plomo (mg/l)	0,117	0,052	0,083	0,024	0,013	0,013
Arsénico (mg/l)	0,008	0,024	0,041	0,01	0,006	0,005
Color	118	1,3	0,42	1,21	2,14	1,73
Turbiedad NTU	44,7	13,3	14,7	15,1	20,1	12,4
DQO (mg/l)	86	66	80	50	86	58
<i>E. coli</i> UFC/100ml	0,000390	25	0	0	14	0
Coliformes totales UFC/100ml	0,000780	0,0005 20	0	40	70	0
Sulfato (mg/l)	98	67	77	67	49	45
Nitrato (mg/l)	9,14	8,9	9,2	9,5	9,6	8,45
Nitritos (mg/l)	0,58	0,47	0,101	0,137	0,4	0,45
Sólidos totales (mg/l)	1702	307	329	304	188	135
Hierro total (mg/l)	0,49	0,13	0,13	0,23	0,46	0,27
Dureza total (mg/l)	300	206	263	157	63	181
Mercurio (mg/l)	0,006	0,006	0	0,009	0	0
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	0,51	0,18	0,3	0,24	0,32	0,22

Fuente: (Tinoco, 2010).

Al momento de utilizar un filtro con arena de acción lenta en el agua se podrá notar como esta aumenta su calidad, el uso de filtros de acción lenta en arena es diferente de un lugar a otro puesto que el proceso depende de varios factores, como lo son la calidad del agua cruda, el tamaño de los granos de arena, la velocidad de filtración, la temperatura y el contenido de oxígeno del agua.

Los resultados obtenidos por los filtros de arena son de alta notoriedad, pero al seleccionar el tamaño de los granos de arena se debe tener en cuenta que es un factor crucial en el rendimiento del filtro, la selección de un tamaño efectivo

de grano fino mejorara el rendimiento del proceso, aunque aumentara la pérdida inicial de la carga hidrostática, es así como estos filtros permiten una remoción activa de diferentes parámetros como son DBO<sub>5</sub> y turbiedad en el agua (Blacio, 2011).

**Cuadro 2.** Resultados de filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (filtros lentos de arena) con agua superficial.

Fecha	DBO <sub>5</sub>			Turbiedad NTU		
	Entrada	Salida	% de remoción	Entrada	Salida	% de remoción
31/3/2010	1,1	1	9,091	7,88	6,65	15,6091
5/7/2010	1,1	1,1	0	8,75	7,75	11,4285
22/9/2010	2,2	2,2	0	4,85	4,65	4,124
8/12/2010	0,2	0,1	50	6,39	5,45	14,71

Fuente: (Blacio, 2011).

#### 2.1.4. DISEÑO DE FILTROS DESCENDENTES

Este tipo de filtros son los más comúnmente utilizados en las plantas de tratamiento de agua de sistemas públicos y de abastecimiento. La filtración consiste en circular agua cruda a través de algún medio filtrante ya sea este de características inorgánicas u orgánicas. El principio consiste en formar el filtro con diferentes componentes que normalmente inician con una capa biológica, desarrollándose procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples (Palacios, 2011).

A continuación, se mostrará una tabla con especificaciones para el diseño de filtros de distintos tamaños:

**Cuadro 3.** Tabla de diseño para filtros.

Descripción	Unidades	Diámetro (m)				
		0,3	0,35	0,4	0,5	0,6
Área filtración	m <sup>2</sup>	0,071	0,096	0,1256	0,0196	0,28
Caudal filtración real	dm <sup>3</sup> /h	14	19	25	39	56
Caudal filtración nominal	dm <sup>3</sup> /h	15	20	25	40	60
Coronamiento (borde de seguridad)	M	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Altura para recibir 20 dm <sup>3</sup>	M	0,28	0,2	0,16	0,1	0,07
Tirante fijo	m	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Arena fina	m	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Arena gruesa	m	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Gravilla ¼ a ½ "	m	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Total altura recipiente	m	0,93	0,85	0,81	0,75	0,72

Fuente: (Palacios, 2011).

### **2.1.5. FILTRACIÓN LENTA CON ARENA**

De acuerdo con Suárez (2011) la filtración lenta con arena es un proceso simple y confiable. Son filtros bastante económicos de construir, el proceso consiste en filtrar el agua no tratada lentamente a través de una cama de arena; que puede ser puesta en manera de capas para los filtros circulares; el agua entra por la superficie del filtro y este lo drena al fondo de manera lenta.

La construcción del filtro consiste en un tanque, con arena fina, una capa de grava que soporta la arena, un sistema de sub-drenajes para recoger el agua filtrada y un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración (Rodríguez, 2014).

### **2.1.6. TIEMPO DE FILTRACIÓN PARA REDUCIR AGENTES PATÓGENOS EN EL AGUA**

Perez (2006) establece que para los filtros descendentes el tiempo de funcionamiento no debe ser menor a 15 días de contacto del material filtrante con el agua. Escobar (2010) menciona que el tiempo de filtración influye en la eficiencia de remoción para las diferentes agentes patógenos que se encuentren en el agua ya que la eficacia de remoción se amplía con el aumento de concentración de los filtros. Es por eso que, a mayor tiempo de funcionamiento de un equipo de filtración, mejor será el resultado final de remoción.

### **2.1.7. AGUA DE CONTACTO PRIMARIO Y SECUNDARIO**

Mora (2015) menciona que el contacto primario consiste en el contacto directo de los seres humanos con diferentes cuerpos de agua, sean estos dulce o salada, como ríos, lagos, empalmes, brazos de mar etc. Las aguas de contacto secundario son las de contacto accidental entre las personas y un cuerpo receptor de agua, como por ejemplo las aguas de algún tipo de actividad deportiva como lo es la pesca, canotaje, navegación, etc. García (2013) determina que para el uso de cualquiera de estas aguas se requiere establecer de manera primordial la calidad de la misma, ya que puede haber presencia de microorganismos patógenos que puedan afectar al hombre de diferentes maneras.

### **2.1.8. AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO**

De acuerdo con el TULSMA (2014) se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como bebida y preparación de alimentos para consumo, satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, fabricación o procesamiento de alimentos en general. La Secretaria Nacional del Agua del Ecuador (2012) determina que esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional.

### **2.1.9. AGUAS RESIDUALES EN EL ECUADOR**

De acuerdo con González (2016) en el Ecuador el agua residual tiene su origen en residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Estas aguas negras en ocasiones son tratadas en el propio medio en el que se generan, lo cual demuestra el poco conocimiento de las personas sobre la adecuada disposición y tratamiento de la misma. Establecido por el Ministerio Del Ambiente del Ecuador (2017) basta con la instalación de alguna estructura que realice el trabajo, para determinar un tratamiento eficiente, previo a la descarga en el sistema de transporte común.

Al momento de hablar de las aguas residuales de origen industrial, el sistema de traslado de esta agua se encuentra regulado por normas ambientales y de calidad de acción internacional y local, urgiendo muchas veces un proceso específico para el tratamiento de ciertas sustancias existentes en el agua (García, 2010).

### **2.1.10. AGUAS RESIDUALES URBANAS**

García (2012) establece a las aguas residuales como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. Dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes como son las aguas residuales domésticas o urbanas las cuales proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. De acuerdo con Espinoza (2013) este tipo de agua suele contener gran cantidad de materia

orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.

#### **2.1.10 TRATAMIENTOS PRIMARIOS PARA AGUA RESIDUAL**

El agua consta de tres tipos principales de impurezas: físicas, químicas y biológicas. Desde el punto de vista físico se puede decir que los sólidos totales que son impurezas del agua se pueden clasificar como partículas no filtrables o en suspensión, filtrables o disueltas y una tercera posibilidad es el caso intermedio que corresponde a los coloides (Marín, 2010).

En este proceso se elimina tanto los sólidos flotantes como los sólidos en suspensión, considerándose que las aguas han sido tratadas parcialmente. Teniendo en cuenta el espacio para la mayoría de proyectos, y su simple construcción, se toma como opción más eficiente la construcción de una fosa séptica (Terán, 2013).

Romero (2014) menciona que la fosa séptica separa también compuestos con menor densidad que el agua como grasas, aceites, jabones, etc. Estos forman una nata liviana que se sedimenta en la superficie del agua. Este tratamiento permitirá eliminar en las aguas residuales aproximadamente el 90% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión.

#### **2.1.11 TRATAMIENTOS SECUNDARIOS PARA AGUAS RESIDUALES**

Carrión (2016) determina que el tratamiento secundario trata de remover sólidos que pueden llegar a sedimentarse y que por lo general son de poco tamaño como: arenas, lodos y sólidos en suspensión. Las aguas servidas previamente tratadas pasan por aquí y debido a la velocidad de circulación, las partículas sólidas de menor tamaño se sedimentan en el fondo, así mismo Cedeño (2011) indica que este tipo de tratamiento es susceptible a efectos climáticos y por ende se necesita manejar aspectos biológicos que puedan afectar al proceso.

#### **2.1.12 TRATAMIENTOS TERCARIOS PARA AGUAS RESIDUALES**

De acuerdo con Valencia (2013) en este paso se procura la eliminación de la demanda biológica de oxígeno o DBO<sub>5</sub>. Este proceso se basa en el hecho natural en el cual la naturaleza trata de estabilizar la cantidad de material

orgánico presente en el ambiente con la única diferencia de que en las plantas de tratamiento se lo realiza de una manera muy rápida y controlada, así mismo se ha establecido diferentes maneras de eliminar la  $DBO_5$  en el agua. Pascual (2016) determina que en este tratamiento entran en efecto los filtros de diversos tipos, pudiendo ser estos orgánicos o inorgánicos, con diferentes tipos de material filtrante.

### **2.1.13 TRATAMIENTOS CON FILTROS PARA AGUAS RESIDUALES**

En el Ecuador a nivel provincial se han llevado a cabo distintos tipos de tratamientos para aguas residuales o servida, Montesdeoca (2013) demostró que el uso de diferentes tipos de filtros ayuda a controlar la contaminación en el agua, lo cual permite el uso de la misma para diferente tipo de actividades, Giler (2010) acredita que para el uso de filtros y demás tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales, se priorice el uso de material orgánico para la reutilización del mismo como material de abono ya sea para ganado o plantas.

## **2.2. CARGA ORGÁNICA**

Es la cantidad de materia orgánica en el líquido que ejerce un efecto negativo en el cuerpo receptor de agua, generalmente medida como  $DBO_5$ . Pereira (2016) en concordancia con Peña (2012) establecen que la  $DBO_5$ , es un estimativo de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar los materiales orgánicos biodegradables por una población diversa de microorganismos, es un parámetro no bien definido que ha sido utilizado por muchos años al asignar una demanda de oxígeno a las aguas residuales. Una  $DBO_5$  elevada, indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua.

Este es un parámetro para determinar la calidad de agua de algún sitio, de acuerdo con el TULSMA (2014) la carga orgánica dependiendo de su destino o de su uso tiene diferentes límites permisibles, para el caso de agua de uso humano el límite es de  $2 \text{ mg/dm}^3$ , para descargas de agua a cuerpos de agua dulce es de  $100 \text{ mg/dm}^3$ , y para descargas de agua a alcantarillado el límite permisible es de  $250 \text{ mg/dm}^3$ .

### **2.2.1 CARGA ORGÁNICA EN LAS AGUAS RESIDUALES**

Ruiz (2014) establece que casi en un 75% de los sólidos en suspensión y sólidos filtrables en aguas residuales son de naturaleza orgánica, estos sólidos provienen de animales y también de plantas, así mismo la actividad humana ha demostrado tener un efecto negativo en este aspecto elevando la cantidad de carga orgánica en el agua. Herrera (2013) menciona que la carga orgánica o  $DBO_5$  es uno de los parámetros más importantes para medir la contaminación en aguas residuales, así como en agua potable.

Quintana (2010) explica que el casco urbano se tiende a analizar al agua residual por su composición química, biológica y física, dentro de estas composiciones se encuentra una interrelación entre la mayoría de parámetros que compete al agua. De acuerdo con Galeno (2016) uno de los procesos para depurar la carga orgánica en el agua es el de membranas de osmosis inversas, un proceso de alto costo pero que conlleva a altos resultados, mientras que los procesos de filtración, micro filtración y demás procesos son de menor costo y con resultados no tan altos.

En cuanto a la eficiencia de cada proceso Medina (2012) demuestra que con la osmosis inversa los resultados pueden alcanzar una reducción de 98% mientras que el resto de procesos como son microfiltración y filtración los resultados varían de un 50% a un 80%, dependiendo del proceso experimental que se use.

### **2.2.2 REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES**

Gomez (2005) establece que el agua, así como el suelo poseen una gran cantidad de bacterias. La remoción de esta carga orgánica se lleva a cabo por la absorción de compuestos orgánicos en solución y por oxidación de bacterias, ya que las capas superiores del suelo contienen microorganismos en abundancia. Ruiz (2014) añade que el crecimiento biológico de organismos es sensible a la temperatura, ya que los organismos alcanzan un crecimiento óptimo a temperaturas relativamente altas, pero su reproducción continúa inclusive a temperaturas muy bajas

### **2.2.3 FILTROS Y SU EFECTO EN LA CARGA ORGÁNICA**

De acuerdo con Castillo (2012) el tratamiento de filtración de las aguas es una alternativa viable para depurar una amplia gama de residuos industriales, minimizando el impacto de los contaminantes sobre el ambiente. Dentro de la determinación de calidad para las aguas sean estas residuales, potables o superficiales, se necesitan analizar varios parámetros que permitan un criterio correcto del estado de dicha agua y dentro de estos parámetros se encuentran el oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno, para disminuir estos parámetros se utilizan varios métodos entre estos el uso de filtros percoladores.

De acuerdo con Sánchez (2013) este tratamiento se puede llevar a cabo de diferentes maneras como filtraciones lentas ascendentes y descendentes, siendo la filtración descendente la más utilizada. Avila (2016) menciona que los filtros más usados para disminuir carga orgánica en el agua son los filtros con base de arena, grava, zeolita, carbón activado o algún tipo de material filtrante orgánico, de la misma manera el usar varias de estas opciones juntas aumentará la eficiencia de los filtros.



### 3.3.2. TÉCNICAS.

- **Revisión bibliográfica**

La recopilación documental fue un instrumento para obtener datos e información relacionadas con la investigación, dichos datos fueron obtenidos a partir de fuentes documentadas es decir libros, revistas y artículos científicos (Solórzano, 2014).

- **Muestreo**

Las muestras llevadas a laboratorio fueron sujetas a la norma de muestro para calidad de agua, norma INEN 2176:2013.

### 3.4. FACTOR DE ESTUDIO

a) Medios filtrantes

Niveles:

A1: Arcilla

A2: Cascarilla de arroz

B1: 0,60 m

B2: 0,55 m

B3: 0,50 m

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño experimental completamente al azar con un solo factor, contando con seis tratamientos y con tres repeticiones por cada tratamiento, donde se obtuvo un total de 18 tratamientos.

**Cuadro 4.** Descripción del experimento

Diseño experimental	Cantidad
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	6
Unidades experimentales	18

Elaborado por: Autor de la investigación

**Cuadro 5.** Diseño experimental

Tratamientos	Altura (m)	Composición de medios filtrantes
A1B1	0,60	Arcilla
	0,10	Arena
	0,10	Grava
A1B2	0,55	Arcilla
	0,10	Arena
	0,10	Grava
A1B3	0,50	Arcilla
	0,10	Arena
	0,10	Grava
A2B1	0,60	Cascarilla de arroz
	0,10	Arena
	0,10	Grava
A2B2	0,55	Cascarilla de arroz
	0,10	Arena
	0,10	Grava
A2B3	0,50	Cascarilla de arroz
	0,10	Arena
	0,10	Grava

Elaborado por: Autor de la investigación

### **3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL**

Filtros a base de arcilla y cascarilla de arroz

### **3.7. VARIABLES A MEDIR.**

#### **3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

Medios filtrantes

#### **3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE.**

Remoción de carga orgánica

### **3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

#### **FASE I. IMPLEMENTAR FILTROS EMPACADOS CON ARCILLA Y CASCARILLA DE ARROZ QUE FAVOREZCAN LA REDUCCIÓN DE CARGA ORGÁNICA.**

##### **Actividad 1. Diseño de los filtros empacados con el medio filtrante**

Los filtros fueron construidos de manera sistemática para obtener un resultado óptimo, los 18 filtros tanto de arcilla y cascarilla de arroz tuvieron una base de grava y arena en la parte baja para aumentar la eficiencia de los mismos.

En la parte de las dimensiones internas, los filtros tuvieron una base circular de 21 cm de diámetro y una altura de 80 cm. La tubería de drenaje del agua filtrada consistió de un tubo de PVC, perforado en la parte superior e inferior

que estaba dentro del recipiente para la captación del agua, estas especificaciones se realizaron para tratar un volumen de 0.06 m<sup>3</sup>.

### **Actividad 2. Construcción de los filtros empacados con el medio filtrante**

De acuerdo a las especificaciones mencionadas en la actividad 1 se diseñaron los filtros empacados, donde cada uno de los filtros tuvieron las especificaciones establecidas en la metodología.

## **FASE II. CONSTATAR ESTADÍSTICAMENTE EL TRATAMIENTO MÁS EFICIENTE PARA LA REDUCCIÓN DE CARGA ORGÁNICA.**

### **Actividad 3. Análisis de carga orgánica de la muestra del efluente**

Se tomó una muestra del efluente inicial, es decir, del efluente de la laguna de oxidación, para determinar la DBO<sub>5</sub> de la misma y la cantidad sobre la cual se determinó la reducción de la carga orgánica en el agua.

### **Actividad 4. Determinación de carga orgánica después del uso de los filtros**

Se hicieron 3 repeticiones para cada uno de los filtros para aumentar la certeza de los resultados obtenidos, estos filtros estaban empacados de cascarilla de arroz y arcilla a diferentes alturas y una misma cantidad de grava y arena como base para todos los filtros. Se tomó una muestra de cada filtro una vez a la semana, y esto fue realizado durante tres semanas que tuvo como duración el experimento.

### **Actividad 5. Análisis estadísticos de los datos obtenidos**

De acuerdo a la obtención de DBO<sub>5</sub> que se obtuvo al inicio y del final de la experimentación, se determinó la cantidad de DBO<sub>5</sub> removida. Los datos obtenidos de DBO<sub>5</sub> fueron tabulados y mediante la utilización del software estadístico InfoStat, se realizó el análisis de varianza para luego establecer las diferencias entre tratamientos.

## **3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Mediante el uso del paquete InfoStat se realizó el análisis de varianza y prueba de media Tukey al 5% de probabilidades de error que permitió obtener el análisis correcto de las medias de los tratamientos.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza

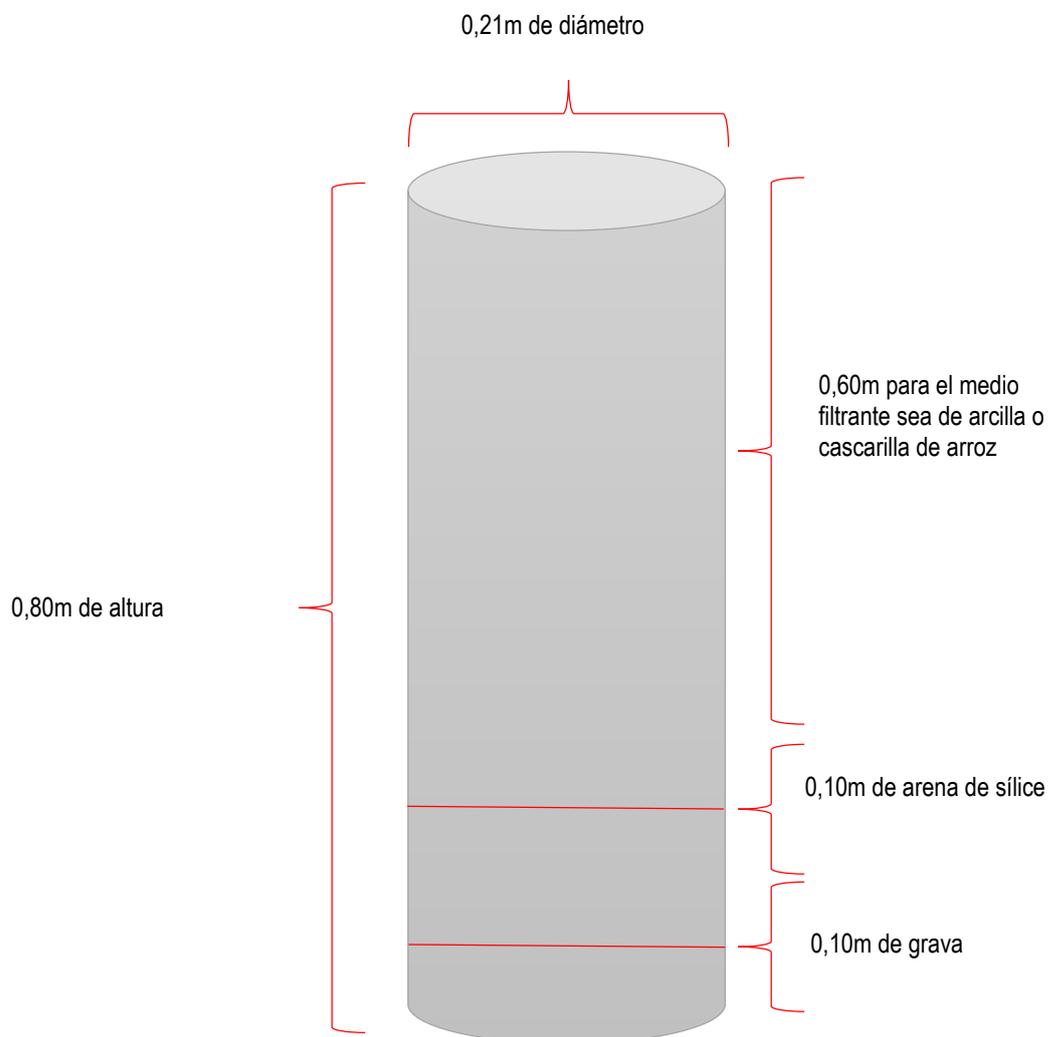
<b>Diseño experimental</b>	<b>Grados de libertad</b>
<b>Unidades experimentales</b>	17
<b>Número de tratamientos</b>	5
<b>Error estadístico</b>	12

**Elaborado por:** Autor de la investigación

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Objetivo 1.- Implementar filtros empacados con arcilla y cascarilla de arroz que favorezcan la reducción de carga orgánica.

Se realizó la compra de los materiales necesarios para construir el equipo de filtración desde los tubos de PVC, hasta los diferentes tipos de medios filtrantes utilizados en el experimento; donde se consiguió cascarilla de arroz para nueve de los filtros y arcilla de bentonita cálcica y sódica para los otros nueve restantes. Se elaboraron un total de 18 filtros con las siguientes especificaciones:



**Gráfico 2:** Diseño de filtros. **Elaborado por:** Autor de la investigación

Así mismo se construyó una base de 2 m de altura fabricada de tubos galvanizados y un piso a base de contrachapado para el tanque principal o el

repositorio del agua residual, el cual contó con una capacidad de 55 galones de agua.

#### 4.2 Objetivo 2.- Constatar estadísticamente el tratamiento más eficiente para la reducción de carga orgánica

Al culminar con los tratamientos y posteriormente obtener los resultados del laboratorio se obtuvieron los siguientes datos que demuestran una reducción significativa de la carga orgánica en el agua, hasta llegar a un máximo de 50,29% de reducción de DBO<sub>5</sub> en el agua. En la muestra obtenida de la laguna de oxidación de Portoviejo se obtuvieron los siguientes resultados.

**Cuadro 7.** Resultados obtenidos de la muestra de la laguna de oxidación de Portoviejo.

DBO <sub>5</sub> (mg/dm <sup>3</sup> )	DQO (mg/dm <sup>3</sup> )	pH
843	1939	7,36

Elaborado por: Autor de la investigación

Para los tratamientos posteriores se obtuvieron los siguientes datos:

**Cuadro 8.** Promedio de los resultados de los diferentes tratamientos realizados para la primera semana

Tratamientos	Semana 1		
	DBO <sub>5</sub>	DQO	pH
A1B1	717,7	3438,7	6,6
A1B2	749	1536,7	6,8
A1B3	746,2	1666,7	6,8
A2B1	720	802	7,2
A2B2	443,7	2152,7	7,1
A2B3	548,3	735,0	7,0

Elaborado por: Autor de la investigación

**Cuadro 9.** Promedio de los resultados de los diferentes tratamientos realizados para la segunda semana

Tratamientos	Semana 2		
	DBO <sub>5</sub>	DQO	pH
A1B1	710,3	2981,7	6,6
A1B2	697,3	1683,3	6,6
A1B3	742,7	1733,3	6,8
A2B1	687	776,7	7,3
A2B2	434	2166,7	7,1
A2B3	499,3	646,7	7,0

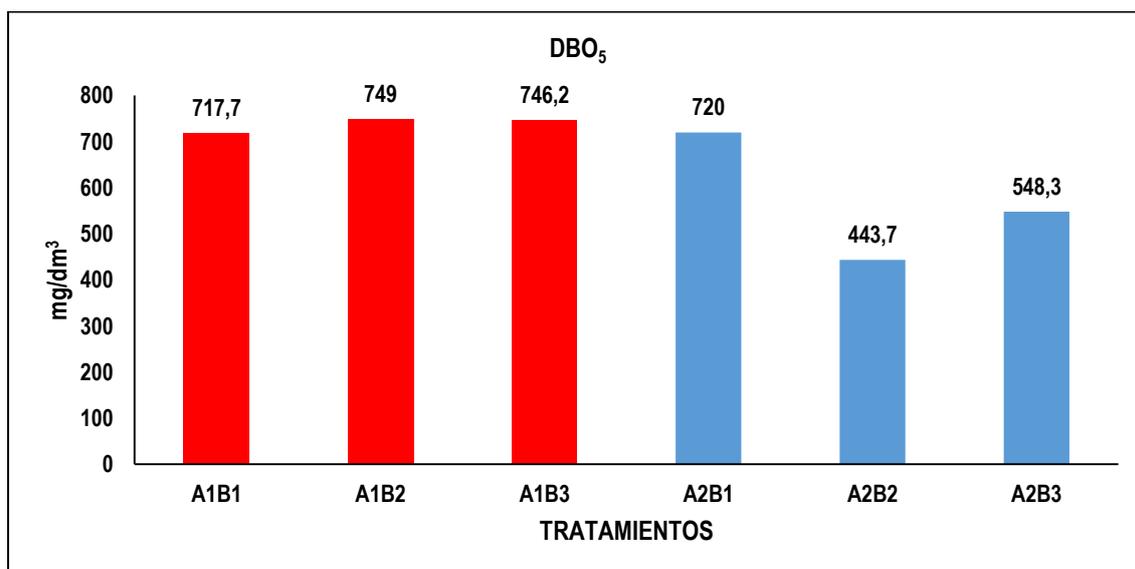
Elaborado por Autor de la investigación

**Cuadro 10.** Promedio de los resultados de los diferentes tratamientos realizados para la tercera semana

Tratamientos	Semana 3		
	DBO <sub>5</sub>	DQO	pH
A1B1	702,7	3186,7	6,6
A1B2	713	2350	6,7
A1B3	716	1824,3	6,8
A2B1	667,3	803,3	7,2
A2B2	424,3	1814,7	7,2
A2B3	505	649,3	7,0

Elaborado por: Autor de la investigación

#### 4.2.1 Resultados de la primera semana



**Gráfico 1.** Gráfico de la reducción de DBO<sub>5</sub> para la primera semana.

El gráfico 1, demuestra una tendencia hacia la reducción de la carga orgánica tomando en cuenta que el valor de DBO<sub>5</sub> del agua del tanque reservorio es de 843 mg/dm<sup>3</sup>; los tratamientos A2B2 con valores promedios de 443,7 mg/ dm<sup>3</sup> fueron los más bajos para esta semana, la cascarilla de arroz demuestra ser la más efectiva para la reducción de la carga orgánica.

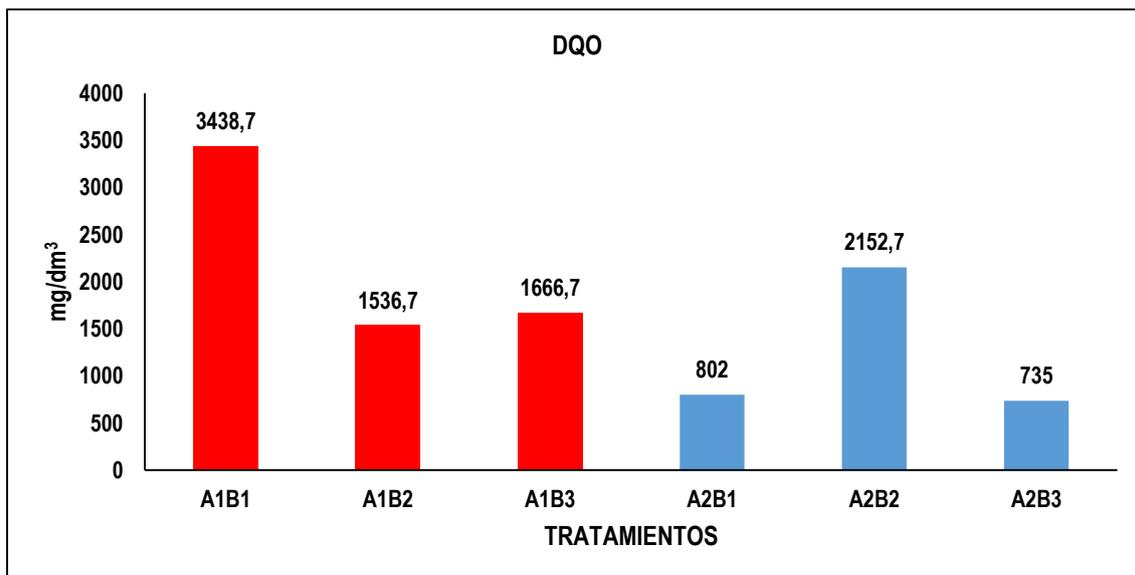


Gráfico 2. Gráfico de la reducción de DQO para la primera semana.

La tendencia en el gráfico 2 de DQO para la primera semana muestra una reducción en la mayoría de resultados. En esta semana se encuentra el valor más alto en DQO que fue del tratamiento A1B1 con un valor promedio de 3438,7 mg/dm<sup>3</sup>, siendo este un tratamiento con cascarilla de arroz como medio filtrante.

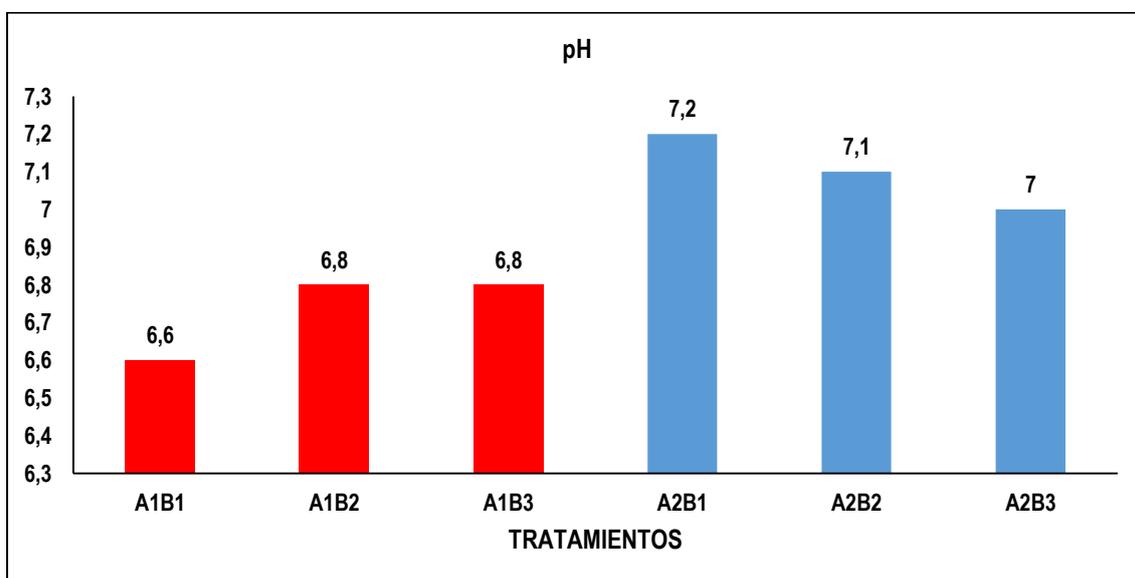


Gráfico 3. Gráfico de la reducción de pH para la primera semana.

El gráfico 3 demuestra la tendencia del pH a mantenerse en estado neutro puesto que los valores obtenidos oscilan entre 7,2 y 6,6, lo cual denota que el uso de estos filtros mantiene los valores de pH en un rango aceptable, donde no aumenta ni su alcalinidad ni su acidez.

#### 4.2.2 Resultados de la segunda semana

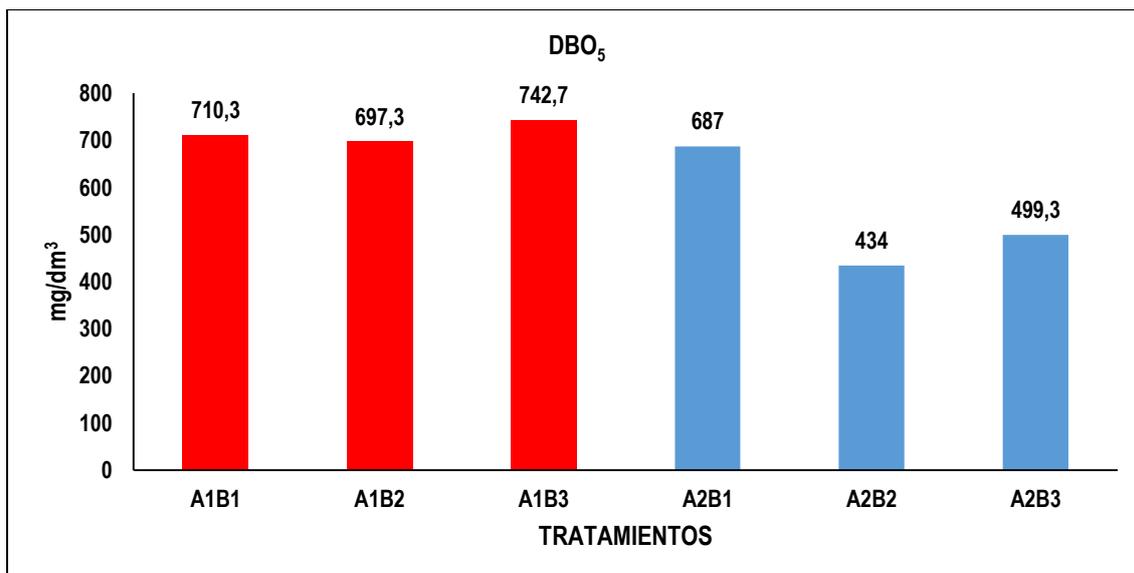


Gráfico 4. Gráfico de la reducción de DBO<sub>5</sub> para la segunda semana.

En la segunda semana el gráfico 4 sigue llevando la misma predisposición a reducir la carga orgánica en el agua residual, los filtros empacados con cascarilla de arroz siguen demostrando su mayor efectividad al momento de disminuir la DBO<sub>5</sub> ya que los rangos oscilan entre 687 mg/dm<sup>3</sup> del tratamiento A2B1 y 434 mg/dm<sup>3</sup> del tratamiento A2B2.

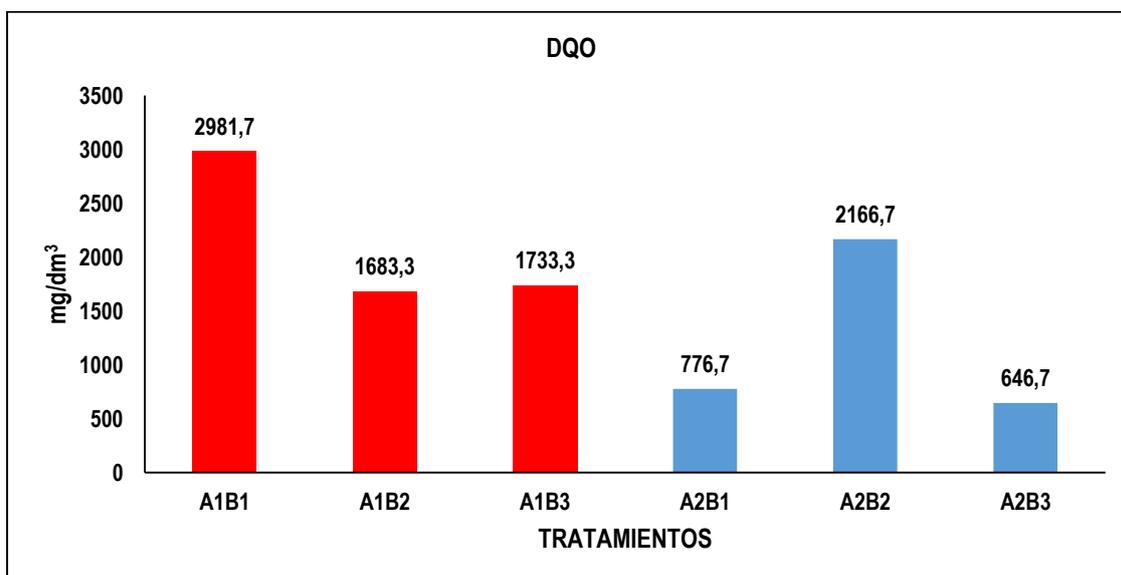


Gráfico 5. Gráfico de la reducción de DQO para la segunda semana.

Para la segunda semana la DQO se sigue viendo en disminución donde solamente dos tratamientos el A1B1 empacado con arcilla y el A2B2 de cascarilla de arroz superaron los 2000 mg/dm<sup>3</sup>, también se observa que la cascarilla de arroz obtuvo los valores más bajos como fue el A2B1 con 776,7 mg/dm<sup>3</sup> y el A2B3 que llegó a 646,7 mg/dm<sup>3</sup> siendo esta la mayor reducción que se encontró en la DQO del agua residual en todas las semanas.

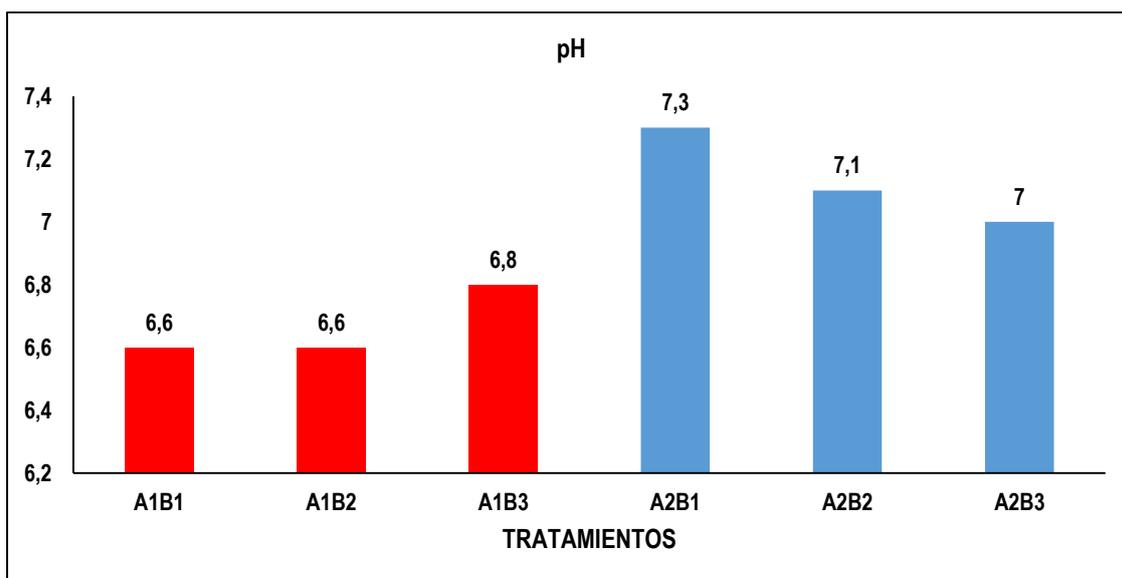


Gráfico 6. Gráfico de la reducción de pH para la segunda semana.

Para el pH de la segunda semana el gráfico 6 demuestra una tendencia donde los filtros empacados de arcilla mantienen el pH en un rango menor a 6,8, se puede observar que este medio filtrante logra llevar el pH a un estado más ácido mientras que los tratamientos con cascarilla de arroz aumentan el pH hacia valores más alcalinos ya que todos superan un valor de 7.

#### 4.2.3 Resultados de la tercera semana

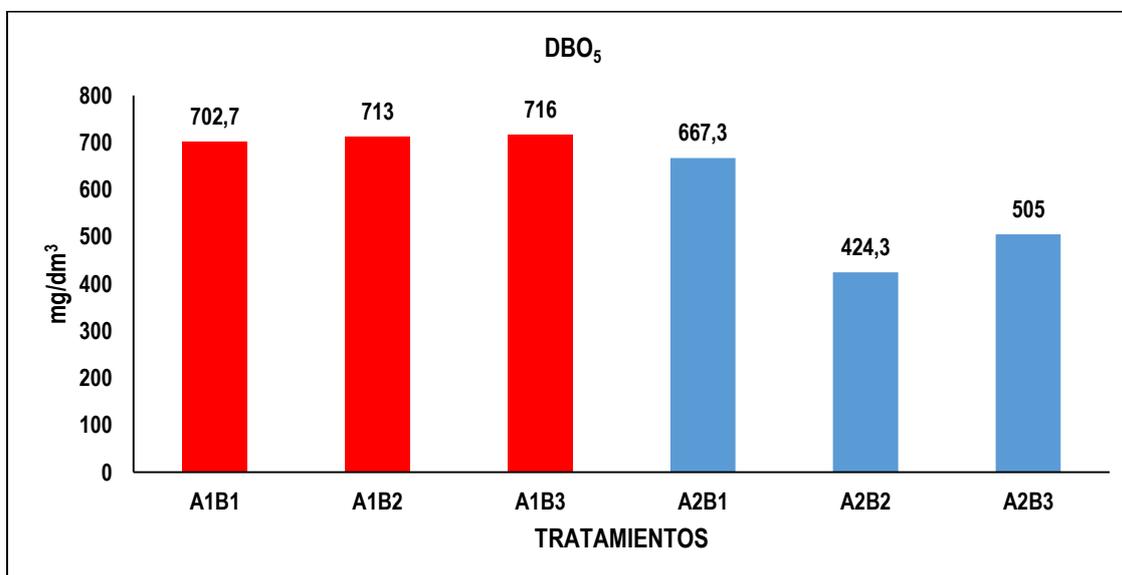


Gráfico 7. Gráfico de la reducción de DBO<sub>5</sub> para la tercera semana.

En la última semana de experimentación, la DBO<sub>5</sub> disminuyó en todos los tratamientos, donde se mantuvo la misma tendencia con las demás semanas, donde los filtros a base de cascarilla de arroz siguen teniendo mayor eficiencia a en comparación con los de arcilla, con el mejor resultado de la cascarilla de

arroz de todas las semanas ya que llegó a  $424,3 \text{ mg/dm}^3$  para el tratamiento A2B2, demostrando así que para disminuir carga orgánica la cascarilla de arroz logró ser más eficaz que la arcilla.

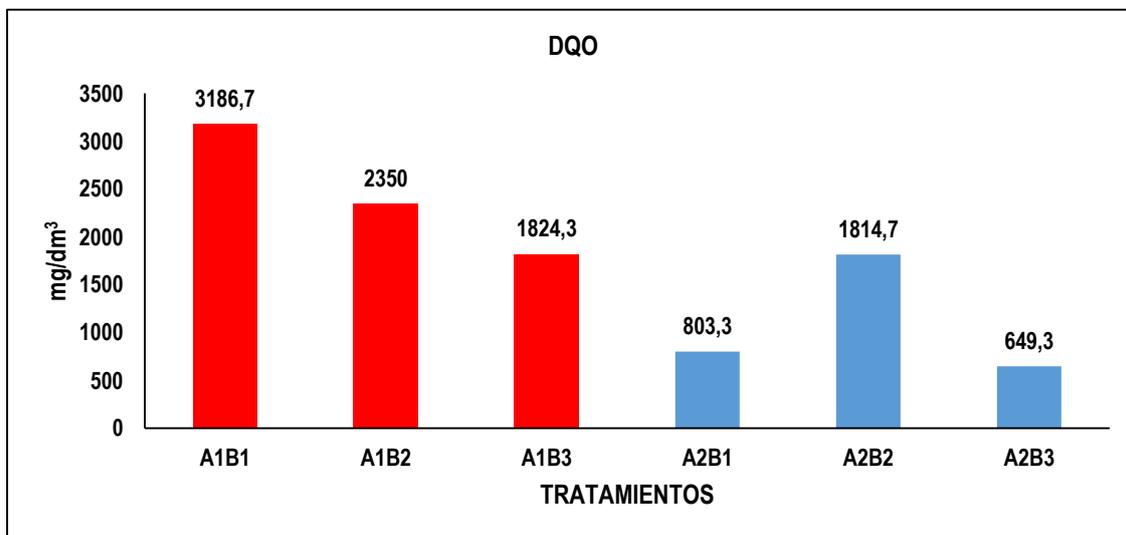


Gráfico 8. Gráfico de la reducción de DQO para la tercera semana.

Para la tercera semana la DQO se mantuvo con la misma disposición a disminuir su cantidad, donde los filtros de cascarilla de arroz lograron disminuir la cantidad a valores menores a  $1939 \text{ mg/dm}^3$  que fue el valor inicial obtenido de la muestra de la laguna de oxidación, lo cual denota que, así como en la  $\text{DBO}_5$ , la cascarilla de arroz es más eficaz que la arcilla para reducir la DQO.

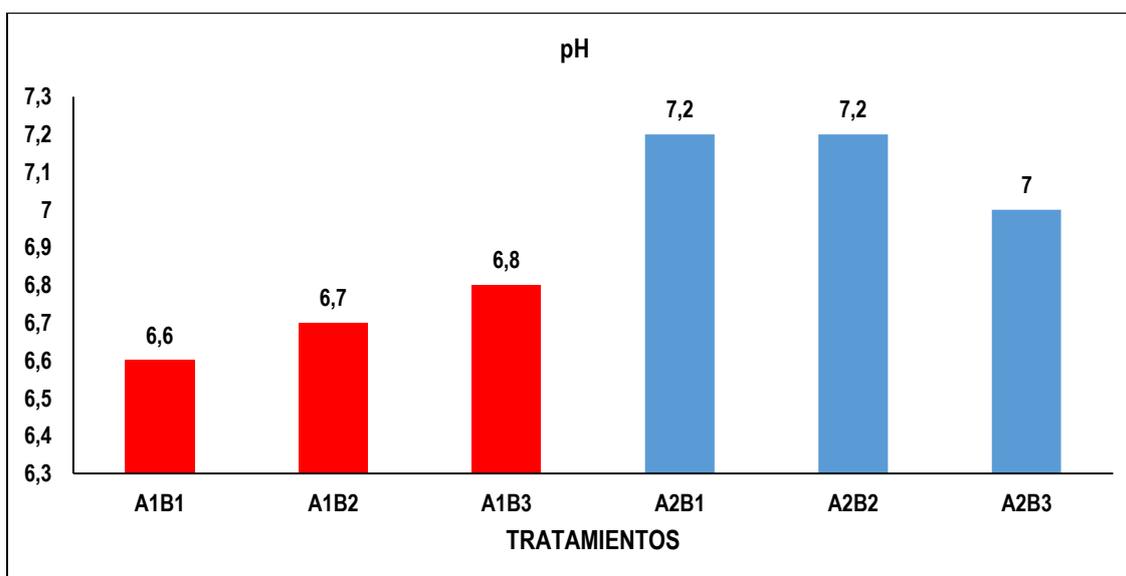


Gráfico 9. Gráfico de la reducción de pH para la tercera semana.

En la última semana se encontró que el pH logra mantenerse entre el rango de 7,3 y 6,6 en estos tratamientos, donde los filtros empacados con arcilla demostraron mayor eficiencia para reducir el potencial de hidrógeno ya que lo

llevaron de un 7,4 que fue el valor obtenido de la laguna de oxidación, a valores de 6,6, a diferencia de la cascarilla de arroz cuyo valor no bajo de 7 para ninguna semana.

### 4.3. Diferencias estadísticas en los tratamientos planteados

Para este objetivo se utilizó el programa InfoStat como principal herramienta para determinar las diferencias estadísticas en los tratamientos realizados a lo largo del funcionamiento del equipo.

Se realizó el análisis de Tukey con finalidad de demostrar si existe una diferencia considerable entre los tratamientos empleados.

#### 4.3.1. Primera semana

**Cuadro 11.** Análisis de varianza de DBO<sub>5</sub> de la primera semana.

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj			
DBO	18	0,31	0,03			
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	244003,74	5	48800,75 1	10	0,4114	
numero de tratamiento	244003,74	5	48800,75 1	10	0,4114	
Error	534179,17	12	44514,93			
Total	778182,90	17				

Fuente: Programa InfoStat

**Cuadro 12.** Análisis de varianza de DQO de la primera semana.

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj			
DQO	18	0,33	0,05			
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	14971192,28	5	2994238,46 1	19	0,3691	
numero de tratamiento	14971192,28	5	2994238,46 1	19	0,3691	
Error	30126724,67	12	2510560,39			
Total	45097916,94	17				

Fuente: Programa InfoStat

**Cuadro 13.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para el pH de la primera semana.**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
pH	18	0,56	0,38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,86	5	0,17 3	11	0,0500
numero de tratamiento	0,86	5	0,17 3	11	0,0500
Error	0,66	12	0,06		
Total	1,52	17			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,64377**

Error: 0,0551 gl: 12

numero de tratamiento	Medias	n	E.E.	
A1B1	6,77	3	0,14	A
A1B2	6,72	3	0,14	A B
A1B3	6,61	3	0,14	A B
A2B3	6,97	3	0,14	A B
A2B2	7,12	3	0,14	A B
A2B1	7,22	3	0,14	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

Fuente: Programa InfoStat

**4.3.2 Segunda semana****Cuadro 14.** Análisis de varianza para DBO<sub>5</sub> de la segunda semana.**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
DBO	18	0,42	0,18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	247215,78	5	49443,16	1,74	0,2009
numero de tratamiento	247215,78	5	49443,16	1,74	0,2009
Error	341716,67	12	28476,39		
Total	588932,44	17			

Fuente: Programa InfoStat

**Cuadro 15.** Análisis de varianza de DQO de la segunda semana.**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
DQO	18	0,33	0,04

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11449273,61	5	2289854,72	1,16	0,3842
numero de tratamiento	11449273,61	5	2289854,72	1,16	0,3842
Error	23750750,00	12	1979229,17		
Total	35200023,61	17			

Fuente: Programa InfoStat

**Cuadro 16.** Análisis de varianza y prueba de Tukey del pH de la segunda semana.**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
pH	18	0,57	0,39

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,10	5	0,22	3,20	0,0460
numero de tratamiento	1,10	5	0,22	3,20	0,0460
Error	0,82	12	0,07		
Total	1,92	17			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,71867**

Error: 0,0687 gl: 12

número de tratamiento	Medias	n	E.E.	
A1B1	6,58	3	0,15	A
A1B2	6,63	3	0,15	A B
A1B3	6,83	3	0,15	A B
A2B3	6,98	3	0,15	A B
A2B2	7,14	3	0,15	A B
A2B1	7,25	3	0,15	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

Fuente: Programa InfoStat

**4.3.3 Tercera semana****Cuadro 17.** Análisis de varianza de DBO<sub>5</sub> de la tercera semana.**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
DBO	18	0,39	0,13

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	235332,60	5	47066,52	1,50	0,2598
numero de tratamiento	235332,60	5	47066,52	1,50	0,2598
Error	375369,21	12	31280,77		
Total	610701,81	17			

Fuente: Programa InfoStat

**Cuadro 18.** Análisis de varianza para DQO de la tercera semana.**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
DQO	18	0,41	0,16

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13615854,94	5	2723170,99	1,65	0,2202
numero de tratamiento	13615854,94	5	2723170,99	1,65	0,2202
Error	19768119,33	12	1647343,28		
Total	33383974,28	17			

Fuente: Programa InfoStat

**Cuadro 19.** Análisis de varianza del pH de la tercera semana.

Análisis de la varianza			
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
pH	18	0,51	0,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,95	5	0,19	2,51	0,0889
numero de tratamiento	0,95	5	0,19	2,51	0,0889
Error	0,91	12	0,08		
Total	1,86	17			

Fuente: Programa InfoStat

Los cuadros de análisis de varianza de Tukey demuestran que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de DBO<sub>5</sub> Y DQO puesto que los resultados obtenidos fueron mayores al p-valor de 0,05; mientras que en los tratamientos para el pH se denota que solamente la última semana superó el valor del alfa ya que fue de 0,08, lo cual demuestra que para pH existió una diferencia significativa en la primera semana con un p-valor de 0,05 y en la segunda semana donde alcanzó 0,04.

En los gráficos del 1 al 9 se establecieron los diferentes resultados obtenidos en el experimento donde se demostró la eficiencia de los tratamientos.

Es aquí donde se demuestra que el uso de cascarilla de arroz y arcilla funcionan para disminuir de manera eficaz la carga orgánica en el agua, el gráfico 3 expone el resultado más favorable donde se obtuvo una reducción del 50,29% que fue del tratamiento A2B2. De acuerdo con el Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Medio Ambiente (2014) la cantidad permisible para descargas a cuerpos de agua dulce no puede exceder los 100 mg/dm<sup>3</sup>, los filtros no alcanzaron dicha cantidad, conjuntamente se demostró que no pudieron reducir la DBO<sub>5</sub> por debajo de los límites para descarga a agua de alcantarillado que es de 250 mg/dm<sup>3</sup>, por lo cual no se recomienda su uso como un pretratamiento para el agua antes de ser receptada por la laguna de oxidación.

Los medios filtrantes de características orgánicas y no orgánicas demuestran una alta eficiencia para reducir la DBO<sub>5</sub> y DQO, demostrado por Osorio (2007) donde realizó filtros de flujo ascendente teniendo como medio filtrante

solamente grava y arena, con una duración del experimento de cinco meses, donde llegó a obtener una reducción del 62%; así mismo Vásconez (2012) demuestra que el uso de materiales de origen volcánico como la piedra pómez es efectivo para reducir la carga orgánica, llegando a una reducción del 60% en tres meses de tratamiento. Los resultados que se lograron obtener en esta investigación donde se llegó a un 50,29% de reducción de carga orgánica, se obtuvieron en solo tres semanas de tratamiento, si se aumentara el tiempo del experimento la cantidad de reducción disminuiría por el uso constante de los filtros lo cual dañaría el material filtrante disminuyendo su rendimiento .

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- Los filtros de cascarilla de arroz tuvieron mayor eficiencia para reducir la carga orgánica en el agua residual, ya que el tratamiento A2B2 el cual contaba con 0,55m de material filtrante, obtuvo la mayor reducción en la DBO<sub>5</sub>; que llegó a 424 mg/dm<sup>3</sup>, es decir, una reducción del 50,29%.
- El análisis de varianza demostró que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a DBO<sub>5</sub> y DQO, por cuanto ningún valor fue menor al p-valor de 0,05.
- La diferencia significativa se encontró en el pH de la primera y segunda semana, donde los resultados obtuvieron un p-valor menor a 0,05.
- Al obtener una reducción del 50,29% se rechaza la hipótesis planteada ya que no llega al 55% estipulado en la misma.

### **Recomendaciones**

- Realizar el experimento usando la cascarilla de arroz en un lapso mayor a tres semanas, para estudiar su efectividad.
- Utilizar mayor cantidad de material filtrante a la usadas en esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avila, I. (2016). Diseño, propuesta e implementacion de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la poblacion del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%202011.pdf?Sequence=1&isallowed=y>
- Belzarini, M. G., Casanoves, F., Di Rienzo, J., González, L., & Robledo, W. (2018). Infostat software estadístico. Córdoba, Argentina: infostat.
- Blacio, D. (2011). Filtros biológicos para la potabilización del agua. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/>
- Cardenas, F. (2014). Filtros de arcilla definición y aplicaciones. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <https://aglifesciences.tamu.edu/>
- Cárdenas, L. (2014). Filtros de arena para tratamiento de aguas crudas. Recuperado el 13 de enero de 2018, de <http://www.itacanet.org/>
- Carrión, D. (2016). El tratamiento de aguas residuales y su influencia en el derecho a un ambiente sano de los ciudadanos que habitan en el entorno del rio machángara al sur del distrito metropolitano de Quito. Recuperado el 26 de enero de 2019, de <file:///C:/Users/SYSTEC/Downloads/T-UCE-0013-Ab-029.pdf>
- Castillo, E. (2012). Remoción de materia orgánica en aguas residuales por el proceso de contacto biológico. Recuperado el 26 de mayo de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/467/46725067001.pdf>
- Castro, E. (2014). Propuesta de elaboración y comercialización de filtros adsorbentes para aguas contaminadas a partir de la cascara de de la mazorca de cacao como adsorbente en la ciudad de Guayaquil. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <repositorio.ug.edu.ec/.../BCIEQ-T-0045%20Sanchez%20Castro%20Elvis%20José.pdf>
- Cedeño, D. (2011). Tratamientos de aguas residuales. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lar/oropeza\\_b\\_vm/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/capitulo4.pdf)
- Escobar, C. (2010). Descripción Hidráulica de la Batería de Filtros de Planta. Recuperado el 04 de abril de 2019, de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/cristobal\\_ef/cap02.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/cristobal_ef/cap02.pdf)
- Espinoza, A. (2013). Caracterización de un filtro de arena para potabilización de agua, mediante la obtención de curvas experimentales basadas en sus parámetros de funcionamiento. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89717/D-79758.pdf>
- Galeno, I. (2016). Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjon de oxidacion para el casco urbano. Recuperado el 10

- de marzo de 2019, de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISE%C3%91O%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>
- Galindo, A. (2016). Evaluación de un filtros biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como soporte. Recuperado el 26 de mayo de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/3420/342050982004.pdf>
- García, B. (2013). Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de [https://www.palermo.edu/ingenieria/investigacion-desarrollo/pdf/Trabajo\\_Completo\\_Lopez\\_Sardi\\_Estela\\_Monicav3.pdf](https://www.palermo.edu/ingenieria/investigacion-desarrollo/pdf/Trabajo_Completo_Lopez_Sardi_Estela_Monicav3.pdf)
- García, M. (2010). Tratamiento de aguas residuales industriales. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <https://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TARI/teari-1.pdf>
- García, M. (2012). Aguas residuales: composición. Recuperado el 25 de enero de 2019, de [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)
- García, R. (2014). Microorganismos eficientes y su uso. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://bdigital.zamorano.edu/>
- Giler, L. (2010). Evaluación del comportamiento hidráulico en el pretratamiento realizado en la estación Cazalagarto perteneciente al sistema de agua potable de la zona sur de Manabí. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1160/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-20.pdf>
- Gomez, J. (2005). Remoción de DBO para un agua residual de estanques en la ciudad de nicaragua. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1214/1/nestoralejandrogomezpuentes.2005.pdf>
- González, G. (2016). Fabricación de sub-base para vías utilizando lodos remanentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Recuperado el 25 de enero de 2019, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6596/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-163.pdf>
- Herrera, O. (2013). Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a07.pdf>
- Ludeña, J. (2010). Elaboración de filtro cerámico. Recuperado el 23 de octubre de 2017, de <http://dspace.utpl.edu.ec/>
- Maldonado, V. (2014). Filtración industrial. Recuperado el 23 de octubre de 2017, de <http://www.ingenieroambiental.com/>

- Marín, G. (2010). Agua residual y efecto de la carga orgánica. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1214/1/nestoralejandrogomezpuentes.2005.pdf>
- Medina, G. (2012). Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del municipio de Macanal, Boyacá. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2651/Medinagerman2012.pdf?Sequence=2&isallowed=y>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017). Las descargas de aguas residuales son controladas por el Ministerio del Ambiente. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://www.ambiente.gob.ec/las-descargas-de-aguas-residuales-son-controladas-por-el-ministerio-del-ambiente/>
- Montesdeoca, A. (2013). Tratamiento de aguas residuales en la urbanización ciudad politécnica, cantón bolívar, provincia de manabí. Recuperado el 25 de enero de 2019, de <https://www.google.com/url?Sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahukewij3tfcrtfgahwypfkkhuxlabqqfjabegqicbac&url=http%3A%2F%2Finvestigacion.esпам.edu.ec%2Findex.php%2Frevista%2Farticle%2Fdownload%2F133%2F111&usq=aovvaw3eqdgsv07mhdw28oz>
- Mora, A. (2015). Uso y criterios de calidad del agua, normativas internacionales y nacionales en materia de agua. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4744/8/ANEXO%208.%20tema%204%20normativas%20nacionales%20e%20internacionales.pdf>
- Olivero, J. (2010). Disposición de aguas en América latina. Recuperado el 23 de octubre de 2017, de <http://bibing.us.es/>
- Osorio. (2007). Evaluación de la remoción de la materia orgánica en filtros anaerobios de flujo ascendente utilizando aguas residuales sintéticas. Recuperado el 25 de febrero de 2019, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/827/6283o83er.pdf?Sequence=1&isallowed=y>
- Palacios. (2013). Implementación de un filtro para tratamiento de agua. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://biblioteca.usac.edu.gt/>
- Palacios. (2011). Diseño de filtro casero para tratamiento de agua de consumo humano en comunidades indígenas de Guatemala. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://www.bvsde.paho.org/>
- Pascual, M. (2016). Alternativas para el tratamiento de efluentes industriales. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de [https://www.um.es/documents/3456781/3691285/Depuracion\\_Llorens-1.pdf/2c454f3d-c5f8-422d-9e53-bc20e5f5b792](https://www.um.es/documents/3456781/3691285/Depuracion_Llorens-1.pdf/2c454f3d-c5f8-422d-9e53-bc20e5f5b792)

- Peña, D. (2012). Determinación de la relación DQO/DBO<sub>5</sub> en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>
- Peña, W. (2013). Fundamentos del diseño de un filtro de arcilla. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <https://www.uam.es/>
- Pereira, P. (2016). Parámetros para determinar la calidad de agua. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://www.industrias.ec/>
- Perez, F. (2006). Abastecimiento de aguas, filtración. Recuperado el 05 de abril de 2019, de <http://www.elaguapotable.com/Abastecimiento%20de%20aguas%20Tem a%2006%20FILTRACI%C3%93N.pdf>
- Prada, A. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14s1/v14s1a13.pdf>
- Quesada, I. (2009). Tratamientos de agua contaminadas con productos transgénicos. Recuperado el 23 de octubre de 2017, de <http://ethesis.inp-toulouse.fr/>
- Quintana, F. (2010). Análisis estadístico de DQO, DBO y SS en el agua mediante osmosis inversa y filtración. Recuperado el 26 de mayo de 2018, de [https://acceda.ulpgc.es:8443/xmlui/bitstream/10553/4858/2/0622200\\_0000\\_0000.pdf](https://acceda.ulpgc.es:8443/xmlui/bitstream/10553/4858/2/0622200_0000_0000.pdf)
- Rodríguez, R. (2014). Diseño de una planta de tratamiento de agua potable de 2 lts/s para una población de 750 habitantes. Recuperado el 20 de enero de 2018, de <http://repository.unimilitar.edu.co/>
- Romero, H. (2014). Fosas septicas para el tratamiento de aguas. Recuperado el 25 de enero de 2019, de [http://open\\_jicareport.jica.go.jp/pdf/11685211\\_09.PDF](http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11685211_09.PDF)
- Ruiz, A. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Recuperado el 26 de mayo de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Ruiz, L. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno industrial. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Sánchez. (2013). Evaluación de la eficiencia de remoción de carga orgánica mediante filtros percoladores. Recuperado el 26 de mayo de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/620/62029966019.pdf>
- Sánchez, A. (2015). Biofiltros a base de cascarilla de arroz. Recuperado el 10 de enero de 2018, de <http://www.scielo.org.co/>
- Secretaria Nacional del Agua. (2012). Estudiotécnico: dnca-dhn-12-01; "Análisis de la calidad del agua en la subcuenca del río Coca". Recuperado el 10

- de marzo de 2019, de <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/informecocafinal1.pdf>
- Solórzano, D. (2014). Técnicas de la investigación. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <https://www.uv.es/>
- Suárez, J. (2011). Filtración rápida. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de [ftp://ceres.udc.es/Grado\\_TECIC/Cuarto\\_Curso/Ingenieria%20Ambiental/Filtracion/TEMA-filtracion%20rapida-rev140211-ajb.pdf](ftp://ceres.udc.es/Grado_TECIC/Cuarto_Curso/Ingenieria%20Ambiental/Filtracion/TEMA-filtracion%20rapida-rev140211-ajb.pdf)
- Terán, E. (2013). Tratamientos primarios para el agua servida. Recuperado el 25 de enero de 2019, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6235/T-PUCE-6414.pdf?Sequence=1>
- Tinoco, F. (2010). Filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante. Recuperado el 10 de enero de 2018, de <http://stadium.unad.edu.co/>
- TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente). (2014). Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes. Recuperado el 23 de octubre de 2017, de <http://extwprlegs1.fao.org/>
- Valencia, A. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento para las cabecera parroquial de san luis de chimborazo. Recuperado el 25 de enero de 2019, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>
- Vásconez. (2012). Análisis de la piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento ocaña del cantón Quero. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27232/1/Tesis%201216%20-%20V%C3%a1sconez%20Velasstegui%20V%C3%adctor%20Hugo.pdf>
- Vidal, S. (2010). Evaluación de la efectividad de filtros de arcilla en la potabilización de aguas. Recuperado el 23 de octubre de 2017, de <http://repositorio.utp.edu.co/>
- Zamora, P. (2014). Métodos y técnicas de la investigación. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://www.fhumyar.unr.edu.ar/>

# **ANEXOS**

**ANEXO 1. Materiales para la construcción del equipo de tratamiento.****Anexo 1.1. Filtros de PVC****Anexo 1.2. Base para el tanque reservorio****Anexo 1.3. Arcilla bentonita****Anexo 1.4. Cascarilla y tanque reservorio**

**ANEXO 2. Recolección de muestra de la laguna de oxidación de la ciudad de Portoviejo**

**Anexo 2.1.** Visita a la laguna de oxidación para la obtención del agua



**Anexo 2.2.** Recolección del agua a tratar.



**Anexo 2.3.** Laguna de oxidación de Portoviejo

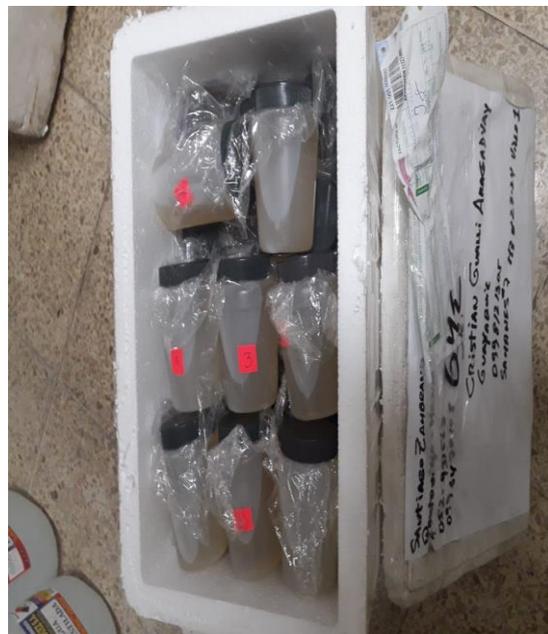
**ANEXO 3.** Equipo de tratamiento para agua residual**Anexo 3.1.** Equipo de tratamiento para agua residual**ANEXO 4.** Funcionamiento y toma de muestras del agua tratada.**Anexo 4.1.** Uso de la tabla para usar la cantidad correcta de material



Anexo 4.2. Llenado del tanque reservorio.



Anexo 4.3. Toma de muestra de los filtros.



Anexo 4.4. Muestras empaquetadas en hielera para el posterior transporte a laboratorio.



Anexo 4.5. Muestras en el laboratorio

## ANEXO 5. Resultados obtenidos del experimento.

		<b>INFORME DE ENSAYO</b> 135/2018 P19			
Empresa:	Santiago Zambrano Cedeño	Orden de trabajo:	AG135/2018		
Solicitado por:	Santiago Zambrano Cedeño	Fecha de Muestreo y Recepción de Muestra:	18/9/2018		
Dirección:	n/a	Fecha de Realización de Informe:	24/9/2018		
Muestreado Por:	Cliente	Fecha de ejecución del ensayo:	Del 18/09/2018 al 24/09/2018		
Tipo de Muestreo:	Simple	Condiciones Ambientales Muestreo:	****		
Tipo de Muestra:	Agua Residual		****		
Código de la Muestra:	AG135/2018 P19	Coordenadas Muestreo: UTM-WGS84	****		
Punto de Muestreo:	Muestra 19- BLANCO		****		
RESULTADOS DE ENSAYOS					
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TIPO DE ANALISIS	INCERTIDUMBRE	METODO
(1) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) - Dil.	mg/L	843,0	FISICO-QUIMICO	****	DP.PEE.AG.38/S.M. 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	1939	FISICO-QUIMICO	± 13,28	DP.PEE.AG.09/HACH 8000
Potencial de Hidrógeno (pH)	Und pH	7,36	FISICO-QUIMICO	± 0.03	DP.PEE.AG.06/S.M. 4500-H+ B
<b>NOTAS.-</b>					
Tipo de Muestreo: Simple conforme a la Norma INEN 2176:2013					
(1) Parámetro No Incluido en Alcance de Acreditación del SAE					
(2) Parámetro Subcontratado No Acreditado					
(3) Parámetro Subcontratado Acreditado					
<b>Observaciones:</b>					
S.M. Corresponde al método de referencia Standard Methods					
**** No específica					
<i>Las interpretaciones/conclusiones/información de límites máximos están fuera del alcance de acreditación del Servicio de Acreditación Ecuatoriana.</i>					
Laboratorio de ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE C13-003					

Anexo 5.1. Resultados de laboratorio (análisis del blanco o muestra principal de la laguna).

TRATAMIENTO	SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3		
	DBO	DQO	pH	DBO	DQO	pH	DBO	DQO	pH
A1B1	534	5940	6,77	701	5060	6,8	680	5350	6,91
A1B2	752	1050	6,72	740	1050	6,5	650	1100	6,55
A1B3	801,5	2300	6,61	846	2330	6,4	840	2530	6,41
A1B1(2)	750	876	6,44	680	905	6,44	678	1250	6,49
A1B2(2)	645	2500	6,7	640	2600	6,7	620	2450	6,78
A1B3(2)	754	1140	6,62	698	1350	6,8	710	1523	6,65
A1B1(3)	869	3500	6,49	750	2980	6,5	750	2960	6,49
A1B2(3)	850	1060	6,87	712	1400	6,7	869,1	3500	6,68
A1B3(3)	683	1560	7,27	684	1520	7,28	598	1420	7,29
A2B1	528	540	7,09	530	560	7,02	510	560	7,1
A2B2	618	673	7,04	602	730	7,04	590	724	7,06
A2B3	807	1025	6,61	695	780	6,6	700	798	6,58
A2B1(2)	1101	1107	7,1	985	1010	7,3	970	1040	7,1
A2B2(2)	182	485	7,15	170	650	7,2	185	680	7,19
A2B3(2)	528	750	7,09	501	710	7,1	510	750	7,12
A2B1(3)	531	759	7,46	546	760	7,43	522	810	7,48
A2B2(3)	531	5300	7,16	530	5120	7,18	498	4040	7,22
A2B3(3)	310	430	7,2	302	450	7,25	305	400	7,23

**Anexo 5.2.** Resultados de cada una de las muestras de laboratorio expresados en mg/dm<sup>3</sup>, con excepción del pH.