



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

**CARRERA MEDIO AMBIENTE**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO  
AMBIENTE**

**MODALIDAD:**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL  
PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA, MEDIANTE USO DE  
FILTRO RÁPIDO EN EL SITIO BEJUQUILLO – CANUTO**

**AUTORAS:**

**MILDRED KARINA ESPINOZA GONZÁLEZ  
ERICA YOLANDA INTRIAGO ARGUELLO**

**TUTORA:**

**MG. FLOR MARÍA CÁRDENAS GUILLÉN**

**CALCETA, FEBRERO 2021**

## DERECHO DE AUTORÍA

**Erica Yolanda Intriago Arguello** con cédula de ciudadanía 0804286318, y **Mildred Karina Espinoza González** con cédula de ciudadanía 1724153992 declaro bajo juramento que el Trabajo de Titulación titulado: **TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES DEL PROCESAMIENTO ALMIDÓN DE YUCA, MEDIANTE USO DE FILTRO EN EL SITIO BEJUQUILLO - CANUTO** es de nuestra 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, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**Erica Yolanda  
Intriago Arguello**



---

**Mildred Karina  
Espinoza González**

## CERTIFICACIÓN DE TUTORA

Ing. Flor María Cárdenas Guillén certifica haber tutelado el proyecto **TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES DEL PROCESAMIENTO ALMIDÓN DE YUCA, MEDIANTE USO DE FILTRO EN EL SITIO BEJUQUILLO - CANUTO**, que ha sido desarrollado por **Erica Yolanda Intriago Arguello** y **Mildred Karina Espinoza González** previo a la obtención del título de ingeniera 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. Flor María Cárdenas Guillén, MSc.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **Aprobado** el trabajo de titulación **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROCESAMIENTO ALMIDÓN DE YUCA, MEDIANTE USO DE FILTRO EN EL SITIO BEJUQUILO – CANUTO**, que ha sido propuesto y desarrollado por **Erica Yolanda Intriago Arguello** y **Mildred Karina Espinoza González**, previa la obtención del título de ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la escuela superior agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

QF. Patricio Noles Aguilar, M. Sc.  
**MIEMBRO**



---

Ing. Sergio Alcívar Pinargote, M. Sc.  
**MIEMBRO**



---

Ing. Fabricio Alcívar Intriago, M. Sc.  
**PRESIDENTE**

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en su campus dentro de sus aulas.

A Dios por guiar mis pasos en cada momento y darme la fuerza necesaria para seguir durante este arduo camino

A todos los Ingenieros e Ingenieras que compartieron sus conocimientos conmigo durante cada semestre y por la paciencia brindada.

En especial agradezco a mi familia y esposo por estar conmigo en todo momento aconsejándome, alentándome a seguir y no desmayar hasta cumplir con una meta tan anhelada.



---

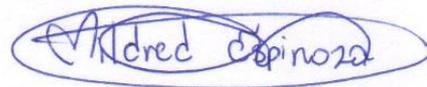
**Erica Yolanda Intriago Arguello**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por su amor y bondad, por ser parte esencial y forjador a la vida por permitirme vivirla y continuar disfrutándola, por haberme regalado una maravillosa familia quienes son mi mayor ejemplo de superación.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por haberme brindado la oportunidad de pertenecer a esta gran familia que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior.

A los docentes que con cada hora clase impartieron su conocimiento con el pasar de los años con su experiencia y capacidad profesional nos guiaron para ser mejores profesionales llegando a finalizar increíble etapa de mi vida.



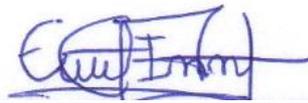
---

**Mildred Karina Espinoza González**

## DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, por darme la fuerza necesaria, y siempre bendecirme en cada momento.

A mis padres, hermanos/a y mi esposo que han sido un apoyo fundamental en mi vida en todo momento para poder cumplir mis metas y en especial a mi hijo que ha sido fuente de inspiración en mí.



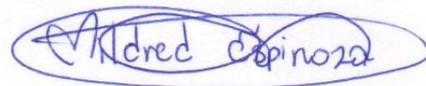
---

**Erica Yolanda Intriago Arguello**

## DEDICATORIA

Definitivamente a mi querida y ama familia que sin ella no hubiera sido posible llegar hasta donde he llegado, con su magnífico amor, apoyo, valores, principios y regaños me enseñan a continuar con la vida a esforzarme y mejorar como persona, a no rendirme y salir adelante pese a las circunstancias ser agradecida con Dios por permitirnos seguir unidos.

A todas las personas que me ayudaron y que sumaron como granitos de arena en toda mi vida universitaria y lograr llegar a caminarla.



---

**Mildred Karina Espinoza González**

## CONTENIDO GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTORA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS Y ECUACIONES.....	xiii
RESUMEN.....	xv
PALABRAS CLAVES .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
<b>1   CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1.   PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.   JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.   OBJETIVOS.....	4
1.3.1.   OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2.   OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4.   IDEA A DEFENDER.....	4
<b>2   CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>

	x
2.1 ALMIDÓN.....	5
2.2 PROCESO Y ELABORACIÓN DE ALMIDÓN .....	5
2.3 AGUAS RESIDUALES DE ALMIDÓN .....	5
2.4 USO DEL AGUA RESIDUAL EN EL SUELO .....	6
2.4.1 AFECTACIONES DEL AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE ALMIDÓN EN EL SUELO .....	6
2.5 CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL .....	6
2.5.1 TÉCNICAS DE MUESTREO .....	7
2.6 PARÁMETROS.....	7
2.6.1 PARÁMETROS FÍSICOS .....	7
2.6.2 PARÁMETROS QUÍMICOS.....	8
2.7 PROCESO DE ESTERILIZACIÓN DE LOS ENVASES POLIETILENOS 9	
2.8 CARGA MÁXIMA PERMISIBLE .....	10
2.9 SISTEMA DE PRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	10
2.9.1 TRATAMIENTO PRIMARIO .....	11
2.10 CRITERIOS RECOMENDABLES PARA LOS FILTROS.....	17
2.10.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN FILTRO .....	17
2.11 . MATERIAL FILTRANTE.....	19
2.11.1 ZEOLITA .....	19
2.11.2 FIBRA DE COCO .....	20
2.11.3 GRAVA.....	22

2.12	. REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES .....	22
2.13	. REMOCIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES .....	23
2.14	. VARIACIÓN DE pH.....	23
2.15	. porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno .....	23
2.16	porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno 5...	24
2.17	porcentaje de remoción de nitrógeno .....	24
3	CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	25
3.1	UBICACIÓN .....	25
3.2	DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.3	MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
3.4	FACTOR EN ESTUDIO.....	26
3.5	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	27
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	28
3.7	OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES .....	28
3.8	PROCEDIMIENTOS .....	29
3.8.1	FASE I. DIAGNÓSTICO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA .....	29
3.8.2	FASE II. DETERMINAR LA EFICIENCIA DE UN FILTRO DE FIBRA DE COCO Y ZEOLITA PARA LA REMOCIÓN MATERIA ORGÁNICA EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA	30
3.8.3	FASE III. elaborAR UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA AGUAS RESIDUALES DE ALMIDÓN DE YUCA,	

MEDIANTE EL USO DE FILTRO RÁPIDO DE FIBRA DE COCO Y ZEOLITA

31

4	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1	DIAGNÓSTICO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA .....	33
4.1.1	MUESTREO DE AGUA RESIDUAL.....	33
4.1.2	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL.....	33
4.2.	DETERMINACIÓN DE UN FILTRO DE FIBRA DE COCO Y ZEOLITA PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA .....	35
4.2.1.	EXTRACCIÓN DE FIBRA DE COCO .....	35
4.2.2.	ELABORACIÓN DEL FILTRO .....	36
4.2.3.	PORCENTAJE DE REMOCIÓN .....	38
4.2.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	43
4.2.4.1.	ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DEL DÍA 1 .....	44
4.3.	ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES, MEDIANTE EL USO DE FILTRO RÁPIDO DE FIBRA DE COCO Y ZEOLITA .....	45
5	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
5.1.	CONCLUSIONES .....	48
5.2.	RECOMENDACIONES .....	48
	BIBLIOGRAFÍA.....	50

## CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS Y ECUACIONES

<b>Tabla 2.1.</b> Criterio de calidad de agua de uso o agrícola o riego .....	10
<b>Tabla 2.2.</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	10
<b>Tabla 2.3.</b> Criterios recomendables para la construcción del filtro.....	17
<b>Tabla 3.1.</b> Factor de estudio .....	27
<b>Tabla 3.2.</b> ANOVA .....	28
<b>Tabla 3.3.</b> Operativización de variables. ....	28
<b>Tabla 4.1.</b> Zona de estudio.....	33
<b>Tabla 4.2.</b> Resultados de la caracterización de agua residual .....	34
<b>Tabla 4.3.</b> Dimensiones del filtro mediante fórmulas .....	36
<b>Tabla 4.4.</b> Porcentaje de remoción de SST.....	39
<b>Tabla 4.5.</b> Porcentaje de remoción de SDT .....	40
<b>Tabla 4.6.</b> Porcentaje de remoción de pH .....	41
<b>Tabla 4.7.</b> Porcentaje de remoción de DQO.....	41
<b>Tabla 4.8.</b> Porcentaje de remoción de DBO5 .....	42
<b>Tabla 4.9.</b> Porcentaje de remoción de N .....	43
<b>Tabla 4.10.</b> ANOVA del porcentaje de remoción día 1 .....	44
<b>Tabla 4.11.</b> ANOVA del porcentaje de remoción día 2.....	44
<b>Tabla 4.12.</b> ANOVA del porcentaje de remoción día 3.....	45

<b>Figura 3.1.</b> Ubicación de la zona de estudio .....	25
<b>Figura 4.1.</b> Proceso de la extracción de la fibra de coco. ....	36
<b>Figura 4.2.</b> Diseño del Filtro .....	37
<b>Figura 4.3.</b> Estructura metálica .....	37
<b>Ecuación 2.1.</b> Cálculo del área del filtro .....	17
<b>Ecuación 2.2.</b> Cálculo del diámetro .....	18
<b>Ecuación 2.3.</b> Cálculo del volumen del filtro .....	18
<b>Ecuación 2.4.</b> Cálculo de la eficiencia del filtro .....	18

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar un filtro rápido para el tratamiento de aguas residuales de almidón de yuca, en el sitio Bejuquillo – Canuto, para la remoción de SST, SDT, pH, N, DBO<sub>5</sub> y DQO, utilizando como material filtrante zeolita, fibra de coco y grava, formando una combinación de 30 g, 60 g y 90 g entre ellos en las unidades experimentales. Se aplicó un DCA con arreglo factorial de 3X3 aplicando el software InfoStat, Excel, Análisis de Varianza y la prueba de Tukey. Se tomó la muestra de agua residual de yuca en un periodo de 3 días, durante 4 horas, desde las 08h00 a 12h00, cada 30 minutos. En el día 2 alcanzó una remoción altamente significativa de acuerdo con la prueba de tukey con un 0,05% de probabilidad de error, demostrando que el T8 (90 g zeolita, 60 g fibra de coco, 100 g de grava) en N (98.86%) y SST (74.59%), en el T9 (90 g zeolita, 90 g fibra de coco, 100 g grava) en DBO5 (71.80%) fueron los más eficientes y el pH representó un rango entre 6-7. Para finalizar, se contó con la implementación de una guía de buenas prácticas que busca brindar una información acerca de tecnologías limpias (filtro), el cual permitió dar un tratamiento previo al agua residual antes de su vertimiento al ambiente sin causar daño o a su vez darle un segundo uso en otra actividad productiva.

## PALABRAS CLAVES

Agua residual de almidón de yuca, filtración, fibra de coco, zeolita, grava

## ABSTRACT

The purpose of the investigation was to evaluate a rapid filter for residual starch at Bejuquillo-Canuto for the remotion of SST, SDT, pH, N, DBO<sub>5</sub>, and DQO. Making use of zeolite, coconut fiber, and gravel as filtering materials. Forming a combination of 30 g, 60 g, and 90 between them in the experimental units. A DCA was applied with a 3X3 factorial arrangement applying InfoStat software, Excel, Analysis of Variance, and Tukey's test. A sample was taken from the *yuca* wastewater for 3 days for 4 hours. From 08:00 a. m. to 12:00 p. m., every 30 minutes. On the second day, it reached a significant remotion of the Tukey's test with a 0.5 % probability of error. Showing that the T8 (90 g of zeolite, 60 g of coconut fiber, 100 g of gravel) on N (98.86 %) and SST (74.59 %), on the T9 (90 g of zeolite, 90 g of coconut fiber, and 100 g of gravel) on DBO<sub>5</sub> (71.80 %) were the most efficient and the pH was around a range of 6-7. Finally, there was the implementation of a good practices guide that seeks to provide information about clean technologies (filter) allowing to give a previous treatment to wastewater before its discharge into the environment without causing damage or to give it a second use in another productive activity.

## KEYWORDS:

Yucca starch wastewater, filtration, coconut fiber, zeolite, gravel.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el problema de la contaminación en el mundo se agrava por las diferentes actividades del ser humano que a diario afectan el medio ambiente, debido a que se vierten sustancias contaminantes de origen orgánico como inorgánico, los que se consideran causantes del desequilibrio en los ecosistemas, siendo una de las mayores preocupaciones en la actualidad (Información personal de autoras).

Ecuador es un país agropecuario con extensas zonas cultivables y no aprovechables que producen una gran variedad de materia prima, productos agrícolas, pecuarios y agroindustriales. Según Suárez *et al.*, (2011), la yuca es la cuarta fuente de producción global, por otra parte, Intriago *et al.*, (2014) comenta que en el ámbito nacional existe aproximadamente de 27 mil a 30 mil hectáreas las que se cultivan en 18 provincias del país.

Gallardo (2017), indica que en un estudio realizado, en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento, con la utilización de fibra de coco, dio como resultado una remoción de 35,09% de sólidos totales así como también un 94,03% de DBO<sub>5</sub> y un 87,76% de DQO, demostrando que los dos materiales filtrantes son eficientes en los procesos de remoción en aguas residuales, que a su vez son de fácil acceso; así mismo, en otra investigación realizada por Guerrero *et al.*, (2018) se evidencia que la zeolita se la utiliza en la descontaminación de aguas residuales logrando así la reducción mediante el mejoramiento de los parámetros físico-químicos.

Sabar (2015), señala que un sistema de filtración rápido en el tratamiento de aguas residuales es esencial, ya que el mismo puede utilizarlo con diferentes materiales como carbón activado, zeolita, arena, piedras, fibra de coco, cascarilla de arroz, entre otros, los que poseen características aptas para la remoción de sólidos suspendidos en el proceso de filtración.

Torres *et al.*, (2003) señalan que en Chone, con énfasis en la parroquia Canuto en la comunidad San Pablo de Tarugo existen plantas procesadoras de almidón; que de acuerdo a lo expuesto por Marmolejo *et al.*, (2008) durante el proceso de extracción de almidón de 1000 kg (MS: 400 Kg; H: 600 Kg) de yuca se requiere 10233,4 m<sup>3</sup> de agua, dando como resultado 234 Kg de producto final, generado 1740,1 Kg (MS:194,1 Kg; H: 1546 Kg) de residuos sólidos y 8907,5 L de residuos líquidos.

En las plantas procesadoras de almidón de yuca de la zona en estudio; la cáscara, tallos y hojas suelen ser aprovechados en la alimentación de animales, por otro lado el afrecho es vendido para la elaboración de balanceados debido a su valor energético, mientras que los efluentes líquidos generados en esta actividad son vertidos al ambiente sin ser tratados, conteniendo una alta carga contaminantes de materia orgánica (Información personal de las autoras).

Baquero *et al.*, (2010) afirma que al no contar con un tratamiento para aguas residuales causa un gran daño al medio ambiente; esto se genera por el excesivo costo de tecnologías convencionales como tratamientos biológicos, tratamientos para la eliminación de materia en suspensión y disuelta o a su vez por la falta de conocimientos para la aplicación de los mismos.

En la planta procesadora de almidón de yuca el agua residual que se genera no cuenta con un debido tratamiento para la eliminación de materia orgánica ya que es almacenada a cielo abierto, la práctica cotidiana consiste en vertir las aguas residuales por medio de bombas a los cultivos para evitar su fermentación la que con el pasar de los días emana olores desagradables, lo que esta causando una alta acumulación de residuos de yuca en el suelo (Información personal de las autoras), que de acuerdo a Cury *et al.*, (2017), los residuos orgánicos tardan aproximadamente en descomponerse de 2 a 10 días, y lo antes mencionado es un proceso que se realiza diariamente, causando que el suelo se sature.

Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente interrogante:

¿La aplicación de un filtro de fibra de coco y zeolita, incidirá favorablemente en el tratamiento de aguas residuales provenientes de los procesos de almidón de yuca, en el sitio Bejuquillo - Canuto?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde lo teórico la propuesta tiene sustento en investigaciones realizadas por Burgos *et al.*, (2015) quienes indican que la función de los filtros es de separar partículas y microorganismos, por ende, como resultado al utilizar un filtro rápido se garantizará resultados positivos ya que en la actualidad estos se consideran parte de las tecnologías limpias en industrias siendo los más usados que, al aplicarlo debidamente con un buen diseño, es posible adquirir agua de calidad.

Moreno (2013), señala que la fibra de coco tiene bajo costo ya que posee condiciones favorables como una gran superficie de adherencia respecto a los microorganismos, tiene bajo peso específico la que permite que la infraestructura de contención sea menos compleja y una vida útil larga, Toro *et al.*, (2006), afirma que la zeolita es considerada como un medio filtrante la que remueve sólidos contenidos en el agua, sustancias y bacterias, dando una gran capacidad de eficiencia y remoción superior a la arena y otros minerales depurando agua residuales industriales.

Desde lo político y legal, el estudio es relevante como lo evidencia la Secretaría Nacional de Desarrollo (SENPLADES 2017), que promueve el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda Una Vida” garantizando los derechos durante todo el ciclo de vida que implica una visión integral e inclusiva para que nadie quede fuera, a través de políticas públicas y programas para el desarrollo social y humano garantizando el acceso y calidad del agua reduciendo la vulnerabilidad ambiental, teniendo la urgencia de tomar acciones para el manejo en la calidad de agua.

Desde lo metodológico y práctico el estudio se realiza con la finalidad de proveer información ambiental, sobre la planta procesadora de almidón de yuca, en el sitio Bejuquillo - Canuto, la que desechan sus aguas residuales el suelo contaminándolo ya que no cuenta con ningún tratamiento previo al vertimiento. Que, por los problemas generados en la comunidad, se busca brindar una solución para el tratamiento de estas aguas con la implementación de un filtro rápido de fibra de coco y zeolita con la finalidad de remover sólidos, sustancias y bacterias provenientes de las aguas residuales de la producción de almidón de

yuca, el cual será un sistema de tratamiento que genere una condición óptima de las aguas residuales para el riego de sus cultivos.

Se pretende aplicar este tipo de tecnología, adaptada a la problemática ambiental de esta comunidad, tratando de encontrar una solución técnica para el tratamiento de las aguas residuales en el procesamiento de almidón de yuca.

### **1.3. OBJETIVOS**

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

Evaluar el filtro rápido de fibra de coco y zeolita para el tratamiento de aguas residuales de almidón de yuca, de la planta procesadora de almidón de yuca, en el sitio Bejuquillo - Canuto.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar las aguas residuales provenientes del procesamiento de almidón de yuca.
- Determinar la eficiencia de un filtro rápido de fibra de coco y zeolita para la remoción de carga orgánica de las aguas residuales del procesamiento de almidón de yuca.
- Elaborar una guía de buenas prácticas ambientales para aguas residuales de almidón de yuca, mediante el uso de filtro rápido de fibra de coco y zeolita.

### **1.4. IDEA A DEFENDER**

La utilización de un filtro a base de fibra de coco y zeolita incide positivamente en el tratamiento de aguas residuales provenientes del procesamiento de almidón de yuca.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ALMIDÓN**

El almidón se lo encuentra en pequeños gránulos con tamaño, forma y característica, son insolubles en el agua a temperatura ambiente y en la mayoría de solventes orgánicos. El tamaño de almidón varía entre 10 y 100  $\mu\text{m}$  de diámetro y es un valor determinante de su procesabilidad. Las propiedades funcionales del almidón y sus productos dependen de su naturaleza, morfología y estructura (Pardo *et al.*, 2013).

### **2.2 PROCESO Y ELABORACIÓN DE ALMIDÓN**

El proceso de extracción de almidón de yuca a través del rallado tiende a romper las paredes celulares cuya finalidad es liberar los gránulos de almidón, luego se agrega agua para realizar la filtración, para así lograr la separación de las partículas de almidón suspendidas en el medio líquido de aquellos que son relativamente más grandes, como los componentes de la fibra, posteriormente se elimina el agua y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón, para finalmente dar un purificado y secado (Cobana *et al.*, 2007).

### **2.3 AGUAS RESIDUALES DE ALMIDÓN**

Rodríguez *et al.*, (2003), afirma que las aguas residuales provenientes del proceso de producción de almidón, exhiben una cíclica carga orgánica como DBO<sub>5</sub> y DQO, además la presencia de sólidos disueltos y compuestos cianurados de alta toxicidad. Torres *et al.*, (2003), por otra parte, indica que en el proceso de extracción la cantidad de agua utilizada es variable, debido a la cantidad de yuca que se vaya a utilizar se generan residuos con una DQO del orden 2500 – 5500 mg/l, representando una carga contaminante de 15.5 y 3.5 ton/días de DQO y DBO<sub>5</sub> respectivamente.

## **2.4 USO DEL AGUA RESIDUAL EN EL SUELO**

Espigares *et al.*, (2003) comenta que el uso de aguas residuales en la agricultura tiende a aumentar el ingreso de materia orgánica y nutrientes en los suelos cultivados siendo así que contribuye a mantener e incrementar la fertilidad del mismo, sin embargo puede llegar a causar efectos ambientales nocivos que deterioren la calidad del suelo, por su utilización sin tener un tratamiento de descomposición que permita la liberación de moléculas orgánicas e inorgánicas enlazadas a ella que puedan generar problemas dado a su alto contenido de sales y la presencia de algunos microorganismos patógenos.

### **2.4.1 AFECTACIONES DEL AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE ALMIDÓN EN EL SUELO**

Guadarrama *et al.*, (2015) indica que la escasez de agua para el riego en la producción agrícola, han contribuido que a nivel nacional aumente el interés en el reuso de aguas residuales.

Torres (2007) comenta que las aguas residuales del proceso de almidón se describen por poseer valores bajos de pH, ausencia de alcalinidad bicarbonática, elevada acidez, alto nivel de ácidos grasos volátiles, elevado contenido de materia orgánica con poca capacidad de sedimentación y en los tubérculos, contiene compuestos precursores de ácido cianhídrico (HCN) conocidos como cianógenos es un compuesto muy tóxico; considerado lo establecido por Sarria (2011) las aguas residuales generadas en dichos procesos no bien caracterizadas, muestran un elevado contenido orgánico con cianuros (CN<sup>-</sup>) generados por los tubérculos el cual es considerado tóxico para los humanos, flora y fauna acuática.

## **2.5 CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL**

Según León (2015) es un proceso integral que permite conocer las características confiables para la toma de muestras en medición de caudal e integración de los compuestos físicos y químicos del agua residual

## **2.5.1 TÉCNICAS DE MUESTREO**

Reutelshofer *et al.*, (2015) comenta que existen diferentes técnicas de muestreo las cuales poseen ventajas, desventajas y usos distintos. En el presente estudio se realizó un muestreo aleatorio simple considerando por sus características que es aquella que la toma en un tiempo y lugar determinado, para llevar a cabo su análisis individual. Cuando surgen varios puntos de vertido, se considera que es una muestra simple, integrada por cantidades proporcionales al caudal de cada punto (Instituto de Toxicología de la Defensa, 2016).

## **2.6 PARÁMETROS**

Gutiérrez (2012) determina que para la planificación de un programa de muestreo se debe definir los parámetros físicos-químicos y biológicos que van a ser medidos considerando como referencia, la actividad que desarrolla la industria.

### **2.6.1 PARÁMETROS FÍSICOS**

#### **2.6.1.1 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)**

Como es indicado por la Organización Mundial de la Salud (2004) los sólidos disueltos totales constan de sales inorgánicas y porciones de materia orgánica que están disueltas en el agua.

Gil (2002) revela que los sólidos disueltos totales pueden ser dañinos, debido a sus concentraciones estas pueden ser excesivamente altas o bajas pueden llegar a causar la muerte, considerando la densidad del agua dado que determina el flujo hacia las células de un organismo o un medio acuático, de igual manera Chávez *et al.*, (2013) afirma que la absorción selectiva de los diferentes largos de onda que integran el espectro visible es afectado por la penetración de la luz.

#### **2.6.1.2 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)**

Los sólidos suspendidos totales de una muestra de agua natural, doméstica o industrial, describe a la parte de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que compone de moléculas orgánicas, inorgánicas e iones que se están

presentes en disolución del agua (Rodríguez, 2009), en tal caso Sánchez *et al.*, (2014) presenta que los sólidos suspendidos totales son conocidos como un factor de obstrucción total y general impidiendo el paso libre del líquido.

### **2.6.1.3 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

De acuerdo con Liso *et al.*, (2000) el pH es considerada una magnitud cuantitativa, que presenta una medida de acidez de la disolución, expresándolo en valores numéricos plasmando 0 al 6 son ácidos, del 8 al 14 son básicos y para una disolución neutra de pH es 7, los valores extremos causar muerte de peces y altas alteraciones en la fauna (Merino, 2018).

Jiménez (2000) ratifica que las aguas con valores menores de 7 son aguas ácidas y causan corrosión de las piezas que estén en contacto, cuando se presentan valores mayores de 7 provocan precipitación de sales insolubles cabe mencionar que el pH puede tener cambios en medias estando a una temperatura de 20°C.

## **2.6.2 PARÁMETROS QUÍMICOS**

### **2.6.2.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)**

La demanda bioquímica de oxígeno según Jiménez (2000) se determina por medio de la prueba de DBO de 5 días, posee un límite mínimo detectable < 2 mg/L O<sub>2</sub>, se encarga de determinar la cantidad de carbono existente en una muestra de agua residual.

### **2.6.2.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**

La demanda química de oxígeno se calcula en el laboratorio bajo condiciones determinadas y es expresada en mg/l, se encarga de evaluar la cantidad de oxígeno necesaria para la degradación química de la materia orgánica de aguas naturales y servidas (Robayo *et al.*, 2015).

Torres *et al.*, (2005) indican que con el 70% de remoción o considerando un tiempo de retención hidráulica superiores a 12 h, logra la disminución del efecto contaminante en aguas residuales de extracción de almidón de yuca brindando

dar a la misma múltiples usos, por otro lado, Jiménez (2000) enuncia que el valor de DQO es mayor que DBO<sub>5</sub>, pues no toda la materia oxidable químicamente (condiciones energéticas) ha de ser biooxidable (condiciones suaves).

### **2.6.2.3 NITRÓGENO**

Según Macloni (2014) es un compuesto esencial para la síntesis de proteínas por poseer nitrógeno amoniacal, nitritos y nitrógeno orgánico en menores cantidades, se aplica el método espectrofotométrico para su cuantificación.

La contaminación en los recursos hídricos generado por el nitrógeno se origina por fuentes ya sea difusa o puntual; para la fuente difusa se origina por lixiviado de nitrógeno desde la superficie hacia los cuerpos de agua subterráneos y superficiales por medio de un área muy amplia, para la fuente puntual la contaminación se origina en una área localizada y restringida, tratándose normalmente de vertidos residuales o efluentes (Eugercios *et al.*, 2017).

## **2.7 PROCESO DE ESTERILIZACIÓN DE LOS ENVASES POLIETILENOS**

Aristizábal (2013) detalla los pasos que se debe tener en cuenta para esterilizar los envases de polietilenos.

- Seleccione un recipiente de aluminio, de acuerdo con el número y altura de los envases (es conveniente tener en cuenta que al ser introducidos en el recipiente los envases deberán quedar totalmente cubiertos por el agua).
- Ubique los envases dentro del recipiente y agréguele agua, directamente de la llave, hasta llenar los envases y coloque las tapas boca arriba de ellos.
- Ponga el recipiente al fuego y deje hervir el agua 15 minutos.
- Tape el recipiente cuando empiece a hervir el agua y a partir de ese momento controlar el tiempo.
- Después del tiempo de esterilización de los envases y las tapas, coloque el recipiente en un sitio seguro para que se enfríe a temperatura ambiente.
- Por último, se procede a secar los envases, hasta el momento de su uso.

## 2.8 CARGA MÁXIMA PERMISIBLE

El libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Anexo 1. Norma de calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua (2014) hace referencia a los límites máximos permisibles que un agua residual debe contar para poder ser vertida al ambiente (Tabla 2.1)

**Tabla 2.1.** Criterio de calidad de agua de uso o agrícola o riego

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/l	3000,0
Nitrógeno	N	mg/l	30,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9

Fuente: Texto Unificado de Legislación de Medio Ambiental (2014)

Norma general para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce haciendo referencia a los criterios encontrados en la tabla 9 límites máximo de descarga a un cuerpo de agua dulce (Tabla 2.2.).

**Tabla 2.2.** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200

Fuente: Texto Unificado de Legislación de Medio Ambiente (2014)

## 2.9 SISTEMA DE PRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El pre tratamiento en aguas residuales es una etapa indispensable para su disposición final, por ese motivo los equipos empleados deben funcionar de forma excelente se sugiere los siguientes pasos; se inicia con el cajón de entrada del agua residual, al que pueden llegar cualquier tipo de materiales ya sea desde

palos, plástico, aceites, cartones que en consecuencia pueden causar retrasos en la operatividad y no alcanzar resultados favorables (Macías, 2000).

Vargas (s.f.), indica que las operaciones unitarias junto a un conjunto de procedimientos físicos, químicos y biológicos son responsables de eliminar y disminuir la contaminación de las aguas residuales, por eso es necesario implementar dicho proceso. Montes (2015), se refiere que en la cabecera de la línea de agua se incorporan funciones de:

- Sistema de tratamiento.
- Importancia de la instalación.
- La calidad de agua (presencia de menos o mayor cantidad de grasas, sólidos y arenas).

### **2.9.1 TRATAMIENTO PRIMARIO**

Según Valencia (2013) el sistema más fácil en tratamientos de aguas residuales son los que se encargan de prepararla, limpiándola de partículas que por sus dimensiones pueden alterar el proceso continuo, en esta parte del proceso se puede remover un 60% de sólidos suspendidos y entre un 30-40% de la demanda química de oxígeno.

Rocaldo (2014), detalla que en esta etapa se toma en cuenta las operaciones físicas como tanques de sedimentación, la flotación y rejillas para eliminación de los sólidos sedimentados y flotantes en el agua residual, a su vez Chávez (2017) menciona que trata de eliminar:

- Sólidos o materiales que pueden llevar a provocar problemas en los tratamientos posteriores.
- Partículas sedimentables o arenas que producen inconvenientes en la etapa de eliminación de la contaminación.
- Espuma y grasas que en un momento dado puedan causar problemas de aireación principalmente y por último pueden llegar a la superficie y adherirse al objetivo.

Montes (2015) menciona que los sólidos en suspensión incluidos en este tratamiento son:

- Los sólidos sedimentables (sedimentan al reposar por 1 hora).
- Los flotantes y los sólidos coloidales (tamaño entre 10 a 3 micras).

### **2.9.1.1 FILTRACIÓN**

Perea *et al.*, (2014) explican que es un proceso que tiene como finalidad separar el material particulado y coloidal, a través de la masa de agua que pasa por un medio granular, favoreciendo el control de riesgo microbiológico y parasitológico debido a la remoción de protozoos y bacterias, López (2017) comenta que la filtración se realiza en diferentes formas empezando con la utilización del tipo de medio poroso ya sea papel filtro o pastas arcillosas, seguido por medios granulares como zeolita, graba, carbón activado entre otros, por último con una carga superficial baja donde se encuentran los filtros lentos, o una carga superficial alta como los filtros rápidos.

Para evitar que en el sistema exista obstrucción es trascendental que las partículas sean retenidas en el interior, por eso es necesario tomar en cuenta el tamaño adecuado del material filtrante que se vaya a utilizar (Romero, 2008).

### **2.9.1.2 MECANISMO DE FILTRACIÓN**

Maldonado (2004) narra que las partículas del medio filtrante son activas en distancias muy pequeñas debido que al encontrarse en la superficie suelen ser removidas por la fuerza que se mantienen entre ellas; se puede decir que la filtración está constituida por dos mecanismos totalmente diferentes pero que es complementario y necesario, como lo es indicado por (Cristóbal, 2005).

#### **1) Mecanismo de transporte**

Es el transporte de las partículas considerando que es el resultado de un fenómeno físico e hidráulico, que actúa indispensablemente en los parámetros que intervienen en la transferencia de masas teniendo algunos mecanismos que se encargan del transporte interno de los poros en el medio filtrante contando con los siguientes mecanismos:

- Cernido
- Difusión
- Intercepción
- Sedimentación
- Impacto inercial
- Acción hidrodinámica
- Mecanismo de transporte combinado

## 2) Mecanismo de adherencia

Este mecanismo se encarga de la adherencia entre las partículas y granos conocido como un fenómeno de acción superficial, que actúa por los parámetros físico-químico, se pueden fijar directamente a la superficie de los granos y a las partículas que han sido retenidas que cuentan con:

- Puente químico
- Fuerzas electroquímicas
- Fuerzas de Vander Waals

### 2.9.1.3 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA FILTRACIÓN

Según Espinoza *et al.*, (2013) los elementos que intervienen en la filtración son importantes entre los que encuentran:

- Medio filtrante
- Filtro con sólidos en suspensión
- Fuerza, diferencia de presión la cual exija que el flujo continúe.
- Dispositivo mecánico, denominado filtro el cual se encarga de dar soporte al medio filtrante.

### 2.9.1.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FILTRACIÓN

Ordoñez *et al.*, (2017), detalla los factores que influyen a continuación:

- Material filtrante
- Velocidad de filtración

- Sólidos en suspensión
- Características físicas (volumen, tamaño, densidad)
- Características químicas (pH, potencial Z)
- Temperatura
- Dureza de la partícula

### 2.9.1.5 CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS

Merino *et al.*, (2007) indica que los filtros se clasifican de la siguiente manera:

#### VELOCIDAD DE FILTRACIÓN

- **Filtros rápidos**

Sánchez *et al.*, (2006) dice que para la aplicación filtros rápidos es necesario utilizar dos o más capas de material filtrante en diferentes tamaños, gruesa en la parte inferior y fina en la superficie, con la finalidad que cumpla con la función de remover la materia orgánica, luego que el agua residual pase por el lecho filtrante, la cual pasa desde la superficie hasta llegar al fondo del filtro alcanzando un sistema de drenaje.

También se considera que pueden llegar a tratar grandes caudales de agua por metros cuadrado alrededor de 120 m<sup>3</sup>/día Lira (1920). Según lo establecido por Vásquez (2019) la filtración rápida es necesario tener en cuenta los medios granulares que se utilizarán para obtener una mejor uniformidad, un pre tratamiento, un retrolavado, con el que se podrán eliminar partículas acumuladas.

Para la filtración rápida se utilizó como material filtrante fibra de coco y zeolita, como soporte impidiendo que las partículas de gran tamaño se queden retenidas en la parte superior del filtro, este tipo de filtros se utilizan cuando hay una alta carga superficial tomando en cuenta las propiedades del agua a filtrar (Molina, 2016).

Los filtros necesitan un mantenimiento de 8 a 30 días, el cual puede variar debido al tipo y tamaño del material filtrante (Pérez, 2006). Con el paso del tiempo el material filtrante se va recargando de material contaminante y a

consecuencia de ello se atasca excesivamente y pierde la calidad del filtrado, se considera que el tiempo de lavado es entre 5 y 3 minutos (Otero, 2006).

- **Filtros lentos**

Se encarga de remover materia orgánica y diferentes tipos de contaminantes tendiendo a ser una alternativa favorable para obtener una agua de calidad, suele ser utilizado comúnmente en comunidades pequeñas por su bajo costo económico, por su facilidad de uso y mantenimiento del sistema (Flores *et al.*, s.f).

## MEDIOS FILTRANTES

- **Fibra de coco.** – Es considerada como un recurso renovable sin ocasionar afectaciones medioambientales tenido capacidad de retención de agua Buenafuente *et al.*, (2004) adicionalmente también cuenta con una capacidad de mejor respiración, es reciclable y mejor no reacciona con ningún tipo de contaminante (Montañez *et al.*, 2009).

- **Zeolita.** – Es un material caracterizado por ser intercambiador de iones, adsorbente y catalizador que tiene innumerables aplicaciones entre las más importantes reducir la contaminación generada en aguas residuales, puede reducir la dureza del agua, tiene como beneficio en la agricultura ser un fertilizante de la productividad entre otros beneficios (Ostroumov *et al.*, 2003).

- **Grava.** – Esta es de origen natural o artificial obtenida en pequeños fragmentos mayores de 2mm y con un tamaño menor de 7.62 cm, suele encontrarse a las orillas de los ríos o en procesos de fabricación (Culma *et al.*, 2018).

- **Antracita.** – Es un carbón utilizado industrialmente puesto que es generadora de energía a razón de utilizarse como combustible, se encuentra en tamaños de 0.6 y 62 mm, tiene múltiples benéficos entre estas la de abrasión, cuenta con una alta capacidad de remoción, una baja tendencia de la aglomeración, por ende, es utilizada para la purificación de agua (Lindarte *et al.*, 2017).

- **Arena.** – Es un grano encargado de la retención en unidad ecológica y estructural de los fangos activos partiendo del proceso de depuración biológica los que no pueden ser separados por decantados, esto lo hace un material eficaz en los tratamientos de aguas (Batista *et al.*, 2016).
- **Carbón activado.** – Es utilizado en amplios campos entre ellos la descontaminación de aguas residuales las que previo un tratamiento pueden quedar libre de contaminante como la materia orgánica, nitratos, metales pesado entre otros por ser un medio de adsorción, está compuesto por 0.5% de hidrógeno 6%, de 5 a 10% de cenizas de oxígeno y por último entre un 75 a 80% de carbono (Lindarte *et al.*, 2017).

### **PROFUNDIDAD DEL LECHO**

- Filtros profundos (L= 0.9 – 2.40m)
- Filtros convencionales (L= 0.6 – 0.75m)

### **CARGA SOBRE EL LECHO FILTRANTE**

- Filtros por gravedad
- Filtros presurizados (sistema de bombeo)

### **SENTIDO DEL FLUJO**

- Flujo descendente

La característica de este sistema es asegura resultados favorables ya que tiene un fácil manejo siendo ampliamente empleados en plantas de tratamientos de aguas (Vargas, 2018).

- Flujo ascendente

La característica de este sistema es que por la parte superior entra el agua residual o el agua a tratar realizando su travesía por el medio filtrante hasta llegar a la parte inferior ya filtrada en un falso fondo (Vargas, 2018).

## 2.10 CRITERIOS RECOMENDABLES PARA LOS FILTROS

Lenntech (2010) propone los siguientes parámetros a seguir en la construcción de un filtro.

**Tabla 2.3.** Criterios recomendables para la construcción del filtro

Criterios de diseño	Valor	Unidad
Velocidad lineal	2 - 8	m/h
Tiempo de contacto	10 – 30	Min
Diámetro	50 - 300	Cm
Área de filtración	0,2 - 7	m <sup>2</sup>
Caudal	0,01 – 100	m <sup>3</sup> /h
Materiales del buque	----	Acero inoxidable
Profundidad	1 a 10	M
Medios filtrantes	Fibra de coco, zeolita y grava	G
Renovación	1 - 32	Semanas

Fuente: Lenntech (2010)

### 2.10.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN FILTRO

El diseño del filtro se lo realizará tomando la referencia de Ávila *et al.*, (2016) en el cual explica el proceso de la elaboración del filtro y cuáles son los parámetros de diseño a utilizar, detallándose a continuación:

- **Cálculo del área del filtro**

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad [2.2]$$

Ecuación 2.1. Cálculo del área del filtro

Donde:

**A** = área

**D** = diámetro

- **Cálculo del Diámetro**

$$D = \frac{C}{\pi}$$

**Ecuación 2.2.** Cálculo del diámetro

Donde:

**C**= Círculo

**D** = diámetro

- **Cálculo del volumen del filtro**

$$V = A * H \quad [2.3]$$

**Ecuación 2.3.** Cálculo del volumen del filtro

Donde:

**V** = volumen

**A** = área

**H** = altura

- **Cálculo de la eficiencia del filtro**

La eficiencia del filtro es determinada mediante la remoción de sólidos suspendidos totales y turbiedad, con análisis de laboratorio; obtenida en porcentajes mediante la siguiente formula expuesta por Chuchón *et al.*, (2008).

$$\%remoción = \frac{C_{afluente} - C_{efluente}}{C_{afluente}} * 100 \quad [2.4]$$

**Ecuación 2.4.** Cálculo de la eficiencia del filtro

Donde:

**C** = concentración del parámetro

Estos se pueden dividirse en:

- 1) Los que funcionan creando una barrera delgada la que permite la travesía solo y únicamente del fluido y no de las partículas sólidas que se encuentra en suspensión.
- 2) Los que funcionan creando una barrera gruesa al paso del fluido.

Un medio filtrante es una barrera que cumple con la función de separar las partículas en suspensión del fluido, estas partículas son retenidas en el filtro por ende el medio filtrante termina saturándose de partículas acumuladas y debe limpiarse para q continúe con el proceso de filtración (Medina *et al.*, 2007).

## **2.11 . MATERIAL FILTRANTE**

Se pueden dividir en dos grupos:

- 3) Los que actúan formando una barrera delgada que permite el paso solo del fluido y no de las partículas sólidas en suspensión.
- 4) Los que actúan formando una barrera gruesa al paso del fluido.

Un medio filtrante delgado promete ser una barrera en la cual los poros son más pequeños que las partículas en suspensión, estos son separado del fluido y retenidas en el filtro, por otra parte, los medios filtrantes gruesos los poros pueden ser un poco más gruesos que las partículas que se van a separar (Medina *et al.*, 2007).

### **2.11.1 ZEOLITA**

Este material es un aluminosilicato cristalino hidratado, que son obtenidas ya sea de origen natural o por medio de las erupciones volcánicas mediante las reacciones hidrotérmicas de las rocas volcánicas de silicio y ricas en álcalis, otra forma de obtenerla es por medio de origen sintético (Jiménez, 2004).

La zeolita se considera como un filtro mineral, gracias a sus características relevantes que constan con una estructura microporosa considerablemente estrecha que le confiere adsorbentes (Curi *et al.*, 2006).

### **2.11.1.1 PROPIEDADES DE LA ZEOLITA**

Principalmente depende de las propiedades fisicoquímicas de las que éstas dependan entre ellas la capacidad de intercambio iónico, adsorción y deshidratación-hidratación en procesos físicos que son empleados, adjuntamente con la estructura, la composición catiónica y su armazón molecular (Bascuñan, s.f).

- **ADSORCIÓN**

Este fenómeno se conoce generalmente por ser capaz de adsorber moléculas con diámetros menores al de la cavidad central, es decir que adsorben moléculas mucho más pequeñas mientras que las grandes son retenidas, debido a que los canales están completamente llenos de moléculas de agua en forma de esferas que envuelven los cationes intercambiables dependiendo claro del tipo de zeolita.

- **HIDRATACIÓN – DESHIDRATACIÓN**

Este es un fenómeno físico considerada como una propiedad importante ya que llega a ocurrir sin causar alteraciones y llegar a transformarse en función del armazón estructural, la presión la temperatura, siendo considerado un efecto directo endotérmico y la rehidratación exotérmica.

### **2.11.1.2 EFICIENCIA DE LA ZEOLITA**

Según Prócel (2016) la industria láctea en San Miguel de Nono (Ecuador) genera un alto impacto ambiental debido a la generación de efluentes, es por ello que se realizó un estudio en donde se implementó la biofiltración de efluentes con carga contaminantes 10.000 mg/L, en el sistema consistió de tres biofiltros en series y clarificación asistida con zeolita activada, obteniendo como resultado una degradación orgánica la cual alcanzó un 98,9% en remoción.

### **2.11.2 FIBRA DE COCO**

Fernández *et al.*, (2016) menciona que la cáscara de coco es considerada como una fibra de textura dura, la que es considerada con el poder de retener de agua,

García (2018) por su parte expresa que muchas biomásas presentan propiedades de adsorción y que en las partes del fruto no es una excepción ya que puede retener metales pesados como cadmio.

#### **2.11.2.1 EFICIENCIA DE LA FIBRA DE COCO**

En un estudio realizado por Reyes (2016) con la finalidad determinar la eficiencia del aserrín y la fibra de coco, al utilizarlo como empaques para la remoción de contaminantes en biofiltros para el tratamiento de aguas residuales, se demostró que la eficiencia de remoción en contaminantes de biofiltros con aserrín es del 53,53% que esta fuera de la norma por lo contrario del biofiltro de fibra de coco que fue mucho más alta con un 82,37% que si está dentro de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.

#### **2.11.2.2 EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE COCO**

En el procedimiento de extracción de la fibra de coco según (Montañez *et al.*, 2009) inicia con:

1. Obtención de la cáscara de coco (cubierta externa del coco), este paso se lo realiza manualmente.
2. Se utilizando una estaca de madera, fijada en la tierra a 90 cm aproximadamente en el que el coco se clava en la punta de la misma, para perforar la cáscara por partes.
3. Se continuará con un alisado, que no será más que ordenar o arreglar las cáscaras que contienen la fibra, de manera que pueda someter el enriado.
4. Se debe sumergir el material en un recipiente con agua donde cuidadosamente se colocarán piedras pesadas encima para que quede cubierto por el agua mientras ocurre el proceso de maceración.
5. Una vez desprendida la fibra, se procederá el lavado con fin de eliminar impurezas.
6. Se dejará secar el sol hasta que esta se encuentre completamente seca, un aproximado de doce horas.
7. Luego será sometida al rastrillado, cuya finalidad será limpiar, separar e igualar la fibra.

8. Se realizará con una tabla de rastrilla, la cual constará de una superficie plana de madera cubierta con alambre de púa.
9. La fibra de coco se pasará varias veces entre las púas, las que se desprenderán, al final es el pelo o fibra de mejor calidad y la que queda entre las púas será sometida a un nuevo rastillado recolectándose de esta forma la fibra a utilizar.

### **2.11.3 GRAVA**

Toapanta (2018) asegura que estas piedras son fragmentos de rocas grandes las que se han originado en el proceso de erosión, transporte y sedimentación siendo muy resistentes, el tamaño de los fragmentos se comprende entre 2 – 64 mm, por otra parte, Rodríguez (2018) manifiesta que estas pueden ser conseguidas de manera natural o a su vez originadas por el movimiento en los lechos de los ríos o por la mano del hombre.

#### **2.11.3.1 EFICIENCIA DE LA GRAVA**

De acuerdo con Arias (2018) la grava al ser empleada con microorganismos puede llegar a reducir la carga contaminante en aguas sucias logra obtener resultados satisfactorios ya que este se encarga de la depuración de aguas residuales, este material es considerado como permeable utilizado como medio poroso adhiriendo así el material contaminante.

## **2.12. REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Villamarín (2017) comenta que por medio de la ejecución de un proyecto experimental cuya finalidad es comprobar la eficiencia del material filtrante (Zeolita-Cascara de coco) en agua residual la concentración inicial es de 3,951 mg/L luego del tratamiento se obtuvo una reducción 126 mg/L equivalente al 96%

Comprobar la eficiencia del material filtrante (cascara de coco) en la remoción de sólidos del agua residual, por medio de la aplicación de la misma se constató que obtuvo un 52% de remoción. (Mendoza *et al.*, 2019)

El problema de las aguas residuales se da por el ineficiente manejo en el proceso de las industrias al no contar con un adecuado tratamiento, es por ello que se

busca evaluar la eficiencia de la fibra de coco en el proceso de filtración, ya que se considera que logra reducir aproximadamente un 35-40% la concentración de SST debido a que la fibra de coco es sometida a un tratamiento con finalidad de que sus propiedades no sean alteradas (Gallardo, 2017)

### **2.13. REMOCIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES**

Aprovechando la capacidad retención de sólidos y materia orgánica como un sistema de tratamiento en aguas residual, se genera un sistema de tratamiento para la aplicación del material filtrante zeolita, demostrando una eficiencia del 58,50% (Calderón., *et al* 2016).

Carreño *et al.*, (2018) manifiesta que el uso de zeolitas como parte de un procedimiento de filtración de agua, demostró que es eficaz ya que redujo significativamente un 96, 92%.

La aplicación de Zeolita dentro de un proceso de filtración a demostrado que es primordial ya que logra reducir los SDT entre un 35% y un 85% Vázquez, *et al.*, (s.f). Considerando lo que afirma Curi, *et al.*, (2006) las zeolitas naturales presentan como características relevantes una estructura microporosa que le confiere propiedades adsorbentes demostrando en más de 100 artículos técnicos que tratan de su uso como material filtrante siendo que las zeolitas están entre las más eficientes

### **2.14. VARIACIÓN DE PH**

Ordóñez (2017), manifiesta que el pH es considerado un factor importante en el proceso de absorción, debido a que puede influenciar en sus resultados.

Igualmente, Bravo *et al.*, (2017) menciona que despues de la travesia del agua por medios filtrantes tiende a aumentar.

### **2.15. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

De La Vega *et al.*, (2018) menciona que el trabajar con este tipo de proceso y material se sabe cuál es el consumo diario de agua por ende no se siempre se

tendrá la misma concentración de materia orgánica. Mientras Merizalde *et al.*, (2019) indica que al utilizar la grava como material filtrante en procesos industriales se puede llegar a reducir un 90% de material contaminante permite que se fije a la pared de la misma.

## **2.16 PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5**

Al utilizar zeolita estudios realizados por Cercado, *et al.*, (2019) para el tratamiento de aguas residuales domesticas se puedo llegar a obtener una eficiencia significativa del 93.74% de remoción. Por otra parte, Araya (2012) al realizar investigaciones utilizando zeolita y grava como materiales filtrantes llego a tener una remoción de 70% de remoción.

Para Reyes (2016) al utilizar zeolita y fibra de coco llego a obtener resultados del 80% de remoción, teniendo un porcentaje del 71.80% en este esta investigación obteniendo una diferencia mínima de remoción.

## **2.17 PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE NITRÓGENO**

Según Alcívar, *et al.*, (2018) al utilizar zeolita se puede corroborar certeza en la reducción de contaminantes entre un 70 a 75% de remoción en aguas residuales domésticas, mientras que Velasco (2015) afirma que con una cantidad considerable de zeolita tendría una mejor eficacia en remoción de material contaminante

Para finalizar De La Vega, *et al.*, (2018), al trabajar con grava y fibra de coco en su investigación obtuvo resultados del 74% de remoción en aguas residuales domesticas demostrando que la conjugación de estos materiales filtrantes es favorable en investigaciones como lo es al incorporar zeolita, fibra de coco y grava al estudio de aguas residuales industriales que llego a obtener un 98.86% de remoción.

# CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1 UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el sitio Bejuquillo, vía a San Pablo de Tarugo en el km 10, perteneciente a la parroquia Canuto del cantón Chone, provincia de Manabí – Ecuador (Figura 3.1.).

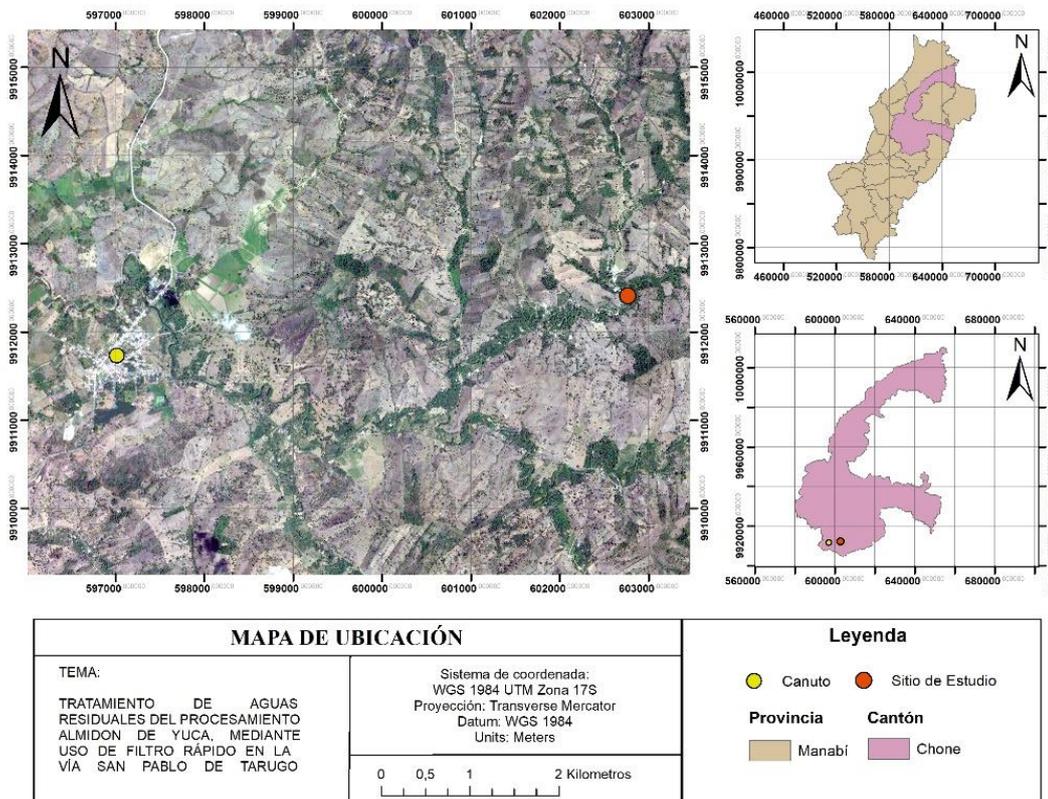


Figura 3.1. Ubicación de la zona de estudio

## 3.2 DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tuvo una duración de 6 meses, a partir de la aprobación del mismo.

## 3.3 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las autoras plantearon los siguientes métodos de investigación:

- **Método bibliográfico**

Este método se utilizó para la recopilación, análisis y selección de la información extraída de los diferentes medios tales como son los libros, revistas y artículos científicos, entre otros, con el fin de darles sustento teórico y científico a la investigación.

- **Método analítico**

Con este método se analizarán los resultados obtenidos en los parámetros establecidos del estudio.

- **Método cuantitativo**

Con la ayuda de este método se pudo utilizar expresiones matemáticas con las que se calcularon los resultados de las fórmulas implementadas.

- **Método de campo**

Se realizó una visita técnica a la zona de estudio, donde se obtuvieron las muestras para la realización de los análisis propuestos.

### **3.4 FACTOR EN ESTUDIO**

**Factor A:** Zeolita

- 30 g
- 60 g
- 90 g

**Factor B:** Fibra de coco

- 30 g
- 60 g
- 90 g

**Tratamientos.** Se presentan en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Tratamientos de acuerdo a los factores en estudio

Tratamientos	Cantidad (g)	Base	Agua
T1	Mezcla 30 g zeolita + 30 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L
T2	Mezcla 30 g zeolita + 60 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L
T3	Mezcla 30 g zeolita + 90 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L
T4	Mezcla 60 g zeolita + 30 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L
T5	Mezcla 60 g zeolita + 60 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L
T6	Mezcla 60 g zeolita + 90 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L
T7	Mezcla 90 g zeolita + 30 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L
T8	Mezcla 90 g zeolita + 60 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L
T9	Mezcla 90 g zeolita + 90 g fibra de coco	Grava 100 g	1 L

Fuente: Las autoras (2020)

### 3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Camposano (2014) menciona que los tratamientos se forman combinando los niveles de los factores en estudio, de manera que el efecto del tratamiento, se consideró como compuestos de efectos de los factores y su interacción.

Como diseño experimental se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo factorial de 3x3, dando un resultado de 9 tratamientos más 3 réplicas, obteniendo un total de 27 unidades experimentales, todos los tratamientos están compuestos por una constante de grava de 100 g, cabe recalcar que la misma puede reducir la contaminación, ya que es considerada como un material permeable y es utilizada como medio poroso adhiriendo así el material contaminante.

El análisis de varianza (ANOVA) se lo describe en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	29
Replicas	2
Tratamientos:	8
Factor A Zeolita	2
Factor B Cáscara coco	2
Interacción AxB	4
Error E.	19

FUENTE: Las autoras (2020)

### 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis estadístico utilizando el software InfoStat, en el que se aplicó la siguiente metodología:

- Análisis estadístico de la varianza ANOVA.
- Prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Se realizará el análisis estadístico en el software de Microsoft Excel:

- Gráficos estadísticos
- Porcentajes
- Promedios

### 3.7 OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3.3. Operativización de variables.

Variables	Descripción	Indicadores	Índices
<b>Independiente</b>			
Zeolita	Es un aluminosilicato	30	%
	caracterizado por tener una alta microporosidad y capacidad de adsorción (Flores <i>et al.</i> , 2016).	60	%
		90	%
Cáscara de coco	Es una propuesta	30	%
	innovadora para crear	60	%
	productos de trabajo de	90	%

mayor dureza y resistencia  
(Cano *et al.*, 2018).

		<b>Dependiente</b>	
		Sólidos disueltos totales (SDT)	µm
		Sólidos suspendidos totales (SST)	µm
		Potencial de hidrogeno (pH)	
Caudal de filtración	Es el caudal destinado a cada filtro, una herramienta útil junto con el área del filtro de cada unidad (Salsona. 2003).	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l
		Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l
		Nitrógeno	ppm
Porosidad	Es la capacidad de dejar circular fluidos ya se en fase líquida o gaseosa, por medio de espacios presentes en la estructura (González. 1996).	Tamaño de la partícula	mm

Fuente: Las autoras (2020)

### **3.8 PROCEDIMIENTOS**

El procedimiento se elaboró de acorde a los objetivos antes expuestos, los que constaron de tres fases de las que cada una se desglosa varias actividades.

#### **3.8.1 FASE I. DIAGNÓSTICO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA**

Para la ejecutar de esta fase, se tomó la muestra del efluente en el proceso de almidón de la yuca, la que tuvo la finalidad de poder determinar su composición con los parámetros físico-químicos más importantes. Por ende, en el cumplimiento de esta fase se realizaron las siguientes actividades:

##### **ACTIVIDAD 1.- MUESTREO DE AGUA RESIDUAL**

Para el muestreo del efluente de la procesadora de almidón de yuca “Daime Zambrano”, se tomó como referencia la metodología expuesta por el Instituto

Toxicología de la Defensa (2016) donde refleja los pasos que se debe seguir para la recolección de la muestra la cual se realizó en un periodo de 3 días, en 4 horas desde las 8 am a 12 pm, cada 30 minutos. La muestra fue tomada en envases plásticos de polietilenos de 500 ml, los que fueron respectivamente esterilizados como lo indica Aristizábal (2013), estos debieron estar correctamente etiquetados y conservados a una temperatura de 4°C para no alterar su composición, se procedió a la realización de los respectivos análisis físico-químicos (SDT, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH y N) en el laboratorio de la ESPAM MFL, mientras que el de DBO<sub>5</sub> y DQO se la envió al laboratorio Inspectorate del Ecuador S. A.

### **3.8.2 FASE II. DETERMINAR LA EFICIENCIA DE UN FILTRO DE FIBRA DE COCO Y ZEOLITA PARA LA REMOCIÓN MATERIA ORGÁNICA EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA**

Para cumplir con esta fase las autoras realizaron las siguientes actividades.

#### **ACTIVIDAD 1.- EXTRACCIÓN DE FIBRA DE COCO**

En esta actividad se procedió a la elaboración de un cepillo de madera cubierta con alambres de púas, el que tiene como objetivo extraer las fibras de la cáscara de coco, tomando como referencia a Montañez *et al.*, (2009).

#### **ACTIVIDAD 2.- ELABORACIÓN DEL FILTRO**

El diseño del filtro rápido se realizó tomando la metodología de Ávila *et al.*, (2016) el que indica cuales fueron las fórmulas aplicadas para la construcción del filtro, la aplicabilidad de los filtros se basa en la posibilidad de tratar efluentes residuales líquidos en bajos tiempos de retención, contando con una eficiencia que sea mayor el 90% y con bajos costos de construcción y mantenimiento.

Para la construcción del filtro se utilizaron los siguientes materiales:

- Tubo PVC.
- Llave de paso.

- Material filtrante (fibra de coco, zeolita y grava).
- Estructura metálica.

### **ACTIVIDAD 3.- EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN**

En esta actividad se procedió a la utilización del filtro en el que se colocó el agua residual desde la parte superior del filtro y mediante la gravedad realizó su travesía por medio del tubo de PVC, el cual tenía un diámetro de 13 mm, se consideró la metodología de Lenntech (2010) indicando que la distribución del efluente inicia desde la parte superior del filtro haciendo un descenso de 30 cm por el tubo que contiene los materiales filtrantes.

Se contó con varios filtros cada uno poseía una cantidad diferente de material filtrante, se tomó en cuenta una muestra inicial, con la finalidad de verificar la eficiencia del filtro mediante los análisis de los parámetros físico-químicos ya antes mencionados, se midió el porcentaje de la remoción en cada tratamiento utilizando la fórmula expuesta por Chuchón *et al.*, (2008).

### **3.8.3 FASE III. ELABORAR UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA AGUAS RESIDUALES DE ALMIDÓN DE YUCA, MEDIANTE EL USO DE FILTRO RÁPIDO DE FIBRA DE COCO Y ZEOLITA**

En esta fase con los resultados obtenidos en los análisis realizados al efluente líquido se procedió a la elaboración de una guía de buenas prácticas ambientales.

### **ACTIVIDAD 1.- ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA EL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA.**

Una vez establecidos los parámetros de las aguas residuales en el procesamiento de almidón de yuca y a su vez comprobada la eficiencia del filtro rápido en la remoción de la materia orgánica se procedió a realizar una guía de buenas prácticas ambientales, esta se basó en la información sobre el manejo adecuado, la utilización, mantenimiento del filtro, de esta manera se espera poder brindar un buen tratamiento a las aguas residuales provenientes del

procesamiento de almidón de yuca, continuando con una sociabilización de la guía con el dueño y los trabajadores de la procesadora, cuya finalidad es que adquieran conocimientos acerca del manejo del filtro rápido que es de gran importancia dando soluciones a la problemática existente en la zona.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DIAGNÓSTICO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA

Los resultados logrados se presentan a continuación

#### 4.1.1 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL

Para la recolección del agua residual se realizó una visita a la planta procesadora de almidón de yuca, en el sitio Bejuquillo de San Pablo de Tarugo perteneciente a la parroquia Canuto, el punto de muestreo fue en la planta procesadora “Daime Zambrano” (Ver anexo 1)

Tabla 4.1. Zona de estudio

San Pablo de Tarugo (Bejuquillo)	
Latitud Sur	0° 6' 60.110
Longitud Oeste	96° 78' 845"

Fuente: Las autoras

#### 4.1.2 ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL

Se procedió a realizar la caracterización del agua residual de almidón de yuca, sin tratamiento previo, por medio de análisis físicos-químicos, para la determinación de la carga orgánica. Los parámetros DQO y DBO<sub>5</sub> fueron enviados a realizar al Laboratorio Inspectorate S.A. y los análisis físicos fueron realizados en el laboratorio del área de agroindustria de la ESPAM MFL.

A través de los análisis realizados se pudo constatar valores de DQO, DBO<sub>5</sub> y Nitrógeno no cumplen con lo establecido en la Norma vigente del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua (Tabla 4.2).

**Tabla 4.2.** Resultados de la caracterización de agua residual

Parámetros	Resultados	Unidades	Límites máximos permisibles
SST	27,2	mg/l	130
SDT	0,53	Ppt	3000
pH	6,00		
Nitrógeno de NO <sub>2</sub>	264,13	ug/l	30
DBO <sub>5</sub>	660	mg/l	100
DQO	3335	mg/l	200

Fuente: Texto Unificado de Legislación de Medio Ambiente (2014)

La obtención de almidón de yuca causa impactos negativos, puesto que se contamina el agua y suelo en el medio en donde está siendo vertida, ya que ésta contiene una alta carga contaminante, así como lo menciona Torres *et al.*, (2003) en el proceso de extracción de yuca de 20 m<sup>3</sup>/Ton se genera una carga contaminante de 15,5 y 3,5 Ton/día de DQO y DBO<sub>5</sub>, respectivamente. Pérez *et al.*, (2009) corrobora que en el proceso proveniente de sedimentación presenta un elevado valor de DQO y DBO<sub>5</sub> causando impactos debido a que se estima que las plantas procesadoras descargan diariamente 100 kg/Ton de yuca procesada, generando como consecuencia malos olores por la descomposición de materia orgánica, y a su vez causa una gran repercusión sobre la flora debido a que utilizan estas aguas para el riego de cosechas, dejando a lo largo del tiempo una acumulación de sustancias en el suelo provocando una gran contaminación (Espigares *et al.*, 2015).

Salazar (2006), comenta que el ciclo del nitrógeno es particularmente complejo y dinámico, ya que en él se dan una serie de cambios y transformaciones. Según Vitousek *et al.*, (2015) la actividad humana es la principal causa de la alteración del ciclo del nitrógeno, llevando a acelerar claramente la tasa de fijación del mismo en los suelos, debido a que se aumentan la liberación de nitrógeno, almacenado a largo plazo dentro del mismo y de materia orgánica a su vez Pacheco *et al.*, (2002) ratifica que las actividades humanas hacen que la utilización del nitrógeno sea en exceso, debido a que es el nutriente ampliamente más utilizado en la fertilización agrícola por los beneficios que el mismo presenta, sin embargo las dosis normalmente recomendadas para el cultivo en el suelo

son generalmente insuficientes, es por ello que el uso de fertilizantes nitrogenados se convirtió en el pilar de la agricultura, ya que permite la producción a gran escala, sin embargo toda esta abundancia ha generado a lo largo problema por ser tóxico para plantas y animales.

Dado que dicha alteración de concentraciones de este nutriente es perjudicial al medio, debido a que provoca consecuencias como la disminución de los niveles de oxígeno en el suelo, lo que conlleva a un ambiente anóxico, desencadenándose así una serie de reacciones químicas dando como resultado la disminución de la calidad del ambiente, debido a que las plantas no pueden absorber dicho exceso y los suelos no son capaces de retenerlo (González, 2013).

Con base a los resultados, se considera que las aguas residuales provenientes de la obtención de almidón de yuca antes de ser vertidas al medio, deben recibir un tratamiento adecuado.

## **4.2. DETERMINACIÓN DE UN FILTRO DE FIBRA DE COCO Y ZEOLITA PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA**

### **4.2.1. EXTRACCIÓN DE FIBRA DE COCO**

La materia prima (cáscara de coco) fue recolectada en la parroquia de Canuto, donde se hizo una selección aleatoria, en cantidades suficientes, para la elaboración de la fibra de coco la cual se realizó tomando los pasos que se detalla a continuación (Figura 4.1.).



Figura 4.1. Proceso de la extracción de la fibra de coco.

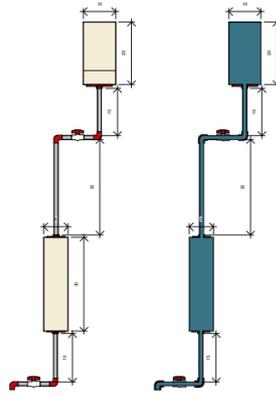
#### 4.2.2. ELABORACIÓN DEL FILTRO

Los filtros fueron diseñados tomando en cuenta la metodología expresada por Ávila *et al.*, (2016), estimando una altura máxima de 30 cm, por la cantidad de material filtrante a utilizar en la tabla 4.3 se reflejan los parámetros de dimensionamiento.

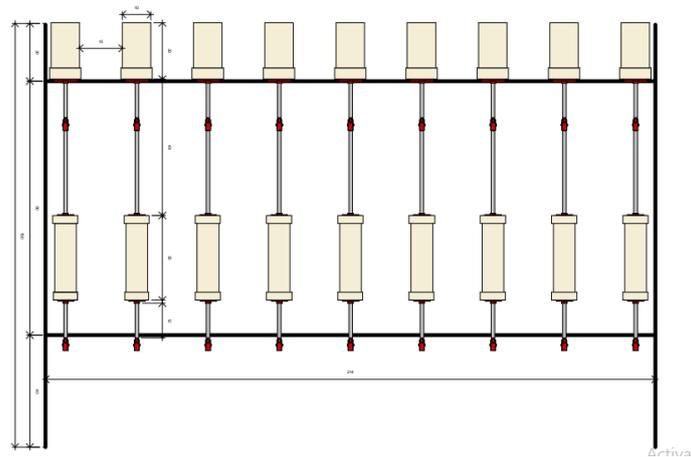
Tabla 4.3. Dimensiones del filtro mediante fórmulas

Dimensiones del filtro		
Parámetros	Ecuación	Resultados
Área	$A = \frac{\pi D^2}{4}$	16,02
Diámetro	$D = \frac{C}{\pi}$	4,52
Volumen	$V = A * H$	481

En la figura 4.2 se representa la estructura del filtro diseñado, a continuación, asimismo, en la figura 4.3 se presenta una estructura metálica la cual fue construida para dar soporte a los filtros y evitar movimientos en las unidades experimentales.



**Figura 4.2.** Diseño del Filtro



**Figura 4.3.** Estructura metálica

El diseño aleatorizado consistió en la utilización de 9 tratamientos, aplicando material filtrante (zeolita y fibra de coco) en diferentes concentraciones de 30 g, 60 g y 90 g, tomando en cuenta la grava 100 g como un material base en todos los tratamientos. Para cada unidad experimental se utilizó 1 litro de agua residual de almidón de yuca.

Mostrando a continuación la cantidad de los materiales utilizados.

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Fibra de coco	–	0.00	0.00
Zeolita	33 lbs	5.00	10.00
Grava	6 lbs	2.00	12.00
Conectores 1"	27	1.60	28.60
Codo 1"	36	0.35	12.60
Tapa hembra de 4"	9	3.00	27.00
Tubo pvc de 4"	3 m	7.00	21.00
Tapa hembra de 2"	18	2.25	40.50
Tubo pvc de 2"	3 m	4.25	12.75
Llave de paso	18	1.00	18.00
Malla	10 cm	0.20	0.20
Tapón pvc 110mm	3	1.00	3.00
Pega tubo	1	1.30	1.30
Teflón	1	0.50	0.50
	<b>TOTAL</b>		<b>187.65</b>

### 4.2.3. PORCENTAJE DE REMOCIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos del agua residual de almidón de yuca, mediante aplicación de los tratamientos con diferentes concentraciones en sus materiales filtrantes (Cáscara de coco, zeolita y grava) la que muestra que si hubo una remoción significativa.

#### 4.2.3.1. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE SÓLIDO SUSPENDIDOS TOTALES

Las unidades experimentales aplicadas después de la caracterización del agua residual de almidón inicial en el filtro se obtuvieron los siguientes resultados:

La tabla 4.4, establece los porcentajes de remoción obtenidos mediante la aplicación de diferentes tratamientos en el parámetro de SST, demostrando que

el tratamiento que presentó mayor remoción fue el T8 (60 g fibra de coco – 90 g zeolita y 100 g de grava) reflejando una eficiencia de 74,59%, coincidiendo con Villamarín (2017), manifiesta que tras aplicación del material filtrante (Zeolita - cáscara de coco) para la remoción de SST con una concentración de 3,951 mg/L en un agua residual se obtuvo una reducción máxima de 126 mg/L equivalente al 96%. Estudios por Mendoza *et al.*, (2019) determinan: para la remoción de agua residual se aplicó material filtrante (Cáscara de coco) donde se logró una remoción final del 52%. Mientras que Gallardo (2017), considera que una vez empezado el proceso de filtración el material filtrante reduce próximamente un 35-40% la concentración de sólidos suspendidos totales, debido a que la fibra de coco es sometida a un tratamiento de extracción y secado riguroso cuya finalidad es que sus propiedades no sean alteradas.

**Tabla 4.4.** Porcentaje de remoción de SST

Tratamiento	% de remoción
T1	61,23%
T2	72,38%
T3	69,06%
T4	67,61%
T5	73,41%
T6	74,10%
T7	68,14%
T8	74,59%
T9	73,77%

Fuente: Autoras (2020)

#### **4.2.3.2. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE SÓLIDO DISUELTOS TOTALES**

Finalizado el proceso de filtración del agua residual de almidón en el filtro se alcanzaron los resultados; en la tabla 4.5 se plasmaron los valores obtenidos en el proceso de filtración para el parámetro de SDT lo cual se pudo constatar que el tratamiento con mayor porcentaje de remoción es T4 (60 g zeolita – 30 g cáscara de coco y 100 g grava) presentando un 74,17%. Superando a los resultados descritos por Calderón *et al.*, (2016), donde la aplicación del material filtrante (zeolita) en el proceso de agua residuales demostró una eficiencia de 58,50% reflejando un valor favorable. Así mismo Carreño *et al.*, (2018) menciona

que el agua residual al ser sometida en el proceso de filtración con el material filtrante (zeolita) obtuvo una remoción eficaz del 96,92%. A su vez Vázquez, *et al.*, (s.f) indica que por medio de la aplicación de Zeolita se logra reducir los SDT entre un 35% y un 85% debido a que las zeolitas naturales presentan como características relevantes una estructura microporosa que le confiere propiedades adsorbentes demostrando en más de 100 artículos técnicos que tratan de su uso como material filtrante siendo que las zeolitas están entre las más eficientes (Curi *et al.*, 2006).

**Tabla 4.5.** Porcentaje de remoción de SDT

Tratamiento	% de remoción
T1	70,72%
T2	73,00%
T3	71,89%
T4	74,17%
T5	73,50%
T6	70,72%
T7	73,56%
T8	73,22%
T9	70,39%

Fuente: Autoras (2020)

#### 4.2.3.3. VARIACIÓN DEL pH EN EL AFLUENTE

En la tabla 4.6 se representa el comportamiento del pH del agua residual de almidón de yuca después de la aplicación del material filtrante con sus diferentes dosis. Se logró observar que el promedio de pH en cada uno de los tratamientos aplicados reflejó un valor similar al valor inicial, es decir que no varió diferencialmente, sin embargo, cabe resaltar que en el T5 y T7 se notó una variación dando como resultado un aumento de pH. Para Zambrano (2016), por medio de la aplicación de carbón activado (fibra de coco) evidenció que los valores tuvieron diferencias altamente significativas, entre cada dosis aplicadas en los tratamientos donde el T1 presentó una adsorción de 76,3%, también Ordóñez (2017), comenta que el pH es un factor importante en el proceso de adsorción, ya que puede causar una gran influencia sus resultados, así mismo

Bravo *et al.*, (2017) considera que el pH del agua luego de pasar por un material filtrante tiende a aumentar por lo menos en los primeros litros de agua.

**Tabla 4.6.** Porcentaje de remoción de pH

Tratamiento	% de remoción
T1	6
T2	6
T3	6
T4	6
T5	7
T6	6
T7	7
T8	6
T9	6

Fuente: Autoras (2020)

#### 4.2.3.4. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

El tabla 4.7 muestra que los tratamientos realizados de DQO se logró obtener una mejor remoción en el T7 (cáscara de coco 90 g - zeolita 30 g - gravilla 100 g) con un 40,33% de eficiencia, (Muñoz, *et al.*, 2013), argumenta que los porcentajes de remoción tienden a cambiar diariamente debido a que no se utiliza una cantidad definida de agua, en consecuencia, no se tiene un manejo adecuado de las mismas en las industrias de alimentos, por otra parte otro aspecto al utilizar la zeolita como un material filtrante en las aguas residuales municipales se evidencia una remoción significativa entre un 75 y 95%. No obstante, estudios realizados por De La Vega, *et al.*, (2018) y Merizalde, *et al.*, (2019), establecen: en una industria papelera el agua residual paso por un proceso de tratamiento utilizando la grava como material filtrante que tuvo un porcentaje superior de rendimiento del 90%.

**Tabla 4.7.** Porcentaje de remoción de DQO

Tratamiento	% de Remoción
T1	31,73

T2	30,30
T3	33,65
T4	37,10
T5	35,95
T6	35,47
T7	40,33
T8	37,33
T9	37,16

Fuente: Autoras (2020)

#### 4.2.3.5. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5

En la tabla 4.8, la remoción de la DBO<sub>5</sub> el tratamiento más eficiente fue en el T9 (cáscara de coco 90 g – zeolita 90 g – gravilla 100 g) logrando obtener un 71,80%. Investigaciones realizadas por Cercado, *et al.*, (2019) en aguas residuales domésticas llegando a utilizar zeolita con una altura de 35 cm se pudo llegar a obtener un 93,74%, mientras que el estudio realizado por Araya (2012) al utilizar la zeolita conjuntamente con grava como material filtrante llegó a obtener un porcentaje mayor del 70% de remoción en aguas servidas, por otra parte al utilizar la zeolita conjuntamente con fibra de coco logro conseguir un porcentaje de remoción superior al 80% en aguas residuales domesticas (Reyes, 2016).

Tabla 4.8. Porcentaje de remoción de DBO5

Tratamiento	% de Remoción
T1	42,95
T2	52,22
T3	55,23
T4	48,69
T5	51,17
T6	66,36
T7	55,89
T8	60,10
T9	71,80

Fuente: Autoras (2020)

#### 4.2.3.6. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE NITRÓGENO

En la tabla 4.9, detalla que el porcentaje de remoción obtenido del efluente de la procesadora de almidón en el parámetro de nitrógeno el tratamiento más eficiente fue el T8 (cáscara de coco 90 g – zeolita 60 g – gravilla 100 g) obteniendo un 98,86% de eficacia. Alcívar, *et al.*, (2018) menciona que con la utilización de la zeolita se puede comprobar su efectividad en la reducción de contaminantes entre un 70 a 75% de remoción en aguas residuales domésticas, por otra parte en aguas residuales puede llegar a obtenerse un 98% de remoción en contaminantes con una dosis considerada de zeolita También Velasco (2015) y De La Vega, *et al.*, (2018), al tratar aguas residuales domesticas incorporando grava y fibra de coco a su estudio obtuvo resultados del 74% de remoción.

**Tabla 4.9.** Porcentaje de remoción de N

Tratamiento	% de Remoción
T1	98,74
T2	98,70
T3	98,74
T4	98,74
T5	98,82
T6	98,78
T7	98,74
T8	98,86
T9	98,78

Fuente: Autoras (2020)

#### 4.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Con los datos obtenidos y presentados en los epígrafes anteriores, y después de los respectivos tratamientos a cada uno de los parámetros, se presenta los datos para evaluar la significancia estadística:

#### 4.2.4.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DEL DÍA 1

En la tabla 4.10, muestra que el análisis de varianza aplicado a las variables SST, SDT, pH, y N, no fueron influenciadas significativamente, así como lo establece Vera, *et al.*, (2019) no existe diferencia debido a que  $p > 0,05$ . Sin embargo, cabe resaltar que el T8 tuvo una reducción de SST lo indica menores niveles de contaminación en el suelo, a su vez considerando el caso del N los T2, T5, y T8 reflejan menor carga de N por lo cual es menor contaminación de las aguas.

Tabla 4.10. ANOVA del porcentaje de remoción día 1

Tratamientos	SST	SDT	pH	N	DBO <sub>5</sub>	DQO
1	9,22 a	0,60 a	5,33 a	4,33 a	390 a	1,24 a
2	7,63 a	0,56 a	5,33 a	<b>4,00 a</b>	350 a	<b>1,1 a</b>
3	7,17 a	0,58 a	5,33 a	4,33 a	278 a	1,15 a
4	8,97 a	<b>0,54 a</b>	5,33 a	4,33 a	367 a	1,23 a
5	7,43 a	0,55 a	5,33 a	<b>4,00 a</b>	333 a	<b>1,1 a</b>
6	7,27 a	0,60 a	5,33 a	4,33 a	257 a	1,16 a
7	8,73 a	0,55 a	5,33 a	4,33 a	342 a	1,25 a
8	<b>7,07 a</b>	0,56 a	<b>5,00 a</b>	<b>4,00 a</b>	307 a	<b>1,1 a</b>
9	7,27 a	0,61 a	5,33 a	<b>4,67 a</b>	<b>235 a</b>	1,15 a
p-valor ANOVA	0,4893	0,9401	0,9973	0,7139	0,1066	0,083
C.V. %	19,18	13,75	10,28	11,07	20,13	6,37

Las medias dentro de columnas con letras iguales, difieren que no demostró diferencia significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

De acuerdo a la tabla 4.11 correspondiente al día 2 demuestra que existe una diferencia significativa en el porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub>, con un nivel del 95% de confianza, dado que el valor-P es menor que 0,05, también se determinó mediante la prueba de Tukey que las medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 4.11. ANOVA del porcentaje de remoción día 2

Tratamientos	SST	SDT	pH	N	DBO <sub>5</sub>	DQO
1	9,11 a	0,59 a	6,00 ab	3,33 a	333,33 a	2193,33 a
2	7,63 a	0,54 a	6,00 ab	3,67 a	256,67 ab	2196,67 a
3	6,97 a	0,56 a	5,67 ab	3,33 a	341,67 ab	2030,00 a
4	8,85 a	<b>0,52 a</b>	<b>5,33 a</b>	3,33 a	306,67 ab	2170,00 a

5	7,27 a	0,53 a	6,00 ab	<b>3,00 a</b>	211,67ab	2167,33 a
6	7,07 a	0,59 a	6,00 ab	3,33 a	204,67 ab	2129,67 a
7	8,73 a	0,53 a	6,00 ab	3,33 a	268,33 ab	<b>1970,00 a</b>
8	<b>6,93 a</b>	0,54 a	6,00 ab	<b>3,00 a</b>	241,67ab	2050,00 a
9	7,13 a	0,60 a	6,33 a	<b>3,00 a</b>	<b>145,00 b</b>	2062,00 a
p-valor ANOVA	0,4277	0,893	0,0934	0,7139	0,016	0,1229
C.V. %	19,38	14,33	5,63	14,46	23,78	4,86

Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

En la tabla 4.12 correspondiente al día 3 se constató que no existe una diferencia estadísticamente significativa de porcentaje de remoción de los parámetros SST, SDT, pH, N, DBO<sub>5</sub> y DQO entre los tratamientos, considerando un nivel del 95% de confianza, dado que el valor-P fue mayor que 0,05. Además, a través de la prueba de Tukey se determinó que las medias no son significativas.

**Tabla 4.12.** ANOVA del porcentaje de remoción día 3

Tratamientos	SST	SDT	pH	N	DBO <sub>5</sub>	DQO
1	8,54 a	0,59 a	5,67 a	2,33 a	386 a	2263 a
2	7,27 a	0,54 a	5,67 a	2,33 a	339 a	2177 a
3	<b>6,70 a</b>	0,56 a	5,50 a	2,67 a	267 a	2248 a
4	8,61 a	<b>0,52 a</b>	5,33 a	2,33 a	343 a	2103 a
5	7,00 a	0,53 a	5,67 a	2,33 a	303 a	2052 a
6	6,80 a	0,59 a	5,67 a	2,33 a	205 a	2130 a
7	8,53 a	0,53 a	5,67 a	2,00 a	263 a	<b>1970 a</b>
8	6,73 a	0,54 a	5,50 a	1,75 a	242 a	2050 a
9	7,00 a	0,60 a	5,83 a	<b>1,50 a</b>	<b>162 a</b>	2061 a
p-valor ANOVA	0,1775	0,9462	0,8082	0,8082	0,2467	0,1962
C.V. %	8,83	22,84	7,96	25,55	16,83	2,69

Medias dentro de columnas con letras iguales, difieren que no demostró diferencia significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

### 4.3. ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES, MEDIANTE EL USO DE FILTRO RÁPIDO DE FIBRA DE COCO Y ZEOLITA

#### INTRODUCCIÓN

El cultivo de la yuca desde hace mucho tiempo ha sido considerada importante en la seguridad alimentaria y en el campo económico dado que genera ingresos

en las comunidades que se dedican a la plantación y a la producción (Aristizábal *et al.*, 2007).

FAO (2014), afirma que en América Latina y el Caribe la producción de yuca representa un 17% de producción mundial, siendo Brasil el mayor productor con 26 millones de toneladas seguido de Paraguay con una diferencia significativa de 5 millones de toneladas, Colombia y Ecuador con un 0,33% de producción. En la actualidad se estima que esta actividad ha provocado una gran problemática de acuerdo con Vélez (2010), la generación de residuos líquidos y sólidos están causando impactos negativos en el ambiente tales como olores fuertes, saturación de suelo, alteración de medios acuáticos.

Es por ello que surge la necesidad de contar con buenas prácticas ambientales, tomando lo mencionado por Moreno *et al.*, (2018) ayuda a definir acciones, consejos prácticos y didácticos que tiene como objetivo generar cambios en los hábitos de consumo y estilo de vida, logrando fomentar la cultura del consumo responsable y respeto por el ambiente.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una guía que facilite información a las personas acerca del manejo y el uso del filtro en la procesadora de almidón Daime Zambrano.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir las funciones y partes del filtro.
- Detallar el procedimiento del sistema de filtración
- Plasmar la eficiencia del filtro

## **RESPONSABLES**

Los responsables de la propuesta de buenas prácticas ambientales en la industria artesanal fueron las estudiantes de la ESPAM "MFL".

Los detalles de la propuesta se muestran a continuación:

<b>BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA IMPARTIR INFORMACIÓN AMBIENTAL EN LOS/AS TRABAJADORES DE LA PROCESADORA DE ALMIDÓN “DAIME ZAMBRANO”</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto a Identificar</b>	<b>Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo</b>
Desconocimiento de temas ambientales	Afectación al medio	Capacitar al personal temas ambientales	Mal uso de la materia prima  Uso innecesario de recursos: agua y energía	Fotos(Anexo 10)	Anualmente
<b>BUENAS PRÁCTICAS PARA EL MANEJO ADECUADO DEL FILTRO PARA DAR UN TRATAMIENTO A AGUAS RESIDUALES</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto a Identificar</b>	<b>Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo</b>
Tratamiento de agua residual	Generación de malos olores  Saturación de los suelos  Daño paisajístico  Contaminación de los cuerpos de agua	Charlas para impartir conocimientos a los/as trabajadores sobre uso, manejo del filtro	Cantidad de agua residual generada	Fotos (Anexo 10)  Guía (Anexo 11)	Anualmente

Esta guía se realizó con la finalidad de aportar información acerca del manejo adecuado del filtro para poder dar un tratamiento a las aguas residuales procedente del proceso de elaboración de almidón de yuca en la procesadora “Daime Zambrano”, en consideración a los problemas ambientales que dicha actividad genera (Anexo 11).

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

- La caracterización realizada al agua residual de almidón de yuca demostró poseer un alto contenido de N, DBO<sub>5</sub> y DQO, lo cual sobrepasa del límite máxima permisible establecidos por el TULSMA para uso de agua de riego.
- Con la aplicación del material en cada uno de los tratamientos se obtuvo que el T9 (90 g cáscara de coco, 90 g zeolita y 100 g grava) logró una remoción de 71,80% de DBO<sub>5</sub>, y el T8 (90 g cáscara de coco, 60 g zeolita y 100 g grava) se alcanzó una remoción de 98,86% de N; en donde se puede apreciar que existe una variación mínima de material filtrante (zeolita) entre los dos tratamientos, pero a su vez refleja que la cáscara de coco con 90 gr en cada uno de los dos tratamientos tiende a ser efectiva para la eliminación de materia orgánica.
- La elaboración de la guía de buenas prácticas ambientales tuvo como finalidad brindar información sobre el uso y manejo del filtro a los trabajadores/as de la planta procesadora de almidón, considerando a su vez una alternativa de bajo costo que permita por medio de método y técnicas mejorar los problemas evidenciados en el medio ambiente por la acumulación de aguas residuales.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se sugiere que la planta procesadora de almidón cuente con un pre tratamiento de sus aguas residuales, con el fin de bajar la carga contaminante logrando cumplir con los parámetros físicos químicos de la norma vigente, consiguiendo así reutilizarlas en diferentes actividades que son requeridas dentro de las instalaciones y aportando favorablemente al medio en la que se encuentra, evitando la contaminación progresiva de los recursos.

- El filtro deberá tener un mantenimiento periódico de 8 a 30 días de materiales amigables con el medio ambiente como materiales filtrantes, eficientes en la absorción de contaminantes de acuerdo con las necesidades de la procesadora.
- Gestionar reuniones constantes con el dueño y trabajadores de la planta, con el fin de brindar información y las diferentes opciones en el manejo de aguas residuales del procesamiento de yuca; así como un sistema de gestión ambiental aplicable, utilizando nuevas tecnologías con lo que se obtendrá una mejora de rendimiento económico, social y ambiental logrando así tener un desarrollo sostenible eficaz.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, M. S., Pérez, A. V., y Gámez, M. R. (2018). La zeolita en la descontaminación de aguas residuales. Universidad Ciencia y Tecnología, (02), 9-9.
- Araya, F. M. (2012). Alternativas de tratamiento de aguas servidas para núcleos humanos de baja densidad poblacional mediante sistemas híbridos de humedales artificiales (Doctoral dissertation, Universidad de Concepción).
- Arias, J. (2018). Análisis de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola "La Herradura Floherrer S. A" ubicada en el cantón Salcedo (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil)
- Aristizábal, N. (2013). Huerta casera. México. (En línea). ME. Consultado, 25 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Preparemos%20los%20envases%20de%20vidrio%20para%20conservar%20las%20hortalizas.pdf>
- Aristizábal, J.; Sánchez, T. y Lorío, D. (2007). Clayuca - FAO. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163. ISSN 1020-4334. Roma.
- Ávila, I. y Moreno, M. (2016). Implementación de un filtro para tratamientos de agua de uso doméstico. Universidad libre. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia.
- Bascuñan, C. (s.f). Zeolita y su uso en diferentes ramas de la industria. Ciudad de Puebla, México. (En línea). ME. Consultado, 09 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/032752/032752-01.pdf>
- Baquero, M. y Paredes, A. (2010). La agroindustria ecuatoriana: Un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo. EC. Revista Redalyc. org, 11. ISSN 1390-3799.

- Batista, A.; Cárdenas, O.; Castillo, J.; Madrid, K.; Martínez, C. y De León, A. (2016). Diseño y construcción de filtro multicámaras horizontal por gravedad para tratamiento de efluentes industriales. *Revista de iniciación científica*, 2 (2), 108 – 114.
- Bravo, K., y Garzón, A. (2017). *Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (Cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua*. Calceta-Bolívar, Manabí, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Manabí "M.F.L".(En línea). Consultado el 30 de Agosto de 2020. Disponible en:<http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/606>
- Buenafuente, P.; Regalado, C. y Ballarín, M. (2004). Consecuencias hidrológicas de la compactación en fibra de coco. *Actas de las VII jornadas del grupo de sustratos de la SECH (Madrid: Instituto canario de investigaciones agrarias (ICIA))*, 71 – 76.
- Burgos, G. y Jaramillo, J. (2015). Aprovechamiento de los residuos de cacao y coco para la obtención de carbón activado, en el cantón Milagro, provincia del Guayas. Guayaquil. EC. P 18.
- Calderón, A., López, V., y Siete, C. (2016). *Estudio comparativo de la aplicación de zeolita activada y carbon activado en el tratamiento de aguas residuales de la fabricación de pinturas base agua*. Salvador: Universidad de El Salvador.(En línea). Consultado: el 20 de Agosto de 2020. Disponible en:  
<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12509/1/Estudio%20comparativo%20de%20la%20aplicaci%C3%B3n%20de%20Zeolita%20activada%20y%20Carb%C3%B3n%20activado%20en%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20de%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20pinturas%20base%20agua.pdf>
- Camposano, P. (2014). *Diseño factorial*. Bogotá. (En línea). CO. Consultado, 10 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.dpye.iimas.unam.mx/patricia/indexer/factoriales.pdf>

- Cano, O. y Coque, L. (2018). Diseño y construcción de un horno para la elaboración de carbón activado a partir de cascara de coco (bachelor's thesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)
- Carreño, A., Lucas, L., Hurtado, E., Barrios, R., y Silva, R. (Septiembre-Diciembre de 2018). Sistema de tratamiento de aguas superficiales para consumo humana en la Microcuenca del río Carrizal, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(28), 76-87. ISSN 2528-7737
- Cercado, J. S., y Zande, J. D. (2019). *Evaluación del comportamiento de la DBO y DQO en el agua residual domestica usando un humedal artificial de flujo subsuperficial con lecho de zeolita* (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2019.).
- Cobana, M. y Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Boliviana de química*, 24 (1)
- Cristóbal, F. (2005). Descripción hidráulica de la batería de filtros de la planta n°1 de la atarjea. (En línea). PE. Consultado, 25 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/cristobal\\_ef/cristobal\\_ef.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/cristobal_ef/cristobal_ef.pdf)
- Culma, A. y Rojas, F. (2018). Característica mineralógica y física de los agregados de la cantera RODEB y acopios, aplicada concretos y filtros. (En línea). CO. Consultado, 10 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Javier\\_Becerra2/publication/327033164\\_Caracterizacion\\_mineralogica\\_y\\_fisica\\_de\\_los\\_agregados\\_de\\_la\\_cantera\\_Rodeb\\_y\\_Acopios\\_aplicada\\_a\\_concretos\\_y\\_filtros/links/5b7397eda6fdcc87df7a3abd/Caracterizacion-mineralogica-y-fisica-de-los-agregados-de-la-cantera-Rodeb-y-Acopios-aplicada-a-concretos-y-filtros.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Javier_Becerra2/publication/327033164_Caracterizacion_mineralogica_y_fisica_de_los_agregados_de_la_cantera_Rodeb_y_Acopios_aplicada_a_concretos_y_filtros/links/5b7397eda6fdcc87df7a3abd/Caracterizacion-mineralogica-y-fisica-de-los-agregados-de-la-cantera-Rodeb-y-Acopios-aplicada-a-concretos-y-filtros.pdf) @
- Curi, A., Granda, W., Lima, H., y Sousa, W. (2006). Las Zeolitas y su aplicación en la descntaminación de efluentes mineros. *Scielo*, 17(6), 111-118. ISSN 0718-0764

- Cury, K.; Olivero, A. y Chams, R. (2017). Residuos agroindustriales su impacto manejo y aprovechamiento.CO. Revista Cienc. Anim. 9, 122-132. Doi: 10.24188/recia.
- Chávez, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Manta – Manabí, EC. Revista científica de dominio de las ciencias. Vol. 3. p 1-25
- Chávez, J. y Vázquez, A. (2013). Importancia del filtro pulidor en el desmineralizador. Químico técnico industrial. Universidad de Guadalajara. Guadalajara - México. p 40
- Chuchón, S. y Aybar, C. (2008). Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la plata de tratamiento de aguas residuales “La Totorá”, Ayacucho, Perú. Ecología aplicada, 7 (1, 2), 165 – 171.
- De La Vega, D. P., González, C., Escalante, C. A., Gallego, J., Salamanca, M., Manrique, L., y Physikalische, I. P. C. I. (2018). Uso de zeolita faujasita para adsorción de iones en aguas residuales municipales Use of faujasite-type zeolite for ion adsorption in municipal wastewater.
- Espigares, M. y Pérez, J. (2003). Aguas residuales. Composición. España: Universidad de Granada. (En línea). ES. Consultado, 26 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en [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)
- Espigares, M., y Pérez, J. (2015). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas* . Granada, España : Universidad de Granada. ISBN: 84-338-0292-5
- Espinoza, A.; Córdova, T. y Olmedo, V. (2013). Caracterización de un filtro de arena para potabilización de agua, mediante la obtención de curvas experimentales basadas en sus parámetros de funcionamiento (Bachelor's thesis).

- Eugercios, S.; Álvarez, M. y Montero, E. (2017). Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos. *Revista de ecosistemas*, 26 (1), 37-44.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). La yuca. (En línea). EC. Consultado, 15 de nov. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/a1028s/a1028s01.pdf>.
- Fernández, E. y Sánchez, K. (2016). Evolución de un lecho filtrante, utilizando mesocarpo de coco para el tratamiento de aguas residuales de la empacadora de banano algarrobo 1, Sullana 2015. Sullana: Universidad Señor de Sipán. (En línea). Consultado, 26 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/839/FERNANDEZ%20BRENIS%20EDINSON%20JOEL%20->
- Flores, J. Maubert, A. y Martín, N. (2016). Evaluación de los intercambios iónicos en una zeolita natural mexicana para la separación de N<sub>2</sub> - O<sub>2</sub> en el aire atmosférico. *Revista mexicana de ingeniería química*, 5 (2), 119 – 129.
- Flores, O., González, A. y Avilés, M. (s.f). efectos de la preoxidación sobre la eficiencia del funcionamiento de filtros lentos de arena. (En línea). ME. Consultado, 25 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Martha\\_Flores7/publication/242415738\\_EFECTO\\_DE\\_LA\\_PREOXIDACION\\_SOBRE\\_LA\\_EFICIENCIA\\_DEL\\_FUNCIONAMIENTO\\_DE\\_FILTROS\\_LENTOS\\_DE\\_ARENA/links/575584ad08aec74acf57ee05.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Martha_Flores7/publication/242415738_EFECTO_DE_LA_PREOXIDACION_SOBRE_LA_EFICIENCIA_DEL_FUNCIONAMIENTO_DE_FILTROS_LENTOS_DE_ARENA/links/575584ad08aec74acf57ee05.pdf)
- Gallardo, L. (2017). Análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento de Latacunga. (En Línea). EC. Consultado, 03 de jul. 2019. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27238>.
- García, A. (2018). Tratamiento de agua contaminada con metales pesados utilizando como medio filtrante biorresina con intercambio de cationes de la cascara y tallo de guineo y carbón activado de endocarpo de coco. La

Libertad, El Salvador: Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. ISBN 978 - 99961 - 50 – 71 – 5.

Gil, S. (2002). Contaminación ambiental en la región del Atlixco: 1. Agua. Tierra, 20 (3), 243-251

González, R. (1996). Análisis del sistema poroso de las rocas. In degradación y conservación del patrimonio arquitectónico: Curso de verano de El Escorial de la Universidad Complutense de Madrid, 1994. (pp. 227 - 236).

González, L. (2013). *Nitrógeno amoniacal, importancia de su determinación*. Consultado el 22 de Jun. 2020. Formato PDF. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/234020135.pdf>

Guadarrama, M. y Galván, A. (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. Iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias, 4 (7). ISSN 2007-9990

Guerrero, M.; Vásquez, A. y Rodríguez, M. (2018). La zeolita en la descontaminación de aguas residuales. Research Gate. (En línea). Consultado, 11 de jun. 2019. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/328052604\\_LA\\_ZEOLITA\\_EN\\_LA\\_DESCONTAMINACION\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES](https://www.researchgate.net/publication/328052604_LA_ZEOLITA_EN_LA_DESCONTAMINACION_DE_AGUAS_RESIDUALES).

Gutierrez, M. (2012). Manual de caracterización de aguas residuales industriales (2da ed). Medellin , Colombia: Ideas gráficas Ltda. (En línea). CO. Consultado, 22 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://miguelgutierreztesco.files.wordpress.com/2012/09/manual-de-caracterizacion-de-aguas-residuales-industriales.pdf>

Instituto de toxicología de la defensa. (2016). *Protocolo de toma de muestras de agua residual*. España. (En line). Consultado el 30 de Junio de 2020. Formato PDF. Disponible en: [https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO\\_DE\\_TOMA\\_DE\\_MUESTRAS\\_DE\\_AGUA\\_RESIDUAL\\_ver\\_2.pdf](https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf)

- Intriago, M. y Muñoz, G. (2014). Ingeniero en comercio y finanzas internacionales bilingüe. Guayaquil, guayas, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. (En línea). EC. Consultado, 18 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11325/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-477.pdf>.
- Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Revista interdisciplinaria de gestión ambiental*, 2 (23), 12-19.
- Jiménez, M. (2004). Caracterización de minerales zeolíticos mexicanos. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México. (En línea). ME. Consultado, 09 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/37/022/37022042.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/022/37022042.pdf)
- Lenntech, B. (2010). Planta piloto para carbón activado (En línea). EC. Consultado 11 jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec>
- León, M. (2015). Caracterización físico-química, biológica y ecotoxicológica del agua residual de un Hospital de la ciudad de Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. (En Línea). EC. Consultado, 22 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21222/1/TESIS.pdf>
- Lindarte, J. y Zárate, P. (2017). Evaluación hidrodinámica de un humedal artificial de flujo subsuperficial a escala piloto utilizando como medios filtrantes antracita, carbón activado y coque y su efecto en agua residual (Master's tesis, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano)
- Lira, L. (1920). Filtros rápidos y su primera aplicación en Chile. In *anales del instituto de ingenieros de Chile* (No. 8, pp. ág - 357).
- Liso, M.; De Manuel Torres, E.; García, F.; y López, F. (2000). La utilización del concepto de pH en la publicidad y su relación con las ideas que manejan los alumnos. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 18 (3), 451-461.

- López, M. (2017). Evaluación del proceso de coagulación y filtración en muestras sintéticas de ácidos húmicos empleando *Aloe barbadensis* como coagulante y *Piscidia piscipula* como carbón activado. (En línea). ME. Consultado, 23 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repopiblio.cuc.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1933/TD430.2017-1933.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Macías. (2000). *Pre Tratamiento de Agua*. <https://soloagua.net/pretratamiento/>.
- Macloni, D. (2014). Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. (En línea). GU. Consultado, 13 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/14/Moran-Diego.pdf>
- Maldonado, V. (2004). Capítulo 9: Filtración. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Manual: Teoría, 2, 83-152.
- Marmolejo, L.; Pérez, A.; Torres, P.; Cajigas, A. y Cruz, C. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos generados en pequeñas industrias de almidón agro de yuca. EC. Revista Livestock Research for Rural Development.
- Medina, J. y Miranda, G. (2007). Diseño de una unidad de filtración de agua de formación de pozos petroleros. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. (En línea). EC. Consultado, 06 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/394/1/CD-0802.pdf>
- Mendoza, M., y Pincay, J. (2019). *Eficiencia de carbón activado procedente del coco (Cocos nucifera) en remoción de sólidos en aguas residuales de la empacadora de pescado Frescodegfer*. Calceta, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Manabí "Manuel Féliz López". Recuperado el 17 de Agosto de 2020, de [http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1196/TTM\\_A63.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1196/TTM_A63.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Merino, K. (2018). Determinación de la calidad de aguas mediante el uso de diatomeas bentónicas en el tramo padre Carollo – Paus, Río Blanco. Parroquia Río Blanco, cantón Morona, provincia de Morona Santiago.
- Merino, O. y Sal F. (2007). Sistema de recirculación y tratamiento de agua. Corrientes: Secretaria de agricultura, ganadería, pesca y alimentos CENADAC (Santa Ana - corrientes).
- Merizalde, E.; Montenegro, L. y Cabrera, M. (2019). Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria de papel. Revista politécnica, 43 (1), 7-14.
- Molina, M. (2016). Elaboración de un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas residuales generadas por una lavadora de autos. (En línea). EC. Consultado, 19 ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24606/1/Tesis%201086%20-%20Molina%20Garc%C3%ADa%20Mishel%20Estefan%C3%ADa.pdf>
- Montañez, A. y Uzcátegui, I. (2009). Utilización de fibra de coco como sustituto del amianto en los procesos industriales. Revista ingeniería UC, 16 (2), 20 – 26.
- Montes, I. (2015). Optimización de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales en la rectificadora de tanques. (En línea). EC. Consultado, 23 ago. 2019. Formato PDF. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13393/1/UPS-GT001764.pdf>
- Moreno, L.; Falconí, M.; Ormaza, P.; Barba, L.; Samaniego, J y Iturralde, P. (2018). Manual de buenas prácticas ambientales para instituciones educativas. (En línea). EC. Consultado, 15 nov. 2020. Formato PDF. Disponible en: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/Manual-BPA.pdf>

- Moreno, S. (2013). Selección de un soporte sólido para el inóculo 15-ESPE en un biorreactor anaerobio, a nivel de laboratorio, dirigido al tratamiento de aguas residuales textiles. (En línea). EC. Consultado, 25 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7669/1/T-ESPE-047436.pdf>
- Muñoz, T. y Reyes, R. (2013). Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica y nitrógeno en un filtro percolador con nuevo empaque. *Revista mexicana de ingeniería química*, 12 (3), 575 – 583.
- Ordóñez, A. (2017). *Determinación de la capacidad adsorbente de los residuos de la industria de la papa (Solanum tuberosum) para remoción de metales pesados en aguas contaminadas*. Cuenca, Ecuador : Universidad Politécnica Salesiana. (En línea). Consultado el 29 de Agosto de 2020. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14969/1/UPS-CT007386.pdf>
- Ordoñez, J. y Pesantez, W. (2017). La filtración gruesa, aplicada el tratamiento de aguas superficiales. (En línea). EC. Consultado, 26 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28488/1/tesis.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2004). Hoja de información sobre sustancias químicas (3ra ed.). Ginebra, Suiza. (En línea). SU. Consultado, 19 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506\\_Chapter\\_12\\_S\\_Final.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506_Chapter_12_S_Final.pdf)
- Ostroumov, F.; Ortiz, L. y Corona, C. (2003). *Zeolitas de México: Diversidad mineralogía y aplicaciones*. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, 8.
- Otero, N. (2006). Filtración de aguas residuales para reutilización. (En línea). Consultado el 05 de ago. 2020. Formato PDF. Disponible en:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/10239/cp273.pdf?sequence=1>

- Pacheco, J., Pat, R., y Cabrera, A. (Septiembre-Diciembre de 2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Redalyc*, 6, 73-81. Obtenido de ISSN:1665-529X
- Pardo, O.; Castañeda, J. y Ortiz, C. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Sielo*, 4(62)
- Perea, L.; Torres, P.; Cruz, C. y Escobar, J. (2014). Influencia de la configuración del medio filtrante sobre el proceso de filtración del agua clarificada del río Cauca. *Revista de ingeniería*, (38), 38-44.
- Pérez, A., Torres, P., y Silva, J. (2009). Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. Optimización de variables ambientales y operacionales. *SCielo*, 76(160). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n160/a13v76n160.pdf>
- Pérez, F. (2006). Tema 6: Filtración. (En línea). CO. Consultado, 05 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/Tema%2006%20FILTRACI%C3%93N.pdf>
- Prócel, D., Posligua, P., y Banchón, C. (2016). Biodegradación de contaminante orgánico de la industria láctea. (U. d Américas, Ed.) *Scielo*, 7(1). ISSN 1390-6542
- Reutelshofer, T. y Guzmán, L. (2015). Guía para la toma de muestras de agua residual. La Paz, Bolivia. ISBN: 978-99974-47-91-3.
- Reyes, J. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizando como empaques para la remoción de contaminantes en biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Scielo*, 7 (3), 41 – 56. ISSN: 1390 – 9363.

- Robayo, Y. y Muñoz, M. (2015). Verificación del método de determinación de demanda química de oxígeno en agua residual, en el laboratorio multipropósito de Calarca SA. ESP.
- Rocaldo. J. (2014). Operaciones unitarias para el tratamiento de aguas residuales. (En línea). Consultado, 25 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/229936442/OPERACIONES-UNITARIAS-PARA-EL-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES->
- Rodríguez, A. (2009). Bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca del río Tolantongo, Hidalgo. (Tesis de pregrado). Chapingo, México.
- Rodriguez, J., Uribe, I., y Torres, P. (Diciembre de 2003). Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: influencia del medio de soporte. *Scientia et Technica*(23). issn:0122-1701
- Rodríguez, E. (2018). Análisis de grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavadora y lubricadora “Rida” ubicada en la ciudad de Patate provincia de Tungurahua (Bachelor’s tesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica).
- Romero, M. (2008). Tratamientos utilizados en potabilización de agua. Boletín electrónico (internet). 8, 1.12.
- Sabar, R. (2015). Guía de diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas. (En línea). PE. Consultado, 25 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf)
- Salazar, J. (2006). *El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche*. Mesoamerica. ISSN:1021-7444

- Salsona, F. (2003). Filtración dinámica. (En línea). Consultado, 25 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en [bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/filtracion.pdf](https://bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/filtracion.pdf)
- Sánchez, L.; Sánchez, A.; Galvis, G. y Latorre, J. (2006). Filtración en múltiples etapas. Documento de revisión técnica 15. IRC- centro internacional de agua y saneamiento. Pag. 70. Traducción española por Cinara 2007.
- Sánchez, L. y Viáfara, C. (2014). Impacto de los sólidos suspendidos totales sobre la obstrucción de emisores de riesgo localizado de frecuencia. *Ingeniería y Competitividad*, 16(2), 199-210.
- Sarria, H. (2011). Contaminación y toxicidad de las aguas residuales de las rallanderías del norte del Cauca, Colombia Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid. (En línea). ES. Consultado, 22 de ago. 2019. Disponible en <https://eprints.ucm.es/14544/1/T33483.pdf>
- Senplades, S. N. (2017). Plan nacional de desarrollo/plan nacional para el buen vivir 2017-2021. Quito, Ecuador. Consultado, 09 de jul. 2019.
- Suárez, L., y Mederos, V. (Julio-Septiembre de 2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Tendencias actuales. Scielo*, 32(3), 27-35.
- Toapanta Y. (2018). Análisis de grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y tinturadora de jeans Davantex, ubicada en el cantón Pelileo, provincia de Tungurahua. (Bachelor's tesis Universidad Técnica de Ambato. Facultad de energía Civil y Mecánica).
- Toro, F.; Benítez, L. y Herrera, M. (2006). La zeolita en la mitigación ambiental. *Revista Lasallista de investigación*, 3(1), 30-34.
- Torres, A.; Pérez, A.; Cajigas, C.; Jurado, N. y Ortiz, L. (2007). Selección de inóculos para el tratamiento anaerobio de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca, ingeniería de recursos naturales y del medio ambiente 6, 105-111.

- Torres, P.; Rodríguez, J. y Rojas, O. (2005). Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. CIPAZ Livestock Research for rural Development, 17.
- Torres, P.; Rodríguez, J. y Uribe, I. (2003). Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: Influencia del medio de soporte. Scientia et technica, 3(23).
- TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente). (2014). Libro IV. Anexo 1 norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. (En línea). EC. Consultado, 25 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Valencia, A. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial San Luis – provincia de Chimborazo. (En línea). EC. Consultado, 23 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>
- Vásquez, M. (2019). Evaluación y predicción de la expansión del medio granular durante el retrolavado en filtros rápidos.
- Vázquez, M. G., y Rodríguez, M. (s.f.). *La zeolita en la descontaminación de aguas residuales* (Vol. 02). Portoviejo, Manabí, Ecuador : Universidad Técnica de Manabí. ISSN 1316-4821 / 2542-3401
- Vargas, L. (s.f). Capítulo 3. Procesos unitarios y plantas de tratamiento (En línea). Consultado, 25 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/ma1\\_tomo1\\_cap3.pdf](http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/ma1_tomo1_cap3.pdf)
- Vargas, G. (2018). Efecto de la calidad de las aguas superficiales en el diseño operacional de una nueva planta de tratamiento de agua potable para la ciudad de Yurimaguas – Loreto. (En línea). EC. Consultado, 19 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11459/VargasFata\\_ma\\_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11459/VargasFata_ma_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Velasco, V. (2015). Vermifiltros para el tratamiento de aguas residuales. Quito: universidad de las Americas, 2015.
- Vélez, G. (2010). Bioremediación de los efluentes líquidos en la producción de almidón de yuca *Manihot esculenta Crantz* en el cantón Chone – Manabí 2009. EC. (En línea). Consultado, 17 de nov. 2020. Formato PDF. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4127/7/iniapeeptv436b.pdf>
- Vera, K., y Zambrano, M. (2019). *Evaluación del polvo de moringa (M. oleífera) para remoción de sólidos suspendidos totales en agua residual del camal municipal de calceta*. Calceta-Bolivar, Manabí, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Manabí "M.F.L". (En línea). Consultado, 30 de ago. 2020. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/996/TTMA42.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vitousek, P., Aber, C., Howarth, R., Likens, G., Matson, P., Schindler, D. y Tilman, D. (2015). *Alteración Antropogénica del Ciclo Global del Nitrogeno: Causas y Consecuencias*. Ecological Society of America . Consultado el 05 de Mayo de 2020
- Villamarin, D. (2017). *Estudio de un filtro biológico para el control de efluentes generados en una quesera en la parroquia de Mulaló- Cantón Latacunga, a base de piedra caliza, canutillos de cerámica, Zeolita y Carbón activado granular de cáscara de coco*. Ambato , Latacunga, Ecuador : Univerdidad Técnica de Ambato.(En línea). Consultado el 17 de Agosto de 2020 . Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25959/1/Tesis%201148%20-%20Villamar%C3%ADn%20Naranjo%20Diego%20Xavier.pdf>
- Zambrano, L. (2016). *Remoción del colorante textil C.I RB5 en una muestra sintética utilizando carbón activado proveniente de desechos del fruto de *Phyllanthus aequatorialis* a flujo continuo y por lotes*. Manta , Manabí, Ecuador : Universidad Laice Eloy Alfaro de Manabí. (En línea). Consultado

el 28 de Agosto de 2020. Disponible en:  
<https://repositorio.uileam.edu.ec/handle/123456789/302>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Muestreo del agua residual



**Foto 1.** Almacenamiento del agua residual en las almidoneras



**Foto 2.** Toma de muestra de agua residual

## Anexo 2. Caracterización del agua residual pre filtrado



Foto 1. Análisis de Ph y SDT



Foto 2. Análisis de nitrito



Foto 3. Análisis de sólidos suspendidos totales

**Anexo 3. Elaboración del filtro****Foto 1. Estructura metálica del filtro****Foto 2. Elaboración de la fibra de coco**

#### Anexo 4. Puesta en marcha del sistema de filtración



Foto 1. Medición del porcentaje de los materiales filtrantes



Foto 2. Distribución del material filtrante dentro de los filtros

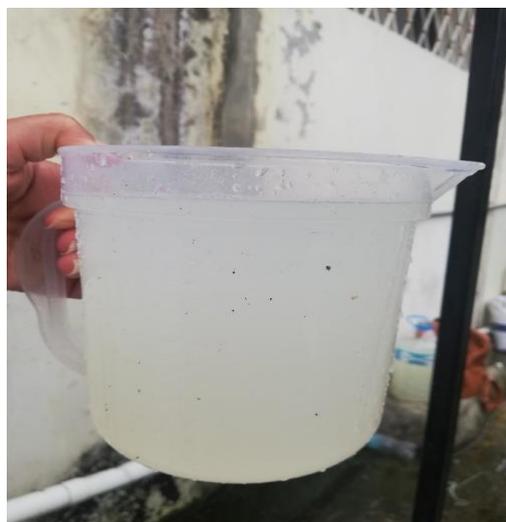


Foto 3. Medida del agua residual a utilizar



**Foto 4.** Introduciendo el agua residual dentro de los filtros (1 litro)



**Foto 5.** Obtención del agua residual después del transcurso dentro del filtro



**Foto 6.** Rotulación de cada muestra



**Foto 7.** Recolección del agua residual después de su travesía dentro del filtro

**Anexo 5. Análisis de laboratorio post filtrado****Foto 1.** Rotulación e introducción de agua para analizar  $\text{DBO}_5$  y DQO**Foto 2.** Análisis de Nitrógeno**Foto 3.** Análisis de Sólidos Suspendidos Totales

**Anexo 6. Certificación de los análisis del laboratorio de química ambiental****CERTIFICACIÓN**

Por medio de la presente certifico **ERICA YOLANDA INTRIAGO ARGUELLO** con **CI 0804286318** y **Mildred Karina Espinoza González** con **CI 1724153992** egresadas de la carrera de Ing. Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "MFL", realizaron análisis de laboratorio para llevar a cabo el proyecto de titulación **"TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROCESAMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA, MEDIANTE EL USO DEL FILTRO RÁPIDO EN VÍA SAN PABLO DE TARUGO"**

Prácticas que estuvieron supervisadas bajo el personal del laboratorio Química Ambiental y Suelos

Particular que me suscribe a usted para los fines legales pertinentes.

Atentamente

**Ing. Fabián Peñarrieta Macías Mg.**

**TÉCNICO**

### Anexo 7. Reporte de los análisis de demanda química de oxígeno y DBO5 sin tratamiento

Datos de a Muestra						
Tipo:	Agua Residual	Cantidad:	2 litros	Envase:	cerrado, de vidrio,	
Identificación de la muestra: M1.- Agua residual de Almidonera, Tomadas el 25/10/2019; Olla Vieja						
Resultados						
Parametros	Metodos	A2LA	SAE	Unidad	Resultados	(±)U
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	BVE-CTD-LAB-SOP-037/Standard Methods 22th 5210D(Oxitop Manual-WTW)Respirometric Method	✓	✓	mg/l	660	27.19
Demanda Quimica de Oxígeno (DQO)	BVE-CTD-LAB-SOP-038/Spectroquant Soluciones A-B para DQO Nova 60 144538,114539,114679,114680 análogo al Standard Methods Ed. 23,2017 5220D	✓	✓	mg/l	3335	-

### Anexo 8. Reporte de los análisis de demanda química de oxígeno con tratamiento

Datos de a Muestra						
Tipo:	Agua Residual	Cantidad:	2 litros	Envase:	cerrado, de vidrio,	
Identificación de la muestra: M1.- Agua residual de Almidonera, Tomadas el 25/10/2019; Olla Vieja						
Resultados						
Parametros	Metodos	A2LA	SAE	Unidad	Resultados	(±)U
Demanda Quimica de Oxígeno (DQO)	BVE-CTD-LAB-SOP-038/Spectroquant Soluciones A-B para DQO Nova 60 144538,114539,114679,114680 análogo al Standard Methods Ed. 23,2017 5220D	✓	✓			-
Tratamiento 1				mg/l	2500	
Tratamiento 2				mg/l	2400	
Tratamiento 3				mg/l	2400	
Tratamiento 4				mg/l	2300	
Tratamiento 5				mg/l	2220	
Tratamiento 6				mg/l	2380	
Tratamiento 7				mg/l	2100	
Tratamiento 8				mg/l	2300	
Tratamiento 9				mg/l	2120	

### Anexo 9. Reporte de los análisis de DBO5 con tratamiento

Datos de a Muestra						
Tipo:	Agua Residual	Cantidad:	2 litros	Envase:	cerrado, de vidrio,	
Identificación de la muestra: M1.- Agua residual de Almidonera, Tomadas el 25/10/2019; Olla Vieja						
Resultados						
Parametros	Metodos	A2LA	SAE	Unidad	Resultados	(±)U
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	BVE-CTD-LAB-SOP-037/Standard Methods 22th 5210D(Oxitop Manual-WTW)Respirometric Method	✓	✓			25.19
Tratamiento 1				mg/l	380	
Tratamiento 2				mg/l	390	
Tratamiento 3				mg/l	340	
Tratamiento 4				mg/l	360	
Tratamiento 5				mg/l	370	
Tratamiento 6				mg/l	310	
Tratamiento 7				mg/l	320	
Tratamiento 8				mg/l	340	
Tratamiento 9				mg/l	280	

## Anexo 10. Capacitación al personal de la procesadora de almidón “Daime Zambrano”



## Anexo 11. Guía de buenas prácticas ambientales



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

**GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES,  
MEDIANTE EL USO DE FILTRO RÁPIDO DE FIBRA  
DE COCO Y ZEOLITA EN EL SITIO BEJUQUILLO**



Enero 2021

**PRESENTACIÓN**

Esta guía es una herramienta dirigida al propietario y trabajadores de la planta procesadora de almidón "Daime Zambrano" cuya finalidad es impartir buenas practicas ambientales desde la implementación de una tecnología ambiental

En la actualidad el problema de contaminación ambiental en el mundo tiende a hacer por las diferentes actividades que realiza el ser humano en su diario vivir, las cuales en su mayoría generan grandes cantidades de residuos, sin recibir en su disposición final ningún tratamiento, causando un desequilibrio en el medio.

Es por ellos que se opta por tomar en cuenta tecnologías ambientales que brinden una solución a esta problemática.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar una guía que facilite información a las personas acerca del manejo y el uso del filtro en la procesadora de almidón Daime Zambrano.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- \*Describir las partes del filtro.
- \*Detallar el procedimiento del sistema de filtración
- \*Plasmear la eficiencia del filtro

## FILTRO

Los filtros son utilizados para la remoción de materia orgánica con la implementación de materiales filtrantes, la cual se da por medio de la gravedad.



La aplicabilidad del filtro se basó en la posibilidad de tratar efluentes residuales líquidos en bajos tiempos de retención, contando con una eficiencia que sea mayor del 90%, y con bajos costos de construcción y mantenimiento.

## MATERIALES

Para la construcción del filtro se utilizaron los siguientes materiales:

- 4 Tuvo PVC (2 plg)
- 2 Llave de paso
- 1 tanque cilíndrico
- 1 codo
- Materiales filtrantes (Cáscara de coco, Zeolita y Grava)

### MATERIAL FILTRANTE

Un medio filtrante es una barrera en la cual permite que las partículas en suspensión se separen del fluido y son retenidas en el filtro.



Grava



Zeolita



Fibra de coco

## PREPACIÓN DE LOS MATERIALES FILTRANTE

### GRAVA

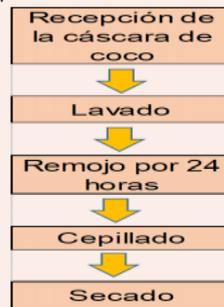
- . Una vez obtenida se procede a lavarla de 3 a 4 veces hasta que quede limpia.
- . Dejar secar a temperatura ambiente
- . Proceder a su utilización dentro del filtro en las cantidades que sea necesario.

### ZEOLITA

- . Una vez obtenida se procede a lavarla de 2 a 3 veces hasta que no tenga residuos blanquinosos.
- . Dejar secar durante a temperatura ambiente
- . Proceder a su utilización dentro del filtro en las cantidades que sea necesario.

## EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE COCO

Para la obtención de la fibra de coco se debe realizar los siguiente pasos:



1. Recepción de la cáscara de coco.- se procede a la recolección del coco, luego se corta la corteza en trozos pequeños.
2. Lavado.- Se debe realizar el lavado de la cáscara de coco hasta retirar todos los residuos.
3. Remojo por 24 horas.- se procede a colocar la cascara de coco en un recipiente, llenar de agua para cubrirlos por completo por 24 horas.
4. Cepillado.- por medio de un cepillo de púas se peina la cascara de coco para obtener la fibra. Para la elaboración del cepillo se toma un pedazo de madera en forma circular, y alambre de púas el cual tiene que ser envuelto en la medra y ser ajustado con grampa.
- 5.- Secado.- se deja secar la fibra de coco a temperatura ambiente hasta que este completamente seca.

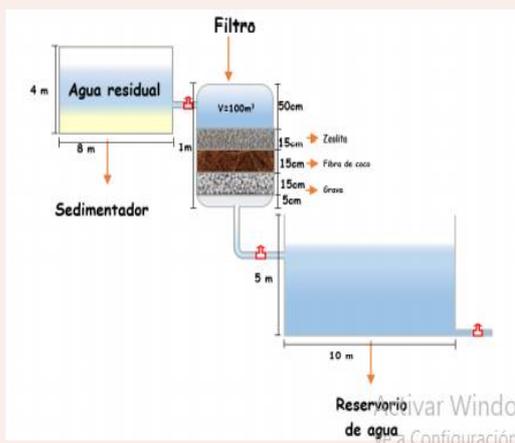
## ELABORACIÓN DEL FILTRO

Para la construcción del filtro se consideró la cantidad de agua residual generada en la planta procesadora de almidón "Daime Zambrano", la cual es de  $100 \text{ m}^3$  cada dos días, considerando el volumen de agua, por medio de la aplicación de las respectivas formulas para su construcción el filtro deberá tener las siguientes medidas:



## PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN

Después de la sedimentación el agua residual de almidón de yuca por medio de un tubo ingresa al filtro y realiza su travesía en forma ascendente por medio de los materiales filtrantes (Zeolita, fibra de coco y grava) llegando a un reservorio para luego poder ser utilizadas.



## RECOMENDACIONES

El filtro deberá tener un mantenimiento periódico de 8 a 30 días para eliminar residuos de material contaminante.

Los materiales a utilizar deber ser eficientes en la absorción de contaminantes considerando las necesidades de la procesadora.

La grava y la zeolita se debe cambiar en un periodo de 3 años considerando la cantidad de agua residual que generan

La fibra de coco se considera sustituir cada mes, dado que la fibra tiende a absorber más humedad

El material filtrante una vez culminado su periodo deberá ser procesado por una planta autorizada y especializada en la disposición final de los mismo, ya que estos pueden contener residuos de materia orgánica del proceso y causar condiciones desfavorables como contaminación al ambiente.