



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA

AMBIENTAL

“Efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa grande”

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

AUTOR:

IZQUIERDO BALTODANO ISABEL MAGALY

ASESOR:

MG. ING. VALDERRAMA CASTILLO ISIDORO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTION DE LOS RECURSOS NATURALES

TRUJILLO – PERÚ

2016

JURADO EVALUADOR

.....
PRESIDENTE

Ing. Medardo Alberto Quezada

.....
SECRETARIO

Ing. Misael Ydilbrando Villacorta

.....
VOCAL

Ing. Isidoro Valderrama Ramos

TRUJILLO- PERU

2016

DEDICATORIA

La tesis está dedicada a Dios quien supo encaminarme correctamente, por iluminarme. Quien me dio fuerzas en momentos que ya no abrían, enseñándome a no rendirme jamás y tener la esperanza y fortaleza de terminar lo que inicie. A mis padres por quien soy en esta vida y quien seré en mi futuro, por su amor, paciencia, comprensión, apoyo incondicional, sus consejos y por apoyarme en lo económico. A mi hermano y hermana por el ejemplo que me dan día a día. Dedicado a las personas que confiaron en mí en esta etapa de mi vida y no dejarme derrumbar ante cualquier Obstáculo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy gracias a Dios por darme fuerzas y no dejarme derrumbar ante un problema, agradezco a mi madre quien fue motor y motivo para la realización de esta tesis, a mi padre quien supo apoyarme en mis decisiones y apoyarme en lo económico, a mi hermana y hermano por su gran apoyo moral.

Agradezco a mi asesor por el apoyo incondicional y siempre estar pendiente de mi tesis desde el inicio hasta el final.

Agradezco a mis abuelitas que siempre están cuando más las necesito y me iluminan desde el cielo.

Agradezco a una persona en especial quien me apoyo en cada momento de mi vida desde el inicio de mi carrera hasta el final.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Isabel Magaly Izquierdo Baltodano, estudiante de la universidad Cesar Vallejo, escuela de Ingeniería Ambiental, identificada con DNI N°73083734 con la tesis titulada:

“Efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande”.

Declaró bajo juramento que toda la documentación es veraz y auténtica, se ha respetado las normas ISO 690 y 690-2 para las fuentes bibliográficas. Asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u omisión de los documentos, donde me someto a las normas académicas de la Universidad.

Trujillo, diciembre del 2016

Isabel Magaly Izquierdo Baltodano

PRESENTACION

Presento ante los miembros del jurado la tesis titulada: “Efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande”, con la finalidad de obtener el grado de Ingeniero Ambiental y cumplir con el reglamento de la universidad Cesar Vallejo.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

La Autora

INDICE

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	5
PRESENTACION.....	6
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad Problemática.....	11
1.2. Trabajos previos	12
1.3. Teorías relacionadas al tema	16
1.4. Formulación del problema.....	20
1.5. Justificación del estudio.....	20
1.6. Hipótesis	21
1.7. Objetivos.....	21
II. MÉTODO.....	21
2.1. Diseño de investigación	21
2.2. Variables, operacionalización	22
2.2.1. Variables.....	22
2.2.2. Operacionalización de variables.....	22
2.3. Población y muestra	24
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	24
2.5. Métodos de análisis de datos	26
2.6. Aspectos éticos	26
III. RESULTADOS	27
IV. DISCUSIÓN	32
V. CONCLUSIÓN.....	34
VI. RECOMENDACIONES.....	35
VII. REFERENCIAS	36
VIII. ANEXOS	39

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Diseño Unifactorial	22
Tabla N°2: Operacionalización de Variables	23
Tabla N°3: Características fisicoquímicas del efluente Agroindustrial Casa Grande	27
Tabla N°4: Análisis del oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) del efluente Agroindustrial Casa Grande	27
Tabla N°5: Análisis Estadístico	31
Tabla N°6: Pruebas post hoc - Peso de Levadura	31
Tabla N° 7: Prueba de Homogeneidad.....	46
Tabla N°8: Pruebas de Normalidad	47

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfica N°1: Promedio de la DBO_5 vs lecho de piedra pómez.....	29
Gráfica N°2: Promedio de la Demanda Biológica de Oxígeno vs Peso de Levadura ...	30
Gráfica N°3: Probabilidad Normal.....	48

RESUMEN

En la presente tesis, se evaluó el efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande, analizando el oxígeno disuelto.

Para realizar el proceso del oxígeno disuelto, se analizó los distintos tratamientos que se obtuvieron al utilizar 3 pesos de piedra pómez (250gr, 500gr y 750 gr) y 3 de levadura(150gr, 200 gr y 250gr), obteniendo 9 muestras y realizando 3 repeticiones con un total de 27 muestras.

De los resultados obtenidos se determinó que el incremento del biofiltro (peso de la piedra pómez y levadura) en el proceso de análisis del material orgánico. El mayor promedio de remoción de la materia orgánica que se obtuvo fue de 3437mgO₂/L, a 250 gr de levadura y 750 gr de piedra pómez.

El biofiltro sobre la remoción del material orgánico mediante análisis de la BDO₅ se confirman mediante un análisis de varianza para un nivel de confianza de 95%, por lo que se concluye que el biofiltro influye significativamente en la remoción del material orgánico.

Palabras claves: Demanda Bioquímica de Oxígeno, levadura, soporte biológico.

ABSTRACT

In this thesis, the effect of a pumice biofilter on the removal of the organic material from the Casa Grande agroindustrial effluent was evaluated by analyzing the dissolved oxygen.

To perform the dissolved oxygen process, the different treatments that were obtained using 3 pumice weights (250gr, 500gr and 750gr) and 3 of yeast (150gr, 200gr and 250gr) were analyzed, obtaining 9 samples and performing 3 Repetitions with a total of 27 samples.

From the results obtained it was determined that the increase of the biofilter (weight of the pumice stone and yeast) in the process of analysis of the organic material. The highest removal rate of organic matter was 3437 mgO₂ / L, 250 g of yeast and 750 g of pumice.

The biofilter on the removal of the organic material by BDO₅ analysis is confirmed by an analysis of variance for a 95% confidence level, which concludes that the biofilter significantly influences the removal of the organic material.

Key words: Biochemical Oxygen demand, yeast, biological support.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En el Perú los efluentes agroindustriales han venido incrementando con el tiempo, debido al crecimiento y desarrollo de nuevas empresas, a pesar de que las empresas agroindustriales proporcionan economía debido a su producción, tenemos que tener en cuenta que hay un factor importante y es que afecta al medio ambiente, debido que gran parte de las agroindustrias no cuentan con un tratamiento adecuado en su disposición final.

Sabemos que hoy en día las empresas agroindustriales están incrementando, y obteniendo un buen proceso productivo debido a las exigencias que el mercado realiza para su exportación a distintos países debido al tratado de libre comercio y los nuevos proyectos que se presentarán durante el tiempo. Donde el aumento de producción crece y esto trae como consecuencia el incremento de los efluentes en todo el proceso que opere las empresas agroindustrias, sabiendo que pocas cuentan con un sistema de tratamiento de efluentes y gran parte de las agroindustrias no cuentan con dicho sistema, además se debe tener en cuenta que no es fácil obtener un sistema de tratamiento de efluentes debido que todas las empresas no producen lo mismo y el sistema tiene que adecuarse a lo que produce cada empresa (Sánchez Alvarado Pablo Cesar, 2009).

Debido a esto, nos da una idea clara donde debe de haber un tratamiento adecuado, en la fase final de una agroindustria, con la finalidad que al salir el efluente disminuya la concentración de sus contaminantes y esto no afecta al cuerpo receptor.

En la región la libertad la mayoría de las agroindustrias no cuentan con un tratamiento adecuado en la finalización de su proceso donde el efluente va directamente y sin ningún tratamiento a los ríos, mares, lagos entre otros. Una de las principales empresas agroindustriales reconocidas a nivel mundial y que no cuenta con un sistema de tratamiento de efluentes como es el caso de la empresa agroindustrial Casa Grande S.A.A., que sus efluentes son descargados en los canales de regadío y con el tiempo tienen contacto con el

cuerpo receptor lo que provoca una alta contaminación debido que los efluentes que salen tienen una cantidad elevada de material orgánico.

Desde el punto de vista ambiental nos damos cuenta que muchas agroindustrias solo velan por su economía perjudicando así el ambiente, por ello se busca realizar un tratamiento adecuado de efluentes industriales que sea eficaz y económico para que toda agroindustria pueda obtener un tratamiento y al descargar sus efluentes al cuerpo receptor estos lleguen con bajas concentraciones de material orgánico y restos de la producción.

Por ello un Biofiltro de piedra pómez es una opción para un tratamiento de efluentes agroindustriales debido que es una piedra volcánica, además, de realizar una remoción del material orgánico desde una corriente de flujo.

Es así que esta investigación se basa en la importancia de un Biofiltro de piedra pómez para poder contribuir con el ambiente y así las agroindustrias tengan una sostenibilidad adecuada con el ambiente, proporcionando soluciones claras y adecuadas para un tratamiento de efluentes.

1.2. Trabajos previos

- Según BURHANETTIN, Hafizoglu (2003) en su artículo “El rendimiento de piedra pómez como material de lecho de filtro bajo condiciones de filtración rápida”. Nos dice que se realizó una comparación entre la arena y la piedra pómez en un experimento donde se realizó en las mismas condiciones para cada uno, como la profundidad de 750 mm cama, velocidad de flujo $7.64 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$ y, tamaño de grano 0,5 a 1,0 mm, donde se encontraron tasas de eliminación de turbidez para la arena y piedra pómez para ser 85-90% y 98-99%, respectivamente., además se tuvo en cuenta la pérdida de carga tanto de arena con un 460mm y piedra pómez con 215mm. Donde al término del experimento se concluyó que la piedra pómez tiene un alto potencial para su uso como material de lecho de filtro.
- SAURI Riancho, María Rosa [et al]. (2002) en su artículo “utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes”. Nos dice que

un biofiltro debe estar conformado por una matriz porosa, que contenga microorganismos donde se utilizó distintos medios como carbón mineral, ceniza volcánica entre otros materiales, que sirven como soporte para la utilización en aire y aguas contaminadas.

- GARZÓN Zúñiga, Marco A., BUELNA, Gerardo y MOELLER Chávez Gabriela E. (2012) en su artículo “La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias”. Nos dice que este proceso está dado en la capacidad que tienen los microorganismos capaces de degradar los contaminantes retenidos de un efluente donde en los últimos años se está desarrollando en Canadá, un proceso de biofiltración percolación, donde se sabe que en México y otros países recién se está implementando el proceso de biofiltración con la finalidad que sea la tecnología más eficiente y de baja inversión, de ser eficaz, simple y segura, esta alternativa favorece a comunidades, los asentamientos rurales y las agroindustrias. La eficiencia total del tratamiento del proceso de biofiltración se demuestra que en una muestra orgánica se sitúa durante 6 años. En su proceso se demuestra que la eficiencia total del tratamiento del proceso de biofiltración sobre la materia orgánica se sitúa durante 6 años en escala real dando entre 90 y 99%, en diversos parámetros estudiados. El agua tratada sirve para riego de áreas verdes, en agricultura, también pueden ser expulsados hacia los lagos y ríos, ya que son aguas sin contaminantes.
- SOLANO Meza, Johanna Karina y RANGEL Urrea, Mónica Patricia (2006) en su tesis “Evaluación operacional de un sistema a escala laboratorio de biopelículas anaerobia soportada para el tratamiento de aguas residuales domésticas”. Nos dice que para realizar un inóculo se tiene que hacer con una biopelícula y se selecciona soportes en este caso son 3 soportes como la tusa de mazorca, estropajo y un sintético (poliuretano); al finalizar el experimento se observó que los valores para realizar el tratamiento son: temperatura de 38°C, TRH 24 horas dentro del sistema y 6 horas dentro del reactor, pH en un rango de 6,5- 7,5, DQO del efluente mayor de 1500mg/l.

- FLORES P., Abad, [et al.]. (2008) en su artículo “Desarrollo de bioprocesos para la reducción de los niveles de DBO y DQO de efluentes de la industria alimentaria”. Nos dice que se realizó un bioproceso para reducir el DBO y el DQO evaluando hacia el potencial de las levaduras, obteniendo resultados de reducción de la DQO de suero lácteo diluido de 22,100 mg de O₂/L a 1280 mg de O₂/L y el DBO sin ningún tratamiento es de 17,500mg O₂/L y con el cultivo aeróbico de *Kluyveromyces marxianus* tuvo un DBO de 1100mg O₂/L, además, con el cultivo aeróbico de *Candida pseudotropicalis* es de 1250 mg O₂/ y sin el cultivo salió 17600 mg O₂/L de DBO y un DQO de 22,100 mg O₂/L sin cultivo y con el cultivo salió a 1360 mg O₂/L. también se logró reducir el DQO de un efluente de una industria de procesamiento de Almidón de papa de 22,500 mg O₂/ L a 1480 mg O₂/ L y de la DBO₅ de 26,400 mg O₂ / L a 2100 mg O₂/ L empleando un cultivo mixto de *Candida tropicalis* BT-UNMSM-124 y *Lipomyces starkeyi* NRRL-11557 en condiciones aeróbicas, donde la levadura paso por procesos de fermentación y esto determino la granulometría de la biomasa, filtrando 5 ml de cultivos o diluciones de ella en cultivos de alta densidad celular a través de filtros de 47 mm de diámetro y 0.43 micras (μ) de porosidad, secados y pesados en una balanza analítica. Los filtros con las muestras secadas a 70 °C por 4-6 horas fueron pesados nuevamente para obtener el peso seco (g/L) por diferencia de pesos.
- GARZÓN Zúñiga, Marco, CHÁVEZ Moeller, Gabriela y BUELNA, Gerardo (2011) en su libro “Los biofiltros de empaque orgánico: una alternativa simple, robusta y eficiente para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales”. En su libro nos dice que se ha desarrollado en los últimos años el proceso de biofiltración de lecho orgánico con la finalidad de resolver los problemas mediante mecanismos de adsorción/absorción implantando microorganismos capaces de biodegradar los contaminantes del efluente y así poder reutilizar el agua para riego de plantas o para llevar al cuerpo receptor.
- MEDINA Mazarí, Alejandro (2012).Tesis: “Efecto de la granulometría sobre el desempeño de un sistema de biofiltración utilizando material

orgánico”. Respecto a la velocidad de degradación del medio filtrante, un aspecto que podría tener una importancia relevante, entre otros, sería que está en función del tamaño de las partículas del empaque; de manera que partículas de tamaño pequeño tendrían a degradarse más rápido y cuando este material se degrada la columna se compacta, disminuyendo la porosidad de la cama y dificultando el paso de los fluidos por el lecho filtrante. Por otra parte, partículas de tamaño mayor podrían degradarse más lentamente, sin embargo, si el tamaño de las partículas es demasiado grande, la retención de contaminantes no sería adecuada para que el sistema alcance las eficiencias que se requieren.

- CÁRDENAS González, Beatriz [et al]. (2005).” Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas”. Define a la biofiltración como un proceso biológico, donde los microorganismos son los responsables de la degradación biológica en los efluentes, cuenta con un soporte que ayuda a realizar el proceso de un biofiltro siendo más eficaz para la realización del proceso.
- GARZÓN Zúñiga, Marco Antonio (2005).Revista “la biofiltración sobre cama de turba, un tratamiento eficiente para diferentes tipos de agua residual industrial”. Nos dice que la biofiltración es una tecnología conocida, que fue utilizada para tratar gases pero que al paso de los tiempos también ha sido utilizado para tratar aguas contaminadas, en el cual actúan microorganismos que se alimentan de estos contaminantes y algunos sustratos orgánicos que se utiliza de soporte. El biofiltro está constituido por una capa echa con sustrato orgánico que hace las veces de un filtro natural con alta porosidad y propiedades de adsorción y absorción. Este medio filtrante retiene los contaminantes que contenga el agua, además, hay se dan importantes crecimientos de poblaciones microbianas que descomponen los contaminantes retenidos en el filtro, mejorando así la capacidad de filtración y de depuración del sistema.
- CORNEJO Soldevilla, Daniela Medalit (2015).Tesis “Determinación de la eficiencia de remoción de la DBO de agua residual domestica mediante la utilización de un biofiltro de piedra pómez”. Nos dice que un biofiltro está conformado por 200gr de levadura y con un espesor de 6 cm de piedra

pómez, donde se realizó análisis de DBO_5 diario durante 5 días para obtener el % de remoción, concluyendo así, que la DBO_5 inicial es de 263.81 ppm, con una eficiencia de remoción de 74.3%, debido que el día 5 llega a un DBO_5 de 67.8 ppm., además, el oxígeno disuelto se analizó por 5 días consecutivos para ver el % de remoción obteniendo un 17.41%.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Marco teórico

✓ Ubicación del área de estudio

La empresa Agroindustrial Casa Grande está ubicada al norte de Trujillo (50Km) y al norte de Lima (600Km). Se encuentra en la Región la Libertad, provincia de Ascope y Distrito de Casa Grande; esta empresa cuenta con 29 383 hectáreas, de las cuales 20 000 son destinadas para el cultivo de caña de azúcar y lo restante para otros fines. Su principal fuente de riego es el río Chicama.

Imagen 1: Mapa de ubicación Geográfica de la Empresa



Fuente: Google Earth

✓ **Zona de Estudio:**

El Efluente seleccionado como zona de estudio es la garita 1, denominado así por los encargados de la empresa, esta zona de estudio se toma debido que los demás efluentes se mezclan con las aguas residuales domesticas de la población, este efluente tiene un ducto que separa las aguas residuales industriales de las aguas residuales domésticas, en este efluente salen material orgánico de vinaza, lavado caña, refinería, del proceso de elaboración.

✓ **Contaminación hídrica por la Agroindustria**

Contaminación Hídrica: Se debe principalmente al avance de la actividad humana (agricultura, ganadería. industrias, entre otras), el desarrollo de las ciudades y el crecimiento demográfico, esto genera un ambiente contaminado.

Las industrias son uno de los principales contaminantes del recurso hídrico debido que cuentan con un inadecuado manejo de los productos químicos, de los desechos peligrosos y la acumulación progresiva de estos desechos sin solución para su disposición final, además las agroindustrias pueden tener efectos colaterales perjudiciales para el medio ambiente.

✓ **Remoción del material orgánico**

La remoción se utiliza para hacer referencia a todo aquel acto que tenga que ver con quitar algo de su lugar. La remoción de material orgánico en este proyecto se realiza mediante la DBO_5 .

✓ **Microorganismos degradantes de material orgánico**

Un degradador de materia orgánica es una excelente herramienta biológica para descomponer materia orgánica sólida o líquida.

Los degradadores de materia orgánica se encargan de degradar las grasas y de controlar malos olores y gases tóxicos que emite luego de la descomposición de la materia orgánica.

1.3.2. Marco Conceptual:

✓ **Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)**

Es el oxígeno que necesita los microorganismos para descomponer la materia orgánica, estos pueden ser degradados mediante los procesos biológicos donde se expresa la cantidad en miligramos de oxígenos por cada litro de agua, además, la temperatura para este análisis debe ser realizado durante 5 días a 20°C (DBO₅)

Es uno de los parámetros de mayor importancia, esto nos indica el grado de contaminación en aguas residuales industriales a partir de su contenido de sustancias biodegradables. (De la Cruz y Orellana, 2011).

✓ **Piedra pómez:**

La piedra pómez conocida también como pumita esta piedra es un tipo de piedra volcánica, que está formada por un gran número de pequeños cristales microporosos, puede ser de color blanco grisáceo. Esto ayuda al proceso de filtración del agua para evitar así malos olores de las aguas y absorber productos químicos en el área. (Sánchez, 2014).

La piedra pómez es utilizada para diversos fines, es muy económico, además, de ser una piedra muy porosa, en el proyecto sirve como un soporte para un biofiltro.

✓ **Levadura:**

Está compuesto básicamente de hongos, la *Saccharomyces cerevisiae* son capaces de producir dióxido de carbono debido a los azúcares presentes en las masas como parte de su ciclo vital. Donde al realizar una actividad sobre la masa se le conoce como fermentación donde actúa sobre los azúcares convirtiéndolo en dióxido de carbono (Scragg, Alan, 2004).

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es de color crema o blanco, de apariencia húmeda y brillante, además presentan bordes irregulares, su temperatura optima es de 22°C - 30°C. (Fajardo y Sarmiento, 2007).

✓ **Biofiltro:**

Es también conocido como filtro biológico, que elimina compuestos contaminantes en los efluentes, además, de ser económico y contribuye con el cuidado ambiental. (Tapia y Villavicencio, 2007).

Son unidades de tipo biológico con un medio adherido o asistido. Esto nos da una idea clara, que el agua del efluente agroindustrial pasa por un filtro donde las bacterias y otros microorganismos se van adheriendo a este medio formando una película biológica que ara la descomposición biológica del material orgánico.(Cornejo, 2015).

El biofiltro conocido como filtro biológico está conformado por un soporte de piedra pómez y levadura, encargado de remover el material orgánico del efluente agroindustrial.

✓ **Reactor Bach**

Este tipo de reactor llamado también reactor discontinuo, se caracteriza por no tener flujo de entrada ni de salida, mientras se lleva a cabo la reacción de homogenizar la mezcla, este reactor se aplica mayormente en laboratorio, además de ser de simple construcción y fácil de limpiar(Díaz, 2012).

✓ **Adsorción**

La adsorción constituye uno de los procesos más utilizados en los procesos de efluentes agroindustriales. Se emplea, fundamentalmente, para retener contaminantes de naturaleza orgánica, presentes, en concentraciones bajas, lo que dificulta su eliminación por otros procedimientos. Cabe citar la eliminación que comunica olor y sabor a las aguas. La operación es menos efectiva para sustancias de pequeño tamaño molecular y estructura sencilla, que suelen ser fácilmente biodegradables y, por ello, susceptibles de tratamiento biológico. (Loayza, 2009).

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande?

1.5. Justificación del estudio

Este proyecto se motiva debido que la empresa agroindustrial, desde hace años no cuenta con un tratamiento adecuado en su disposición final y esto trae como consecuencias que al ser vertido las aguas residuales del efluente tiene a contaminar un cuerpo receptor cerca de la población que es el río Chicama, esta investigación trae como beneficio al medio ambiente debido que las industrias podrían utilizarlo en la disposición final de sus procesos para la remoción del material orgánico, favoreciendo el uso del biofiltro de piedra pómez siendo accesible y económico, esto a la vez favorece a las poblaciones aledañas con el fin de evitar algún tipo de enfermedades provocados por la contaminación de las aguas.

Este proyecto se centra en dar a conocer un método de remoción del material orgánico con un biofiltro siendo el objetivo principal, determinar el efecto del biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente Agroindustrial Casa Grande.

La materia orgánica son básicamente reacciones químicas que requieren el oxígeno disuelto en el agua para su desarrollo, provocando así que el equilibrio del medio se altere, afectando de modo significativo a la vida acuática, los efluentes industriales tienen altas concentraciones del material orgánica lo que en este proyecto se quiere disminuir y así poder utilizar el biofiltro de piedra pómez.

1.6. Hipótesis

H₁: El biofiltro de piedra pómez remueve el material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande.

H₀: El biofiltro de piedra pómez no remueve el material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande.

1.7. Objetivos.

Objetivo General

Determinar el efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico de la empresa agroindustrial casa grande.

Objetivos Específicos

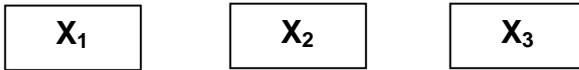
- ✓ Determinar el peso apropiado de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande.
- ✓ Determinar el peso apropiada de *Saccharomyces cerevisiae* en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande.
- ✓ Determinar la reducción de los niveles de DBO durante el proceso de remoción del material orgánico en el Biofiltro.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El diseño experimental es unifactorial, teniendo una variable dependiente: remoción del material orgánico, y una variable independiente con dos niveles: El peso de piedra pómez (250g, 500g y 750g) y el peso de levadura (150g, 200g y 250g); con (3) repeticiones haciendo un total de 27 experimentos.

Variable Independiente X



Variable Independiente A

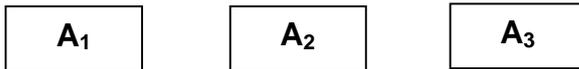


Tabla N°1: Diseño Unifactorial

		Peso de Levadura (g)			Total
		A ₁	A ₂	A ₃	
Peso de Piedra Pómez(g)	X ₁	X ₁ A ₁	X ₁ A ₂	X ₁ A ₃	3
	X ₂	X ₂ A ₁	X ₂ A ₂	X ₂ A ₃	3
	X ₃	X ₃ A ₁	X ₃ A ₂	X ₃ A ₃	3
					9

Fuente: Propia

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables

A) Variable dependiente:

- Remoción del material orgánico

B) Variables independientes:

- Biofiltro

2.2.2. Operacionalización de variables

Tabla N°2: Operacionalización de Variables

VARIABLE	Definición Conceptual	covariables	Definición Operacional	Escala de medición
Biofiltro	Es también conocido como filtro biológico, que elimina compuestos contaminantes en los efluentes, además, de ser económico y contribuye con el cuidado ambiental. (Tapia y Villavicencio, 2007).	Peso de Piedra Pómez	Se evaluaron tres tipos de peso obtenido de la piedra pómez (250g, 500g y 750g).	Razón
		Peso de Levadura	Se evaluaron tres tipos de peso obtenido de levadura (150g, 200g y 250g).	Razón
Remoción del Material Orgánico	Mediante la disminución de materia compuesta de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas y animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. (Julca, 2006)	Cantidad de Material orgánico removido	Se determina mediante la disminución de niveles de DBO.	Razón

Fuente: Propia

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población:

Está compuesto por las vertientes provenientes de la planta azucarera y el proceso de destilería, por convergencia estas dos corrientes forman el efluente agroindustrial denominado Garita N°1.

2.3.2. Muestra:

La muestra será aleatorio simple, representado por 27 litros de muestra del efluente agroindustrial, lo cual servirá para la realización de las muestras a realizar.

2.3.3. Unidad de análisis:

Se usara 1000 ml de muestra del efluente agroindustrial, para el desarrollo del proyecto de investigación.

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

2.4.1. Técnicas e instrumentos

Las muestras fueron tomadas en frascos de plástico del efluente agroindustrial. Previo a esto se coloca los guantes descartables antes de iniciar la toma de muestra, se realizó el enjuague del frasco con la misma agua del efluente, para poder eliminar posibles sustancias que hay en el interior del frasco, la toma de muestra se realiza en dirección opuesta al flujo del efluente. Evitar coger la muestra de agua, cogiendo el frasco por la boca. El frasco de la muestra se llena totalmente evitando burbujas de aire. (ANA-2011)

Elaboración del Biofiltro

Una vez recolectada la piedra pómez, se procedió a pesar para cada tratamiento y empacar con papel de molde para luego ser llevado a esterilizar, luego la levadura se desarrolla con base de un medio preparado en un vaso de precipitación donde se agrega la levadura con el peso indicado para el tratamiento con 1 litro de agua destilada,

mezclando con una varilla de vidrio hasta que se disuelva completamente. Una vez preparado la levadura se agrega al biofiltro de piedra pómez, esto se realiza a temperatura ambiente (aprox. 25°C) donde se adapta el cultivo de levadura, adhiriéndose a la piedra pómez.

La construcción del Biofiltro (reactor tipo bach) se forma de un recipiente cilíndrico (de acero inoxidable) en condiciones anaerobias, con una capacidad de 2 litros, en este se incorpora la levadura y piedra pómez.

Tratamiento de Remoción del material Orgánico

De los 27 litros de agua del efluente agroindustrial, se tomó para cada análisis 1000ml de agua, donde se incorporó la muestra al biofiltro. Luego se analiza la muestra del agua del efluente antes de agregar al biofiltro y después de cinco (5) días al pasar por el biofiltro.

2.4.2. Equipos e instrumentos

- Balanza digital
- pH metro
- Soporte universal
- Termómetro
- Estufa

2.4.3. Materiales

- 5 Probetas
- 7 Matraz
- 2 Pipeta
- 2 Vasos precipitación de 100 ml
- 5 Vasos precipitación de 1000 ml
- Frascos de DBO de 300 ml de capacidad con tapa esmerilada
- 1 Bureta graduada 50 ml
- 1 soporte universal

- Piedra pómez
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

2.4.4. Reactivos

- Solución de tiosulfato de sodio(1/4N)
- Solución Yodura alcalina acida
- Solución de Almidón al 0.5%
- Ácido Sulfúrico
- Solución $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

2.4.5. Validez y confiabilidad

La validación y confiabilidad de los equipos e instrumentos que se usarán para la investigación tiene como referencia a la Ley N.º 30224, Ley que crea el Sistema Nacional para la Calidad y el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), el análisis que será presentado será con apoyo de un experto en la materia. Además la validación de estos equipos son de total importancia para el funcionamiento correcto y permitiendo tener un resultado confiable con dichos equipos.

2.5. Métodos de análisis de datos

El método de esta tesis se realizó con el Análisis de varianza (ANOVA), que permite comparar varias medidas en diversas situaciones, este método está ligado al diseño experimental.

Los datos fueron procesados con el software estadístico Spss v.20

2.6. Aspectos éticos

Esta investigación se realiza con instrumentos validados para la obtención de resultados, en este proyecto se respeta la propiedad intelectual de los autores, donde aportaron con sus investigaciones para la realización de este proyecto que pretende influir en las empresas para así contribuir de buena manera al medio ambiente.

III. RESULTADOS

Tabla N°3: Características fisicoquímicas del efluente Agroindustrial Casa Grande

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS									
pH	T° (°C)	Conductividad (uS/cm)	Oxígeno Disuelto (mgO ₂ /L)	Turbidez (NTU)	DBO ₅ (mgO ₂ /L)	DQO (mgO ₂ /L)	Sólidos (ppm)		
							Totales	Disueltos	Suspendidos
5.51	24	2427	0.91	503	877	4018	3814	2489	1324

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°3: Se muestra las características fisicoquímicas del efluente Agroindustrial Casa Grande, donde se determinó los parámetros relevantes del estudio, como se puede observar encontramos el pH ácido, además el Oxígeno Disuelto con 0.91mgO₂/L, un DBO₅ de 877mgO₂/L y DQO de 4018 mg O₂/L.

Tabla N°4: Análisis del oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) del efluente Agroindustrial Casa Grande

MUESTRA	OD ₁ mgO ₂ dis./L	OD ₅ mgO ₂ dis./L	DBO ₅ mgO ₂ dis./L	DQO mgO ₂ dis./L	DBO ₅ /DQO
M1	10826	9959	867	3954	0.219
M2	11016	10131	885	4112	0.215
M3	10824	9945	879	3987	0.220

Fuente: Propia

En la tabla N°4: Se muestra los resultados de la determinación de oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del efluente agroindustrial Casa Grande, de donde se determinó el DBO₅ promedio de las muestras utilizadas en las tres repeticiones, siendo 877mgO₂/L y, el promedio de la DQO siendo 4018 mg O₂/L, obteniéndose una relación promedio DBO₅/DQO de 0.218.

Tabla N°5: Resultados de la variación de la cantidad de oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en los tratamientos de muestras de agua de la Empresa Agroindustrial Casa Grande.

Volumen muestra (mL)	Piedra Pómez (g)	Levadura (g)	OD ₁ mgO ₂ dis./L	OD ₅ mgO ₂ dis./L	DBO ₅ mgO ₂ dis./L	DBO ₅ PROMEDIO
1000	250	150	10826	9915	911	
			11016	10059	957	930
			10824	9903	921	
		200	10826	9195	1631	
			11016	9435	1581	1594
			10824	9255	1569	
		250	10826	7500	2826	
			11016	7680	2936	2870
			10824	7440	2884	
	500	150	10826	9855	971	
			11016	10035	981	954
			10824	9915	909	
		200	10826	9255	1571	
			11016	9375	1641	1614
			10824	9195	1629	
		250	10826	7680	3146	
			11016	7740	3276	3201
			10824	7644	3180	
	750	150	10826	9843	983	
			11016	9975	1041	998
			10824	9855	969	
		200	10826	9135	1691	
			11016	9195	1821	1706
			10824	9219	1605	
250		10826	7560	3266		
		11016	7380	3636	3437	
		10824	7416	3408		

Fuente: Propia

En la tabla N°5 se reporta el oxígeno requerido en cada uno de los tratamientos en un tiempo y temperatura dada, oxide la materia orgánica en una muestra de agua del efluente Agroindustrial Casa Grande, se observa que la mayor variación de la cantidad de oxígeno disuelto medido antes y después de la incubación, se calcula mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el final, definiendo el índice DBO₅, se obtuvo en el lecho de piedra pómez de 750g y 250g de levadura y cuyo valor es 3437 mgO₂/L.

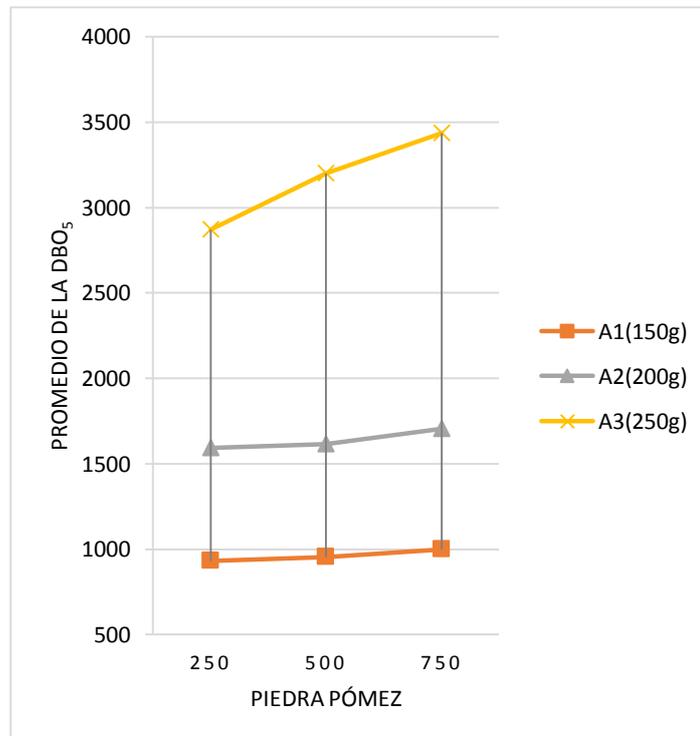
Tabla N°6: Demanda Bioquímica de Oxígeno Promedio obtenido en los tres tratamientos

Peso piedra pómez (g)	Peso de levadura (g)		
	A ₁	A ₂	A ₃
X ₁	930	1594	2870
X ₂	954	1614	3201
X ₃	998	1706	3437

Fuente: Propia

En la tabla N°6 se muestra los promedios obtenidos de los 3 tratamientos, de acuerdo al diseño experimental (tabla N° 1) y que corresponde a los reportados en la Tabla N°5, donde se observa que la mayor variación de la cantidad de oxígeno disuelto medido antes y después de la incubación definiendo el índice DBO₅, determinándose que el mejor tratamiento de remoción es a un X₃ (peso de piedra pómez de 750g.) en combinación con A₃ (peso de levadura de 250g).

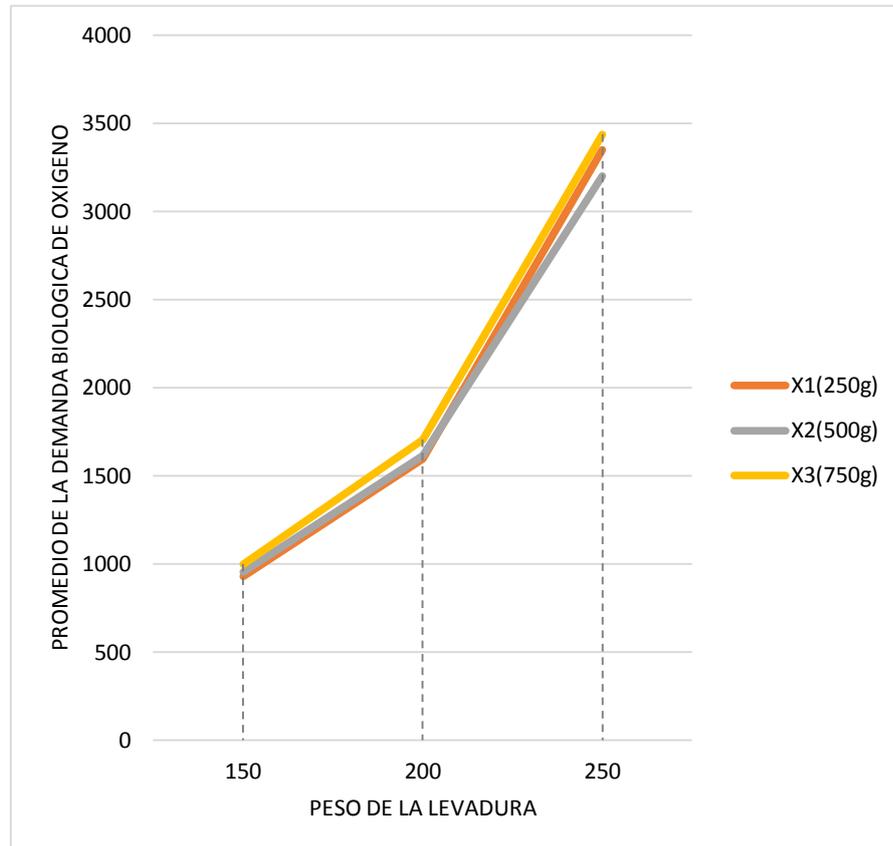
Gráfica N°1: Promedio de la DBO₅ vs lecho de piedra pómez



Fuente: Propia

En el gráfico N°1 se observa la interacción que existe entre la piedra pómez y el promedio de la DBO_5 , donde a mayor DBO_5 mayor remoción del material orgánico, los mejores resultados se obtuvieron en 750g de Piedra pómez con $3437\text{mgO}_2/\text{L}$.

Gráfica N°2: Promedio de la Demanda Biológica de Oxígeno vs Peso de Levadura



Fuente: Propia

En el gráfico N°2 se observa la interacción que existe entre la levadura y el promedio de la DBO_5 , los mejores resultados se obtuvieron en 750g de levadura con $3437\text{ mg O}_2/\text{L}$ y la menor con 150g con $930\text{ mgO}_2/\text{L}$.

Tabla N°5: Análisis Estadístico

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	72062670,370	1	72062670,370	6539,438	,000
Peso levadura	40903196,741	2	20451598,370	1855,912	,000
Error	66118,222	6	11019,704		

Fuente: SPSS v20

La tabla N°5 se observa que P es menor que el nivel de significancia ($P < 0.05$), debido que la prueba es significativa ($P < 0.05$), con un nivel de confianza de 95%.

Tabla N°6: Pruebas post hoc - Peso de Levadura

	(I) PESO LEVADURA	(J) PESO LEVADURA	Diferencia de medias (I-J)	Error tip.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DHS de Tukey	150	200	-686,22*	49,486	,000	-838,06	-534,39
		250	-2885,56*	49,486	,000	-3037,39	-2733,72
	200	150	686,22*	49,486	,000	534,39	838,06
		250	-2199,33*	49,486	,000	-2351,17	-2047,50
	250	150	2885,56*	49,486	,000	2733,72	3037,39
		200	2199,33*	49,486	,000	2047,50	2351,17

Fuente: SPSS v20

Luego de comprobar que existe diferencia significativa, se procedió a comprobar cuál de los pesos es el más adecuado para el tratamiento, donde el peso de 250g de levadura es la mejor, como se puede observar en la tabla N°6 donde se trabajó con DHS Tukey.

IV. DISCUSIÓN

En la tabla N°3 se muestra las características fisicoquímicas del efluente Agroindustrial Casa Grande y comparándolos con los estándares Nacionales de Calidad Ambiental del agua (categoría 3: Riego de cultivo de tallo alto y bajo).D.S N°015-2015MINAM, se determina que estos no cumplen con estos estándares.

En el tratamiento experimental de las muestras del efluente agroindustrial Casa Grande se usa un biofiltro, y este se trabajó de acuerdo al diseño experimental de la Tabla N° 1, se dividió en 9 tratamientos cada una con tres repeticiones, sumando un total de 27 determinaciones de Material orgánico mediante el método de la DBO₅, los resultados de los análisis se reportan en la Tabla N°5.

Se está de acuerdo con el antecedente (Cornejo, 2015) quien en su tesis describe el uso de la levadura y piedra pómez que sirve para la fabricación del biofiltro, donde sirve para la remoción de la DBO₅ en el caso de su investigación, mientras que en esta tesis el uso del biofiltro tiene como objetivo la remoción del material orgánico que mientras más consumo de oxígeno disuelto realice, abra más remoción de este.

En la tabla N°4, se muestra los resultados de la determinación de oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del efluente agroindustrial Casa Grande, donde se determinó el DBO₅ promedio de las muestras utilizadas en las tres repeticiones, siendo 877mgO₂/L y, el promedio de la DQO siendo 4018 mg O₂/L, obteniéndose una relación promedio DBO₅/DQO de 0.218, esta relación nos indica que este efluente esta entre valores 0,2 - 0,4 lo que indica que es biodegradable pudiéndose recomendar su tratamiento mediante lechos bacterianos o fangos activos. (Aurelio Hernández, "Depuración de Uralita")

Para Burhanettin, 2003 la piedra pómez sirve como un lecho de filtro por su porosidad. Siendo eso comprobado en la tesis donde se obtuvo un soporte de piedra pómez y demostró ser un soporte adecuado para la investigación.

En la tabla N°5 se reporta el oxígeno requerido en cada uno de los tratamientos en un tiempo dado y a una temperatura dada, oxide la materia orgánica contenida en una muestra de agua de efluente, se observa que la mayor variación de la cantidad de oxígeno disuelto medido antes y después de la incubación, y la demanda biológica de oxígeno, se calcula mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el final, definiendo el índice DBO_5 , se obtuvo en el lecho de piedra pómez de 750g y 250g de levadura y cuyo valor es 3437 mgO_2/L . Con lo cual se determina que se realiza una adecuada remoción de materia orgánica debido a que los organismos consumen oxígeno durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir lo siguiente:

1. En el efluente agroindustrial Casa Grande se removió el material orgánico mediante el uso de un biofiltro, con los resultados se determinó que a mayor consumo de oxígeno mayor remoción del material orgánico, obteniéndose un consumo mayor de oxígeno de 3437 mgO₂/L y menor de 930 mgO₂/L.
2. Un biofiltro de lecho de piedra pómez de 750g y levadura de 250g es el más adecuado para la disminución del material orgánico, esto se contrasta con el consumo promedio de 3437 mgO₂/L mientras que la más baja fue el biofiltro conformado por lecho de piedra pómez de 250g y 150g de levadura, alcanzando un promedio de 930 mgO₂/L.
3. En los diferentes tratamientos de biodegradación mediante el uso de un biofiltro se concluye que en todos hay una variación ascendente de la Demanda Bioquímica de oxígeno, y con ello se verifica también una disminución del material orgánico ascendente.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Evaluar la eficiencia de remoción del material orgánico de otros efluentes agroindustriales.
- ✓ Experimentar con otros tipos de levadura para mejorar la remoción del material orgánico para este y otros tipos de efluentes industriales.
- ✓ Realizar otro diseño de biofiltro para determinar su eficiencia en la remoción del material orgánico.

VII. REFERENCIAS

➤ BUITRAGO Estrada, Johanna Carolina y TENJO Camacho, Dolly Giselle. Obtención de un sustrato fermentable de origen vegetal y su evaluación con células libres de *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis. (Microbiólogo Industrial). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Escuela de Microbiología Industrial.2007.

➤ BURHANETTIN, Hafizoglu. filtración y separación. El rendimiento de piedra pómez como material de lecho de filtro bajo condiciones de filtración rápida. 40(3):41-47, abril 2003.

➤ CARDENAS Gonzales, Beatriz [et al]. Compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas. En: Biofiltracion. 1^{era} edición. México: instituto Nacional de Ecología, 2005.pp37-52.

➤ CORDOVÉS Herrera, Marianela, SÁENZ Coopat, Tirso y CABELLO Balbín, Agustín. Los Derivados de la caña de azúcar en Cuba. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 47(3):31-37, septiembre- Diciembre 2013.

ISSN: 0138-6204

➤ CORNEJO Soldevilla, Daniela Medalit. Determinación de la eficiencia de remoción de la DBO de agua residual domestica mediante la utilización de un biofiltro de piedra pómez. Tesis (Ingeniero Ambiental).Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Ingeniería Ambiental.2015.

➤ DIAZ López, Fabio Eduardo y VARILLA Quiroga, Julián Andrés. Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activos a escala laboratorio. Tecnología. 7(22): 21-28, Diciembre 2008.

ISSN: 1692-1399

➤ FAJARDO Castillo, Erika Esperanza y SARMIENTO Forero, Sandra Constanza. Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis (Microbiólogo Industrial).Bogotá: Facultad de Ciencias Básicas microbiología Industrial.2007.

➤ FLORES P., Abad [et al]. Desarrollo de bioproceso para la reducción de los niveles de DBO y DQO de efluentes de la industria alimentaria. *Peruana de Química e Ingeniería Química*. 11(1): 3-10, 2008.

ISSN: 1726-2208

➤ GARZÓN Zúñiga, Marco Antonio. La biofiltración sobre cama de turba, un tratamiento eficiente para diferentes tipos de agua residual industrial. *Energía Sanitaria y Ambiental*. 78 (01): 76 – 82, 2005.

ISSN: 0328 - 2937

➤ GARZÓN Zúñiga, Marco A., BUELNA, Gerardo y MOELLER Chávez, Gabriel E. La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar aguas residuales en pequeñas comunidades e industriales. *Tecnología y ciencias del agua*. 3(3):153-161, julio-septiembre 2012.

ISSN: 0187-8336

➤ GARAY Arroyo, Adriana [et al]. La respuesta a estrés en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. *Latinoamericana de Microbiología*, 46(1- 2): 24 -46, Enero-Julio 2004.

➤ GUTIERREZ Guzmán, Nelson [et al]. E eficiencia de remoción de dbo5 y SS en sedimentado y lecho filtrante para el tratamiento de aguas residuales del beneficio de café (*coffea arabica*). *Colombia Forestal*. 17(2):151-159, Julio - Diciembre 2014.

➤ LEHMANN Hernández, Aurelio y MARTINEZ Galán Pedro. : Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes. En: *Manual de depuración de Uralita*. España: Paraninfo, 2004.pp 57-63.

ISBN: 8428328811, 9788428328814

➤ CARDENAS Gonzales, Beatriz [et al]. Compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas. En: *Biofiltración*. 1^{era} edición. México: instituto Nacional de Ecología, 2005.pp37-52.

➤ MARIN Montoya, Jhoan Pablo y CORREA Ramírez, Juan Carlos. Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas residuales en humedales artificiales utilizando la *Guadua angustifolia* Kunth. Tesis(Químico).Colombia: Universidad tecnológica de Pereira, Escuela de tecnología Química,2010.9p

- MEDINA Mazarí, Alejandro. Efecto de la granulometría sobre el desempeño de un sistema de biofiltración utilizando materia orgánica. Tesis. (Maestro en Ingeniería).México: Universidad Nacional Autónoma de México, escuela de ingeniería, 2012.1p.
- SANCHEZ Alvarado, Pablo Cesar. Evaluación técnica y económica de una planta piloto de efluentes industriales. Tesis (Ingeniero Químico). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Química y Textil.2009.4p.
- SAURI Riancho, María Rosa [et al]. Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. Ingeniería. 6(3):55-60, setiembre-diciembre 2002.
ISSN: 1665-529x
- SOLANO Meza, Johanna Karina y RANGEL Urrea, Mónica Patricia. Evaluación operacional de un sistema a escala laboratorio de biopelícula anaerobia soportada para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis (Ingeniero Químico). Bucaramanga, Colombia: Universidad industrial de Santander, Escuela de Ingenierías Química, 2006.16p.

VIII. ANEXOS

Anexo N°1: Procedimiento para realizar los análisis

Imagen 1: Muestreo en el efluente de la garita N°1



Fuente: Propia

Imagen 2: Muestreo en Casa Grande



Fuente: Propia

Imagen 3: Filtración de agua residual



Fuente: Propia

Imagen 4: Equipo de Bomba de aire



Fuente: Propia

Imagen 5: Equipo de Espectrofotómetro



Fuente: Propia

Imagen 6: Análisis de Turbidez



Fuente: Propia

Imagen 7: Recolección de Piedra Pómez



Fuente: Propia

Imagen 8: Peso de la Levadura



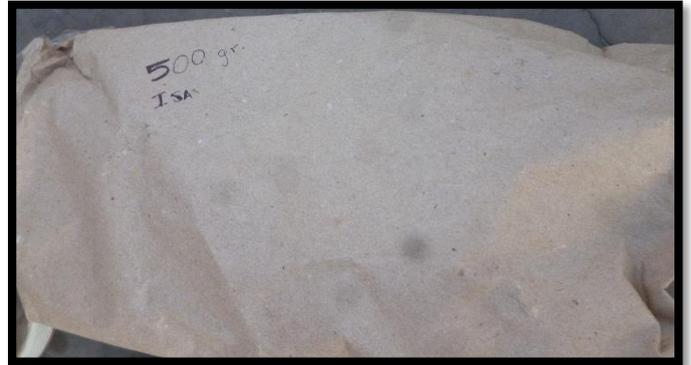
Fuente: Propia

Imagen 9: Biofiltro



Fuente: Propia

Imagen 10: Esterilización de Piedra Pómez



Fuente: Propia

Imagen 11: Equipo Autoclave



Fuente: Propia

Imagen 12: Colocación de Piedra Pómez



Fuente: Propia

Imagen 13: Agregar la levadura a la Piedra Pómez



Fuente: Propia

Imagen 14: El biofiltro con agua residual



Fuente: Propia

Imagen 15: Solución de Dilución



Fuente: Propia

Imagen 16: Bombeo de agua



Fuente: Propia

Imagen 17: Analizando el Odi



Fuente: Propia

Imagen 18: Agregando la Solución A



Fuente: Propia

Imagen 19: Preparando la Solución B



Fuente: Propia

Imagen 20: Agregando la Solución B



Fuente: Propia

Imagen 21: Agitamos para homogenizar



Fuente: Propia

Imagen 22: Agregamos Ácido Sulfúrico



Fuente: Propia

Imagen 23: Sacar Muestra (50ml)



Fuente: Propia

Imagen 24: Agregamos Almidón



Fuente: Propia

Imagen 25: Titulamos con Tiosulfato hasta estar incoloro



Fuente: Propia

Imagen 26:Od5 se realiza lo



Fuente: Propia

Anexo N°2: Análisis de SPSSvs20

Para analizar los datos estadísticos, se realiza análisis previos en el SPSS para poder luego continuar con el método de análisis de Varianza. Estos son la homogeneidad, Normalidad y Autocorrelación.

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

Ho: Varianzas homogéneas

H1. Al menos una es no homogénea

Tabla N° 7: Prueba de Homogeneidad

	F	gl1	gl2	Sig.
POMEZ250	,078	2	6	,926
POMEZ500	1,175	2	6	,371
POMEZ750	2,370	2	6	,174

Fuente: SPSS V.20

En la tabla N°7 se observa que el valor de significancia ($P > 0.05$) de la prueba de homogeneidad utilizando Levene fue mayor, indicando que los resultados obtenidos de un muestreo de una población contienen varianzas homogéneas.

PRUEBA DE NORMALIDAD

Ho: La remoción del material orgánico por peso de la piedra en las muestras del efluente Agroindustrial Casa Grande según peso de levadura siguen una distribución normal

H1: La remoción del material orgánico por peso de la piedra en las muestras del efluente Agroindustrial Casa Grande según peso de levadura no sigue una distribución normal

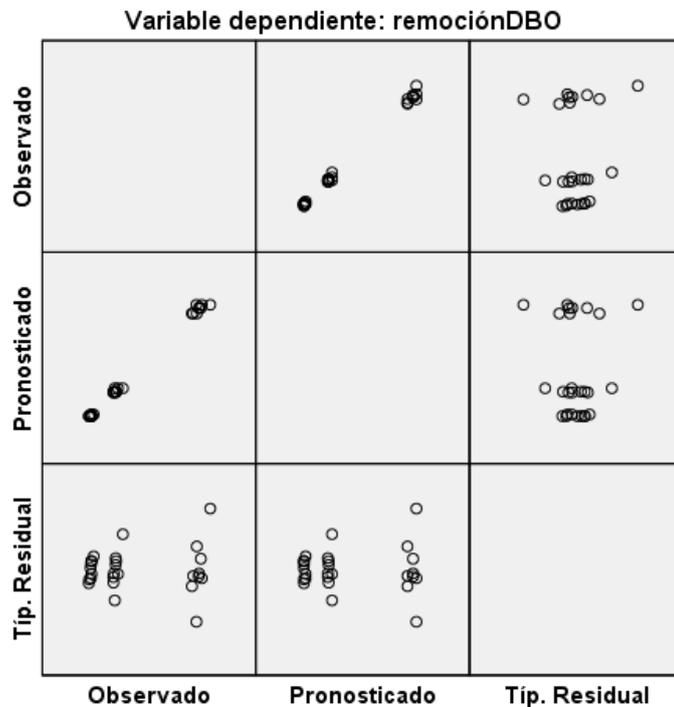
Tabla N°8: Pruebas de Normalidad

PESOLEVADURA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
POMEZ 250	150	,219	3	.	,987	3	,780
	200	,297	3	.	,917	3	,443
	250	,325	3	.	,875	3	,309
POMEZ 500	150	,338	3	.	,852	3	,246
	200	,326	3	.	,874	3	,307
	250	,287	3	.	,930	3	,487
POMEZ 750	150	,316	3	.	,889	3	,352
	200	,328	3	.	,871	3	,298
	250	,228	3	.	,982	3	,745

La prueba es significativa $P > 0.05$ Por lo tanto la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande según peso de piedra pómez sigue una distribución normal.

Autocorrelación:

Gráfica N°3: Probabilidad Normal



Modelo: Intersección + pesolevadura + pesopiedra + pesolevadura * pesopiedra

En el gráfico N°3, la parte de arriba (observado) hasta abajo (pronosticado), donde se observa que los puntos forman una línea, esto demuestra que hay una distribución normal, además que en la parte derecha del gráfico (residuos estándar) se observa que no se forma una línea o triángulo, lo que indica que no existe autocorrelación, demostrando que las muestras son independientes.

Tabla N°9: Prueba de Post Hot de Piedra Pómez

(I) peso Piedra pómez	(J) peso Piedra pómez	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
250	500	42,44	38,021	,517	-54,59	139,48
	750	-81,56	38,021	,109	-178,59	15,48
500	250	-42,44	38,021	,517	-139,48	54,59
	750	-124,00*	38,021	,011	-221,04	-26,96
750	250	81,56	38,021	,109	-15,48	178,59
	500	124,00*	38,021	,011	26,96	221,04

Fuente: SPSS v. 20

Luego de comprobar que existe diferencia significativa, se procedió a comprobar cuál de los pesos es el más adecuado para el tratamiento, donde el peso de 750g de piedra pómez es la mejor, como se puede observar en la tabla N°10 donde se trabajó con DHS Tukey.