

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“PRUEBAS PILOTO MEDIANTE UN BIOFILTRO DE  
COCO NUCIFERA PARA TRATAR LAS AGUAS  
RESIDUALES DEL CAMAL DE CUYES DEL PUEBLO  
DE CHASQUITAMBO, ANCASH, AÑO 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Ambiental**

**Autores:**

Bianka Stefany Balcazar Burgos

Yojaira Isabel Reyes Jimenez

**Asesor:**

Mg. Margeo Javier Chuman Lopez

<https://orcid.org/0000-0002-4038-7591>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1	<b>Napoleón Jáuregui Nongrados</b>	<b>32853299</b>
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Elifio Gustavo Castillo Gomero</b>	<b>07594283</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Haniel Josue Torres Joaquín</b>	<b>45772010</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a nuestros padres que desde el primer día que emprendimos este reto nos han apoyado en todas nuestras decisiones.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos primeramente a Dios por guiarnos en cada paso que doy, seguidamente a nuestros padres que nos acompañan todos los días en esta lucha constante por salir adelante y a la empresa que nos brindó la confianza y facilidades para realizar este proyecto.

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>JURADO EVALUADOR</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1.    Realidad problemática	9
1.2.    Formulación del problema	10
1.3.    Objetivos	11
1.4.    Hipótesis	12
1.5.    Marco Teórico	12
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>29</b>
2.1.    Tipo de Investigación	29
2.2.    Diseño de Investigación	29
2.3.    Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	29
2.4.    Materiales, instrumentos y métodos	29
2.5.    Procedimiento	32
2.6.    Tratamiento de datos	43
2.7.    Aspectos Éticos	43
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>44</b>
3.1.    Parámetros Físicoquímicos de la cáscara de coco y Biocarbón	44
3.2.    Parámetros Físicoquímicos de Biocarbón	45
3.3.    Tiempo de retención hidráulica y caudal del proceso	47
3.4.    Parámetros físicoquímicos, biológicos y microbiológicos del agua residual del camal de cuyes de Chasquitambo.	48
3.5.    Análisis Estadístico	52
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>54</b>
4.1.    Discusión	54
4.2.    Conclusiones	57
<b>REFERENCIAS</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Propiedades Mecánicas de la Cáscara de Coco vs. a otros materiales.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 2. Propiedades físicas de la cáscara de coco .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 3. Propiedades químicas de la cáscara de coco .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 4. Coordenadas del camal de cuyes .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 5. Etapas generadoras de agua residual en el camal de cuyes de Chasquitambo .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 6. Volumen de muestra por etapa.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 7. Muestras del agua residual de cuyes del T0 al T8 .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 8 Rendimiento del coco nucifera.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 9 Tamizado del biocrabón de coco nucifera(metodo: Norma ASTM D 422)45</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 10 Prueba de adsorción de biocrabón con azul de metileno .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 11 Parámetros físicos del biocarbón de coco .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 12 Caudal del proceso de tratamiento.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 13 Tiempo de retencion hidráulica del proceso de tratamiento .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 14 Parámetros físicos del agua residual de camal de cuyes pre y pos tratamiento .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 15 Porcentaje de eficiencia del DBO, DQO y Coliformes totales .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 16 Prueba de Normalidad de Parámetros fisicoquímicos del tratamiento en sus 8 tiempos.....</b>	<b>523</b>
<b>Tabla 17 Prueba de Normalidad de Parámetros gravimétricos, biológicos, y microbiológicos del tratamiento en sus 8 tiempos.....</b>	<b>534</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Periodos planteados para el desarrollo de la investigación .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 2. Ubicación del camal de cuyes de Chasqitambo .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 3. Recolección de muestra de agua residual en el camal de cuyes de Chasqitambo-Ancash .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 4. Diseño del tratamiento de agua residual en el camal de cuyes de Chasqitambo .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 5. Curva térmica del rendimiento de la conversión de cáscara de coco a biochar .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 6 Reducción de parámetros gravimétricos del agua residual .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 7 Comportamiento del oxígeno disuelto en el agua residual .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 8 Reducción de parámetros biológicos del agua residual .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 9 Reducción de coliformes totales del agua residual.....</b>	<b>51</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación da a conocer la problemática del camal de cuyes en Chasquitambo - Ancash donde las aguas generadas por dicha actividad son vertidas al alcantarillado sin tratamiento previo, lo que causa problemas de eutrofización en los cuerpos receptores por la alta carga de contaminantes. Por ello, se elaboró un biofiltro con carbón activado a partir de la cáscara de *Coco Nucifera* con la finalidad de reducir los niveles de concentración de la materia orgánica presente en las aguas residuales del camal de cuyes. Se utilizaron 2 tanques de almacenamiento de muestra inicial y final, 1 tanque de aireación y 2 biofiltros de dos niveles de un 1 metro de altura, cada uno contenía 3 kg de biochar de cáscara de coco. Una vez desarrollado el tratamiento por 4 horas se logró disminuir la materia orgánica total (DQO) en un 44.54%, materia orgánica biodegradable (DBO) 40.15% y coliformes totales en 87.53%. Se concluye que se logró disminuir los niveles de contaminación de las aguas residuales del camal de cuyes de Chasquitambo; sin embargo, no se alcanzó cumplir con los VMA descritos en el Anexo 1 del D.S. 010-2019-VIVIENDA para descargar adecuadamente en la red de alcantarillado.

**PALABRAS CLAVES:** materia orgánica, cáscara de coco, biofiltro, eficiencia, agua residual

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El crecimiento de la población a nivel mundial ha incrementado la contaminación del agua dulce debido a la disposición final de sus aguas residuales; lo que disminuye el volumen de este recurso destinado para el uso de sus diferentes actividades diarias. Es por ello, que el tratamiento de este tipo de aguas se ha convertido en un tema importante tanto para las instituciones que lo generan como para la sociedad en general. Por esta razón, se ha tomado como punto importante el reciclaje, reúso o descarga correcta de estas aguas residuales; de esta manera se presta especial atención en la ubicación de fuentes generadoras de estos efluentes, los recursos económicos que poseen, la normativa de cada país y sobre todo las características propias de las aguas (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2015).

En los años 2030 a 2050 el mundo sentirá la necesidad del agua; el incremento poblacional y la poca gestión para su manejo serán factores que predominarán en esta falta del agua, en este tiempo presente se observa claramente la escasez del agua, se conoce que unos 500 millones de seres humanos están en zonas donde se supera el consumo hídrico, en los países desarrollados se tratan un 70% de las aguas residuales, mientras que en los países en desarrollo se encuentra en un 38%, y en países intermedios bajos en un 28%, y países donde predomina la extrema pobreza llegan a un 8% que reciben algún tipo de tratamiento (UNESCO, 2017)

En los mataderos de animales, las aguas residuales es uno de los principales problemas por la alta carga de contaminantes y la merma sólida con la que se descargan llegando a cuerpos receptores. Ante los problemas que genera la ineficiente o poca gestión de este recurso en los mataderos, se tiene necesidad de tratar estas aguas con diferentes técnicas o tratamientos de acuerdo al uso que se realizará (Ruiz Martín, 2019).

El nivel de contaminación de las aguas residuales de los camales varía de acuerdo al animal con el que trabajen, el proceso que lleven y disposición de residuos. Entre varios factores, la sangre provoca que haya un aumento del DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, aceites y grasas; excediendo los límites permisibles por la norma establecida (Medina-Valderrama et al., 2020).

Es así, que se buscan distintos métodos para la remoción de estos parámetros; uno de ellos son los filtros biológicos, que utilizan procesos naturales para la depuración de las aguas residuales; la implementación de esta tecnología es adecuada para países en desarrollo donde la tecnología y los recursos no son lo suficientemente elevados para aplicar tratamientos de alto costo, buscando ideas innovadoras para resolver los problemas de saneamiento. Es por ello que la biofiltración es una técnica empleada desde la antigüedad, que en los últimos años se ha vuelto a realizar con la preparación de biocarbón de materias primas naturales que reemplazan a los usados industrialmente, siendo competencia con otras técnicas de tratamiento (Cedeño-Loor & Ayón-Hidalgo, 2020).

En Latinoamérica como en el Perú, la gestión del manejo de las aguas que se generan en camales o mataderos carecen de condiciones sanitarias, que hace que este tipo de industria genere una alta contaminación, cuando son matados su sangre, sus pelos, estiércol en el agua no se tratan y son descargados a las alcantarillas con alta carga de demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos en suspensión y aceites (Escobar Rodríguez, 2014), degradando los ecosistemas cuando llegan a cuerpos de agua.

La problemática en Ancash está en el camal de Chasquitambo donde se encuentra un matadero de cuyes, y esta agua no son tratadas para su vertimiento al alcantarillado, lo que causa problemas de eutrofización, obteniéndose un alto contenido de demanda química de oxígeno, presencia de sólidos totales, pelos, orina, sangre; por tal razón, la investigación elabora un biofiltro con carbón activado a partir del *Coco Nucifera* que es viable para absorber los contaminantes que están presente en el agua del camal de cuyes, lo que va a mejorar la calidad del agua del camal, con la finalidad de realizar una descarga adecuada al alcantarillado sin perjudicar los sistemas de drenaje y acuáticos existentes, y así tener un sistema sostenible que proporciona una buena calidad de vida, cuidando la salud pública.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Formulación del Problema General**

**PG.** ¿Cómo será la depuración de materia orgánica del agua residual del camal de cuyes utilizando filtro de biochar con *Coco Nucifera*, Chasquitambo – Ancash?

### **1.2.2. Formulación de los Problemas Específicos**

**P.E.1.** ¿Cómo se realizará la obtención del biocarbón de cáscara de *Coco Nucifera*, para realizar la depuración del agua residual del camal de cuyes?

**P.E.2.** ¿Cuáles serán los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos que se analizarán antes en el agua residual del camal de cuyes?

**P.E.3.** ¿Cuáles serán los tiempos del tratamiento para evaluar la reducción de materia Orgánica, y de coliformes totales del agua residual del camal de cuyes?

**P.E.4.** ¿Cuáles serán los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos que se analizarán después en el agua residual del camal de cuyes?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

**O.G.** Depurar la materia orgánica del agua residual del camal de cuyes utilizando filtro de biochar de Coco Nucifera en la ciudad de Chasquitambo, Ancash.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

**O.E.1.** Obtener un biofiltro a base de biocarbón de cáscara de *Coco Nucifera* y caracterizarlo para realizar la depuración del agua residual del camal de cuyes del CC.PP. de Chasquitambo, Ancash.

**O.E.2.** Caracterizar los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos del agua residual proveniente del camal de cuyes del CC.PP. de Chasquitambo, Ancash.

**O.E.3.** Establecer los tiempos del tratamiento para la reducción de materia orgánica y de coliformes totales del agua residual del camal de cuyes del CC.PP. de Chasquitambo, Ancash.

**O.E.4.** Determinar los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos que se analizarán después en el agua residual del camal de cuyes del CC.PP. de Chasquitambo, Ancash.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

**H.G.** El filtro de biocarbón de cáscara de *Coco Nucífera* influirá en la depuración de la materia orgánica del agua residual del camal de cuyes, Chasquitambo – Ancash.

### **1.4.2. Hipótesis Específicos**

**H.E.1.** La obtención del biocarbón de cáscara de *Coco Nucífera* influirá en el tratamiento del agua residual del camal de cuyes, Chasquitambo – Ancash.

**H.E.2.** Los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos antes del tratamiento excederán en los valores máximos admisibles del agua residual del camal de cuyes, Chasquitambo – Ancash.

**H.E.3.** Los tiempos establecidos en el tratamiento del agua residual del camal de cuyes influirán para la reducción óptima de los contaminantes del agua residual del camal de cuyes, Chasquitambo – Ancash.

**H.E.4.** Los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos del agua residual del camal de cuyes, Chasquitambo – Ancash después del tratamiento cumplirán con los valores máximos admisibles.

## **1.5. Marco Teórico**

### **1.5.1. Antecedentes**

Palma Sánchez & Chele Sancán (2021), en su tesis titulada, “*Remoción de la DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan)*”. El trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar el nivel de remoción de parámetros orgánicos (DBO y DQO), así como de parámetros metálicos (plomo, hierro y manganeso), mediante la implementación de mantos filtrantes elaborados a partir de carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del iii cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan). La investigación es de tipo experimental, porque se diseñaron dos prototipos con áreas transversales y velocidades de

filtración diferentes, los ensayos fueron realizados mediante la aplicación por separado de los mantos filtrantes y de la combinación de estos, así como de la comparación del filtrado propio de la planta potabilizadora en Jujan, para luego ser analizados en el laboratorio para determinar cuantitativamente el nivel de remoción. Los resultados obtenidos de la remoción de parámetros metálicos (Plomo, hierro y manganeso) se tienen valores de: 62,94%, 88,90% y 91,71% respectivamente.

Cedeño-Loor & Ayón-Hidalgo (2020), en su artículo de investigación titulado “*Reducción de color y turbidez en aguas residuales del camal municipal de manta, mediante biofiltración con cáscara de coco (Cocos nucifera) y cascarilla de arroz (Oryza sativa)*” Su objetivo fue evaluar la eficiencia de los residuos de cáscara de coco y cascarilla de arroz con carbón activado comercial como filtros, en la remoción de características físicas de agua residual de camal. La investigación es de tipo experimental ya que se efectuaron análisis de turbidez; y color, por absorbancia a través de espectrofotometría, siendo estas las variables a evaluar en la investigación. Los autores tuvieron como resultados que la eficiencia obtenida en los parámetros físicos evaluados del agua residual de camal fue baja; teniendo porcentajes entre 2,19 a 23,04% en turbidez y de 0,5% a 20,3% en color. La utilización de residuos orgánicos agrícolas e industriales para la adsorción de partículas contaminantes como tratamiento puede ser una alternativa beneficiosa para empresas y comunidades que generen cargas de aguas contaminadas.

Cabrera Blanco et al. (2020), en su artículo de investigación titulado “*Obtención de carbón activado a partir de la cáscara del coco (Cocos nucifera L) y su evaluación en la remoción de residuos líquidos coloreados*” su propósito fue obtener carbón activado, a escala laboratorio, utilizando la cáscara del coco. La presente investigación es de tipo experimental, porque se analizó la densidad aparente y se comparó con un carbón activado comercial en cuanto a la adsorción de impurezas coloreadas, pH y turbidez presentes en residuos de los análisis físicos químicos del laboratorio de la Planta Potabilizadora de Agua de Esmeraldas. El resultado que se obtuvo fue un carbón activado por un método químico, con ácido fosfórico al 40%, a partir de la cáscara del coco y que este mostró parámetros de calidad similares a un carbón activado comercial, en cuanto a la eficiencia en la adsorción

de impurezas coloreadas, eliminación de turbidez y disminución de pH en disoluciones de residuos de laboratorios.

Marín Velásquez & Arriojas Tocuyo (2021), en su artículo de investigación titulado *“Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (Cocos nucífera) a nivel de laboratorio”*. La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de un medio filtrante con base en la cáscara o endocarpio de coco, como reductor de la turbidez de agua turbia sintética, formulada con arcilla caolín. La investigación es de tipo experimental porque, se preparó una solución con 5000 mg/L de caolín en agua y luego se diluyó hasta una turbidez de 100 NTU, la cual se pasó a través de un filtro empacado con la cáscara de coco granulada y se le midieron la turbidez, los sólidos suspendidos totales y el pH. Se obtuvo como resultado que la cáscara de coco logró remover hasta el 76,4% de la turbidez y 94,8% de los SST. Se concluyó que el endocarpio o cáscara de C. nucífera demostró buenas propiedades para la remoción de turbidez en la muestra de ATS utilizada en la investigación como medio filtrante granular, ya que alcanzó una eficiencia máxima de 76,4% para una masa del medio filtrante de 225 g y una alta eficiencia de remoción de SST de 94,8%.

Maldonado Mite (2020), en su tesis titulada *“Diseño de un filtro de carbón activado a base de estopa de coco (cocos nucífera) para la eliminación de aceites y grasas en aguas residuales avícolas”*. El cual tuvo como objetivo Diseñar un filtro de carbón activado a base de estopa de coco para la eliminación de aceites y grasas en aguas residuales avícolas, demostrando su eficacia con análisis de aguas y diferentes tratamientos. La investigación es de tipo investigación es experimental debido a que se probó el desarrollo, funcionalidad, eficacia de un lecho filtrante a base de carbón activado de estopa de coco, implementados en las aguas residuales que son vertidas en sistema de alcantarillado público en la zona sur de la ciudad de Guayaquil. Se obtuvo como resultado que el carbón activado mediante la correcta metodología y el uso de este mismo en un biofiltro con control de porcentaje en sus componentes determinan que de manera exitosa se limpia y se disminuye la contaminación presente en el agua residual avícola proceso el cual comprendió en el desarrollo del carbón activado y el ensamblaje de un biofiltro. Se concluye que la

caracterización del agua residual de uso avícola es importante, debido a que sin los datos primarios no podríamos realizar una comparación exitosa del alcance del biofiltro.

Ruiz Valles & Orbegoso Alvarez (2019), en su tesis titulada *“Eficiencia del carbón activado obtenido a partir del endocarpo de “coco” (Cocos nucifera) y semilla de “aguaje” (Mauritia flexuosa), en la remoción de la DBO5 de las aguas residuales domésticas en el distrito de Habana – Moyobamba, 2018”*. Tuvo como objetivo determinar la eficiencia de los carbones activos elaborados a partir de (endocarpo de “coco” y semilla de “aguaje”) en la remoción de la DBO5 de las aguas residuales domésticas. La investigación es de tipo aplicada y se elaboró carbones activados a diferentes temperaturas de carbonización (500°C 600°C 700°C) para cada materia prima utilizada, como agente activante se utilizó (H3PO4) ácido fosfórico a un 85% de concentración y el tiempo de carbonización de 30 minutos. Los autores obtuvieron como resultado que las eficiencias de remoción para cada temperatura y con endocarpo de “coco” son 97,69% 100,00% y 97,69% respectivamente y las eficiencias de remoción con “semilla” de aguaje fue 100,00% 90,77% y 95,38% respectivamente a las temperaturas indicadas, lográndose la mayor eficiencia con una temperatura de carbonización de 600°C para un carbón activado a partir de endocarpo de “coco”, del mismo modo con una temperatura de carbonización de 500°C para un carbón activado a partir de semilla de “aguaje”. Se concluyó que el agua residual doméstica del distrito de Habana, de acuerdo a los parámetros medidos (temperatura, pH, sólidos totales en suspensión) se encontraron dentro del límite máximo permisible a excepción de la DBO5 que supera en un 30%.

Balladares Gonzales (2019), en su tesis titulada *“Efecto del tamaño de grano del carozo de Cocos nucifera (COCO) y el tiempo de contacto en el poder adsorbente”*. El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto del tamaño de grano del carozo de coco (Cocos Nucifera) y el tiempo de contacto, en el poder adsorbente, que permitan reducir las concentraciones del colorante azul de metileno en soluciones acuosas, mediante el método de adsorción. La investigación es de tipo experimental, ya que la remoción del colorante se realizó sistemas experimentales tipo batch, que contenían 50 mL de solución de azul de metileno, con una concentración inicial de 500 mg.L-1, pH ajustado a 5 unidades, agitación continua de 125 rpm y a temperatura ambiente; se evaluó el tamaño

de grano entre 0,150 mm y 0,425 mm, así como el tiempo de contacto del carozo de coco con la solución de azul de metileno en los tiempos de 15 min, 30 min, 45 min y 60 min. Obtuvieron como resultados porcentajes de remoción superior a 90%. Se logró concluir que a un tamaño de grano de 0.150mm del carozo de coco se obtiene un porcentaje de adsorción máximo de 96.12%, con respecto a la concentración inicial (500mg/L).

de Oliveira Cruz et al. (2019), en su artículo de investigación nombrado *“Uso de cáscaras de coco en un sistema de tratamiento de aguas residuales descentralizado a gran escala: la influencia de un filtro anaeróbico en el mantenimiento y las condiciones operativas de un filtro de arena”*. El cual tuvo como objetivo, investigar un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas in situ a gran escala compuesto por un tanque séptico, un filtro anaeróbico lleno de cáscaras de coco verde (*Cocos nucifera*) y un filtro de arena intermitente. La investigación fue de tipo experimental, porque se construyó un tanque séptico, filtro anaeróbico lleno de cáscaras de coco verde y filtro de arena. Se obtuvo como resultado que a mayor valor de alcalinidad del efluente del filtro de arena contribuyó al mantenimiento del pH. Por lo tanto, aunque se produjo el proceso de nitrificación y se consumió la alcalinidad (que se discutirá más adelante), el tampón residual fue suficiente para mantener el pH neutro y no fue necesaria la adición de sustancias alcalinas, la remoción de la concentración global de SST fue del 88% ( $15 \pm 09 \text{ mg.L}^{-1}$  concentración media final. Se logró demostrar la viabilidad del uso de cáscaras de coco en filtros anaeróbicos para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas comunidades.

Gallardo Sinchiguano (2018), en su tesis titulada *“Análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento Latacunga”*. Tuvo como propósito analizar la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento Latacunga. La investigación es de tipo experimental ya que el material (fibra de coco) fue expuesto a un proceso de filtración de agua residual, donde se tomaron muestras y se analizaron para verificar que su funcionamiento sea favorable y ayude con la reducción de contaminantes antes de su descarga a un cuerpo dulce (rio). El autor obtuvo como resultados que el material filtrante reduce en un 35.09% la contaminación de sólidos totales de las aguas residuales, así como

también en un 94.30% el DBO5 y el DQO en un 87.76%, tomando como línea base los parámetros permitidos.

Bravo Moreira & Garzón Moreno (2017), en su trabajo de investigación titulada *“Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua”*. La presente tesis tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activado frente a los contaminantes agroindustriales. La investigación es de tipo experimental aplicado fue un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y tres repeticiones de 100, 50 y 25 gramos de carbón activado filtrando un litro de agua sintética compuesta con 1g de suelo limoso y 0,0025g de cloro, se elaboraron nueve filtros como unidades experimentales. Los resultados obtenidos mediante el programa software estadístico InfoStat versión 2016, para realizar el análisis de varianza y prueba de Tukey. Los parámetros de cloro libre residual y sólidos suspendidos presentaron diferencias significativas, contrario al pH; sin embargo, la turbidez y color presentan tanto diferencias como similitudes significativas entre los tratamientos, proyectando al tratamiento 3 de 100g de carbón activado como el más eficiente (75,68%) en la remoción de contaminantes del agua.

Curipallo Quispe & Guevara Robalino (2017), en su tesis titulada *“Análisis del bagazo de caña como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del camal municipal de la ciudad del Puyo, provincia de Pastaza”*. Tuvo como objetivo, verificar la eficiencia del bagazo de caña en el tratamiento de aguas residuales. La investigación es de diseño experimental porque, se realizó una estructura de madera de 2m de altura, que servía como soporte para un tanque de 208.20 lt en donde se colocaba el efluente recolectado, el cual a través de una tubería de 1 m llegaba al filtro, cuyo material filtrante era bagazo de caña previamente lavado y secado al sol. Para garantizar el funcionamiento constante del filtro el caudal usado era de 0.105 lt/min. Se obtuvo la disminución de SST por debajo del límite de 130 mg/lt que especifica la norma (Ecuatoriana), mientras que los parámetros de DBO5 y DQO a pesar de no obtener concentraciones inferiores a las especificadas, 100 mg/lt Y y 200 mg/lt respectivamente. En conclusión, el filtro registró una eficiencia mayor al 95% para DBO5 y DQO, y mayor al 65% para SST. Permitiendo así verificar la

efectividad del material para disminuir los niveles de contaminación presentes en el agua residual proveniente de un camal.

Fabara Meléndez & Núñez Aldás (2017) en su tesis titulada “*Análisis de la cáscara de naranja como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero de aves ubicado en el Cantón Cevallos, provincia de Tungurahua*”. La finalidad de la investigación fue proveer información acerca del uso de la cáscara de naranja como un material filtrante no convencional, que ha demostrado que puede ayudar a la reducción de los valores de contaminación de un efluente. La investigación es de tipo experimental se analizó el filtro biológico a base de cáscara de naranja con análisis físico-químicos tales como: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), el potencial de hidrógeno (pH), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Totales (ST), Aceites y Grasas además se realizó un análisis microbiológico de coliformes totales y fecales. Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos, se establece que ciertos parámetros cumplen con la normativa actual del texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA- ECUADOR), y se pudo observar que la eficiencia del filtro mejora hacia la segunda semana de análisis y a partir de ahí el proceso de pudrición de la cáscara va en aumento y los valores de contaminación empiezan a subir hasta valores cercanos al del agua cruda. Se concluye, que la cáscara de naranja puede ser usada como elemento filtrante para un efluente de un matadero de aves, pero su eficiencia dependerá de un constante mantenimiento, se deberá cambiar la cáscara de naranja cada quince días, también se debe realizar un lavado y secado adecuado.

Fernández Brenis & Sánchez Zapata (2016), en su tesis titulada: “*Evaluación de un lecho filtrante, utilizando mesocarpo de coco (cocos nucifera), para el tratamiento de aguas residuales de la empacadora de banano Algarrobo 1, Sullana 2015*”, tuvo como objetivo evaluar la reducción de DBO, SST, Coliformes Totales y Termotolerantes, E. Coli y variación del PH en el agua filtrada, empleando lechos filtrantes con mesocarpo de coco (cocos nucifera). La investigación es de tipo descriptivo de un diseño experimental y construyeron dos modelos de filtros percoladores, uno de ellos con mayor cantidad de mesocarpo de coco para poder determinar la reducción y variación de los parámetros en la entrada y salida de los dos filtros y comparar los resultados con los valores establecidos en

los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua en la categoría III: Riego de vegetales y bebidas de animales. Los resultados del autor mencionan que el lecho filtrante utilizando mesocarpo de coco, reduce la contaminación de aguas residuales.

Reyes (2016), en su artículo de investigación titulado *“Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales”*. El cual tuvo como objetivo proponer una alternativa ecológica de tratamiento de aguas residuales domésticas llamada Biofiltro, que se construye de material vivo (lombrices) e inerte (viruta y grava). El proyecto es de tipo experimental porque, se realizaron dos Biofiltros pilotos, uno con empaque de aserrín y otro con empaque de fibra de coco en los cuales se hizo el tratamiento de agua residual doméstica, se tomaron muestras del efluente tratado en cada reactor y fueron sometidas a pruebas de laboratorio. Los resultados logrados arrojaron que la eficiencia en la remoción de contaminantes del Biofiltro con aserrín es del 53.53 % y está fuera de la norma, y del Biofiltro con fibra de coco es del 82.37 % y está dentro de la norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

### **1.5.2. Bases Teóricas**

#### **a) Agua Residual:**

Estas aguas son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. En el Perú se clasifican en aguas residuales industriales, aguas residuales domésticas y aguas residuales municipales. (Equipo de la Subdirección de Supervisión a Entidades de la Dirección de Supervisión & Equipo de la Oficina de Comunicaciones y Atención al Ciudadano, 2014). En síntesis, las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos (ESPIGARES GARCÍA & PÉREZ LÓPEZ, 2003).

**Agua Potable:**

El desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que, debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso que dicha agua requerirá de una serie de correcciones y tratamiento. Se define como agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción. Asimismo, el término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales (Cordero Ordóñez & Ullauri Hernández, 2018).

Por ello, es importante que el agua potable se mantenga limpia y libre de microorganismos patógenos que al ser consumida por la población humana o animal no produzca daños ni efectos nocivos para la salud (SENASA, 2012).

**Alcantarillado:**

Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias (SIAPA, 2014).

**Cuerpo de Agua:**

Se denomina cuerpo de agua a toda extensión que se encuentran en la superficie terrestre sean lagos, ríos o en el subsuelo (acuíferos, ríos subterráneos); tanto en estado líquido, como sólido (glaciares, casquetes polares); naturales como artificiales (embalses) y pueden ser de agua salada o dulce. En resumen, un cuerpo de agua es toda extensión que se encuentra conformada por un ciclo hidrológico (AGUA ORG., 2017).

## b) Parámetros de Evaluación pre y post tratamiento

- **Temperatura:**

Es importante conocer la temperatura del agua porque puede ayudar a predecir y confirmar otras condiciones del agua. La temperatura tiene influencia directa en otros factores de la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto (OD), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la supervivencia de algunas especies biológicas. Porque, el agua a menor temperatura transporta mayor oxígeno mientras que a mayor temperatura afecta la cantidad de oxígeno en el cuerpo de agua (UNIVERSIDAD COMPUTLENSE MADRID, 2015).

Asimismo, la temperatura es una de las variables más significativas en los cuerpos de agua, sirviendo de indicativo de la estabilidad ecológica del sistema. Además, las variaciones de este parámetro generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y flora presentes en los cuerpos de agua; elevando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua (Durán, 2016).

- **Potencial de Hidrógeno:**

La medición del Potencial de Hidrógeno (pH) se emplea para expresar la intensidad de la acidez, la basicidad o la alcalinidad. El pH no indica la cantidad de compuestos ácidos o alcalinos en el agua, sino la fuerza que éstos tienen.

-Con pH 0-7 el agua es ácida, y lleva ácidos libres o sales ácidas.

-Con pH = 7 el agua es neutra, no tiene ni sales ácidas ni sales básicas; sólo contiene sales neutras.

-Con pH 7-14 el agua es básica o alcalina y lleva sales básicas.

Cada cambio de una unidad de pH multiplica por 10 la fuerza de acidez o alcalinidad de dicha agua: así, un agua con pH 6 es 10 veces más ácida que un agua con pH 7 (Rodríguez, 2013).

- **Conductividad eléctrica:**

La conductividad eléctrica muestra la cantidad de cloruro, carbonatos, iones de sodio, entre otros; también a este indicador lo podemos relacionar con los sólidos disueltos que existen en el agua de estudio (Durán, 2016).

- **Potencial Redox:**

El potencial redox es una medida de la energía química de oxidación-reducción, la cual se utiliza para conocer el saneamiento del agua se expresa en mili voltios y nos permite saber sobre el potencial de oxidación o reducción. De igual manera, se puede deducir que es una medida de la actividad del electrón comparada con la actividad del electrodo de referencia, que mantiene siempre el potencial constante (Cabrera, 2019).

- **Sólidos Totales:**

Para poder realizar un diagnóstico sobre la calidad del agua es necesario determinar la cantidad de material sólido que contiene la muestra. Los sólidos totales son los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecuente secado en estufa a temperatura definida (Toasa Llumigusín, 2012).

Asimismo, los sólidos totales pueden afectar negativamente a la calidad del agua o al suministro de varias maneras. Por ello, los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamientos biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento (CARPIO GALVAN, 2007).

- **Sólidos Disueltos:**

Los sólidos disueltos demuestran si en el agua residual hay presencia de sales disueltas, partículas suspendidas orgánicas e inorgánicas; con este parámetro se logra determinar relaciones con la materia orgánica total y biodegradable (Durán, 2016).

- **Sólidos Suspendidos Totales:**

El promedio del Total de Sólidos en suspensión (SST) en el recurso hídrico corresponde a la suma de los valores del Total de Sólidos en Suspensión (SST) por punto de muestreo dividido por el número de puntos de muestreo (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2010).

- **Turbidez:**

Se define por el grado de opacidad en el agua debido a la presencia de material particulado en suspensión. La concentración de sustancias determina la transparencia del agua debido a que limita el paso de luz. Algunas actividades como: construcciones de carreteras, canteras, minería; dejan el suelo expuesto a la erosión, permitiendo que por escorrentía se altere este parámetro en ríos (Durán, 2016).

- **Oxígeno Disuelto:**

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno disuelto disponible en los cuerpos de agua. asimismo, es un indicativo de la contaminación del agua y del soporte que está puede dar para el crecimiento y reproducción animal y vegetal. Generalmente, altos niveles de agua indican una alta tasa fotosintética, principalmente de las plantas acuáticas. Factores como: alta intensidad lumínica, así como mayor turbulencia del cuerpo de agua pueden aumentar los niveles de oxígeno disuelto (Durán, 2016).

- **Materia Orgánica:**

La materia orgánica disuelta (MOD) es una compleja mezcla heterogénea de macro-moléculas, cuyos principales componentes en las aguas dulces son sustancias húmicas, carbohidratos y aminoácidos. La MOD en las aguas naturales puede ser originada por la descomposición del material biológico procedente de animales, plantas y microorganismos (Rivas et al., 2015).

- **Demanda Química del Oxígeno del agua:**

Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica presente en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de un agente oxidante, temperatura y tiempo (Durán, 2016).

- **Demanda Bioquímica del Agua:**

Es un indicativo de la carga polucional que pueden generar los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargado en corrientes de agua en las que existen condiciones aeróbicas. Generalmente, se 17 determina la demanda a los cinco (5) días y mediante ecuaciones de cinética bacteriana se extrapolan los resultados a los 20 días, para obtenerlos más rápidamente (Durán, 2016).

- **Eutrofización:**

La eutrofización se define como un proceso de deterioro de la calidad del recurso agua, se origina por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, condicionando la utilización de estos y ejerciendo grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional (García Miranda & Miranda Rosales, 2018).

### c) **Afecciones a la Salud pública.**

- **Microbiología:**

Los microorganismos en todo momento se encuentran en el agua, ya que es fundamental para su desarrollo genético. Cuando se realiza la desinfección del agua estos seres mueren o se inactivan temporalmente, desarrollando condiciones para que puedan sobrevivir al nuevo medio; pero algunos de estos microorganismos son patógenos a la salud humana causando enfermedades, aunque la mayoría de estos conviven con nosotros y son benéficos para los diferentes procesos naturales (Rocha, 2008).

- **Coliformes Totales:**

Los coliformes totales se utilizan para identificar los cambios microbiológicos en el agua, indicando que hay presencia de materia orgánica producto de las heces animal como humana, generando cambios negativos en el agua y consecuencias en el cuerpo receptor (Durán, 2016).

#### **d) Tratamiento del agua residual del camal de cuyes**

- **Cuyes:**

El cuy (*Cavia porcellus*) es un mamífero roedor oriundo de la zona andina del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia. Es un producto alimenticio nativo, de alto valor nutritivo y bajo costo de producción, que aporta a la seguridad alimentaria de la población rural de escasos recursos. En los países andinos la población de cuyes se estima en 36 millones de animales. En el Perú se encuentra la mayor población de cuyes, porque el consumo anual es de 116 500 toneladas de carne, proveniente del beneficio de más de 65 millones de cuyes producidos por una población más o menos estable de 22 millones (L. Chauca de Zaldívar, 2007).

- **Tratamiento del agua:**

Consisten en el conjunto combinado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos que se emplean con el objetivo de disminuir los contaminantes que existen en las aguas residuales para cumplir con la normativa y dar una adecuada disposición final o reuso de estas aguas (SINIA, 2009).

- **Características de la cáscara de coco:**

El grosor de la cáscara de coco o mesocarpio es de 3 a 5 cm, el cual representa el 35% de la fruta y de este porcentaje de la cáscara el 90% está formado por lignina y celulosa; estas fibras miden entre 15 y 30 cm. En la actualidad estas fibras están siendo empleada para fabricar artículos para el hogar (Burgos Chichanda & Destin, 2021).

**Tabla 1.**  
*Propiedades Mecánicas de la Cáscara de Coco vs. a otros materiales*

Fibras	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Resistencia a tracción g/cm <sup>3</sup>	Módulo a la elasticidad Gpa	Absorción a la humedad
Carbón	1.4	4000	230-240	-
Lino	1.5	345-1035	27.6	7
Algodón	1.2	393-773	26.5	8-25
Coco	1.2	175-220	4-6	10

*Nota.* esta información se obtuvo de Burgos Chichanda & Destin, 2021

En las Tablas 2 y 3 se muestran sus propiedades físicas y químicas de la cáscara de *Coco Nucífera*.

**Tabla 2.**  
*Propiedades Físicas de la Cáscara de Coco*

Parámetro	Unidad	Valor
Capacidad de intercambio catiónico	CIC, C/C, g/L	92, 132, 70
Porosidad total	%	95.6
Retención de agua	ml/L	538
Capacidad de aireación	%	45.5
Lignina	%	42.5
Celulosa	%	32.3
Cenizas	%	3.5
Conductividad térmica	W/m K	0.043 a 0.045
Temperatura de Degradación	°C	240

*Nota.* esta información se obtuvo de Burgos Chichanda & Destin, 2021

**Tabla 3.**  
*Propiedades Químicas de la Cáscara de Coco*

Parámetro	Unidad	Valor
Potencial de Hidrógeno	pH	5 – 6.8
Conductividad Eléctrica	mS/cm	2.15
Nitrógeno Total	%	0.510
Fósforo Total	%	0.200
Calcio Total	%	1.4
Magnesio Total	%	0.200
Sodio Total	%	0.187
Hierro Total	%	0.206

*Nota.* esta información se obtuvo de Burgos Chichanda & Destin, 2021

- **Biocarbón:**

El carbón vegetal deriva de del proceso de pirólisis que provenga de algún residuo que tenga características carbonosas. Para lograr este producto se

realizar varias etapas donde se hace la eliminación del agua y humedad tanto de la fruta como de la cáscara luego que el residuo esté completamente seco se procede a volatilizarlo para obtener el carbón y al finalizar su ciclo de vida este carbón puede servir como fertilizante, dependiendo del tipo de fruta que se utilice (Munar Flores et al., 2022).

- **Granulometría**

Es la evaluación de los tamaños de las partículas, en este caso de los biocarbones árido. Para ello, se emplea tamices con diferentes tamaños de malla (García Andreu et al., 2009).

- **Tamices**

Los tamices son objetos que comprende un marco y malla metálica de distintos tamaños a lo que llamamos luz de malla que es la separación hueca que hay entre los alambres para que el biocarbón quede retenido (García Andreu et al., 2009).

#### e) **Instrumento de la adsorción**

- **Tipos de adsorción**

Hay dos tipos de procesos de adsorción: adsorción química y adsorción física como se explica a continuación.

**-Adsorción Física:** O fisisorción, se da si el adsorbato y la superficie del adsorbente trabajan sólo por medio de fuerzas de Van der Waals. Las moléculas adsorbidas se encuentran débilmente a la superficie y la temperatura de adsorción es baja (kJ), a diferencia de la temperatura de vaporización del adsorbato (Verdugo Vergara, 2017).

**-Adsorción Química:** también llamada quimisorción, en este proceso las moléculas adsorbidas forman y se rompen enlaces con la superficie (monocapa). En este caso, hay una unión fuerte entre el adsorbato y adsorbente, requiriendo mayor energía para el proceso y es más complejo de poder revertir (Verdugo Vergara, 2017).

- **Bioadsorción**

Es una de las tecnologías que se está empleando actualmente por el bajo costo y porque es un proceso que permite tratar volúmenes grandes de agua que tengan presencia de contaminantes. Además, el empleo de biomasa muerta o derivados de esta, supera problemas de generación de residuos y tienen mayor ciclo de vida útil (Apaza Charca & Huahuala Puma, 2019).

- **Eficiencia:**

La eficiencia es la capacidad para verificar el cumplimiento del tratamiento con la disminución de la concentración de cada parámetro evaluado; para ello se usan las concentraciones iniciales y después de haber aplicado el tratamiento, para obtener el porcentaje de remoción (Burgos Chichanda & Destin, 2021).

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo **aplicada** donde se realizará el tratamiento de agua residual del camal de cuyes de Chasquitambo utilizando el biocarbón de la cáscara de *Coco Nucífera*, obteniendo resultados cuantitativos que serán evaluados por estadística inferencial (Esteban Nieto, 2018).

### 2.2. Diseño de Investigación

La presente investigación tiene un diseño experimental donde existen dos variables: independiente (Tiempo de tratamiento de Biocarbón) que fue manipulada por el investigador para obtener los efectos que pueda ocasionar en la variable dependiente (Calidad de agua residual tratada del camal de cuyes de Chaquitambo), con enfoque cuantitativo, por tal razón es que la investigación tiene una relación causa-efecto y el tiempo que se utiliza es transversal.

Según Mousalli, 2015, menciona que para este tipo de trabajos se obtienen resultados que dan respuesta a las preguntas planteadas en la investigación, y dejando esclarecidos los supuestos que plantean las hipótesis de la investigación científica.

### 2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

#### 2.3.1. Población

La población en estudio está formada por toda el agua residual que genera el camal de cuyes de Chasquitambo – Ancash.

#### 2.3.2. Muestra

Se realizó un muestreo compuesto, en la cual se recolectó 80 litros de agua residual del camal de cuyes de Chasquitambo - Ancash, siendo una mezcla compuesta de las 04 etapas del proceso de producción y el agua generada en la limpieza del lugar.

### 2.4. Materiales, instrumentos y métodos

#### 2.4.1. Materiales y equipos

Los materiales utilizados son:

**a) Materiales utilizados en toma de muestra**

- 02 cooler de 50 L
- 06 envases esterilizados de 1 L
- 02 jarras de 2 L
- 04 galoneras de 20 L
- 04 frascos Winkler
- 02 frascos borosilicatado
- 01 colador
- 04 pares de guantes quirúrgicos
- 04 tocas descartables
- 04 mascarillas descartable

**b) Materiales que se utilizará en el tratamiento**

- 25 kg cáscara de coco
- 01 reactor de 80 cm de altura con tapa hermética
- 01 estufa de laboratorio
- 01 tamiz con malla de 10, 20 y 30 mm
- 01 tubo de PVC de 6 metros/4 pulgadas
- 05 grifos de paso de 6 media
- 01 pegamento de 250ml
- 01 manguera siliconada de 6 metros
- 01 balde de 60 L
- 02 balde de 20 L

**c) Equipos para mediciones**

- 01 GPS marca GARMIN modelo eTrex 10
- 01 termómetro SKU TA-288
- 01 multiparámetro EZODO PL-700-ALS

## **2.4.2. Métodos**

### **Método de muestreo de agua residual**

Debido a las características no domésticas del agua residual del camal de cuyes, para la recolección de muestras se aplicará como referencia la Norma Técnica Peruana NTP 214.060.2016 “AGUAS RESIDUALES. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado”. En la cual se ha identificado 5 etapas de generación de agua residual, tomando muestras de 20 litros por etapa para luego hacer una muestra compuesta.

### **Método de análisis**

#### **a) Biocarbón de cáscara de *Coco Nucífera***

- Granulometría del biocarbón: norma ASTM D422, donde se emplean mallas normalizadas.
- % Humedad: norma ASTM D-2216
- % Cenizas: norma ASTM D5142
- % Materia Volátil: norma ASTM D3172
- Capacidad de adsorción: espectrofotometría Visible.

#### **b) Agua residual de camal de cuyes**

- pH, conductividad eléctrica, potencial redox: método Potenciométrico
- Oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno: método winkler
- Demanda química de oxígeno: método por reflujo y volumetría con Dicromato de Potasio.
- Sólidos totales, sólidos disueltos: método gravimétrico.
- Coliformes Totales: método de tubos múltiples - siembra en placas Petri.

### **2.4.3. Instrumentos de recolección de datos.**

Para la recolección de datos se utilizó como instrumento cuatro fichas de registro de la observación, las cuales sirvieron para describir, identificar y comprender el proceso de la investigación experimental durante el desarrollo del análisis.

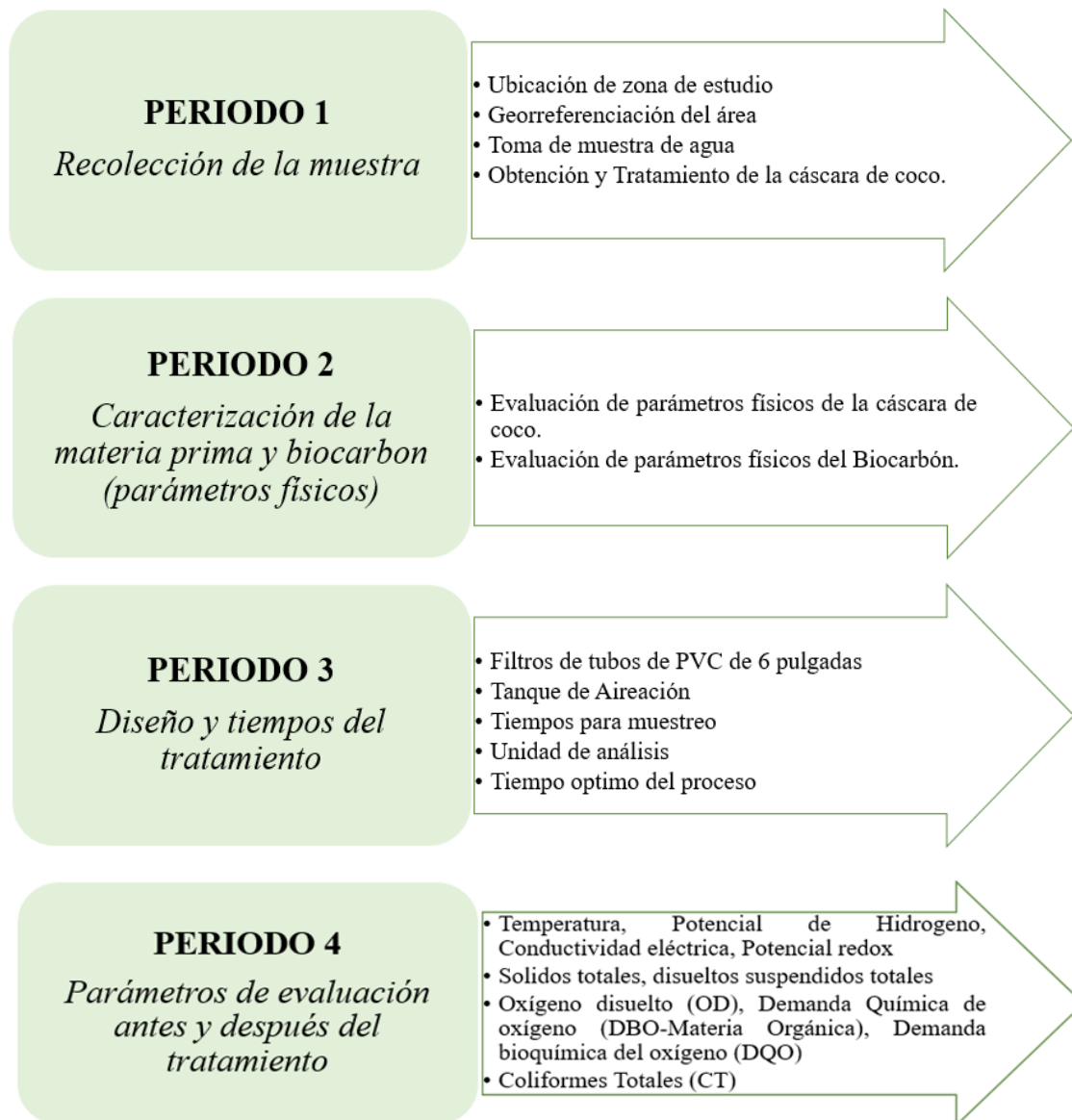
- Etiqueta para muestra de agua (Anexo 1)
- Registro de Parámetros In-Situ de Agua Residual (Anexo 2)
- Ficha de Recolección de Cáscara de Coco (Anexo 3)
- Ficha de establecimiento de tiempos de agua residual (Anexo 4)

## 2.5. Procedimiento

La presente investigación fue desarrollada en 04 períodos, los cuales se encuentran descritos en la Figura 1.

### Figura 1.

*Períodos planteados para el desarrollo de la investigación*



### 2.5.1. Período 1: Recolección de la muestra

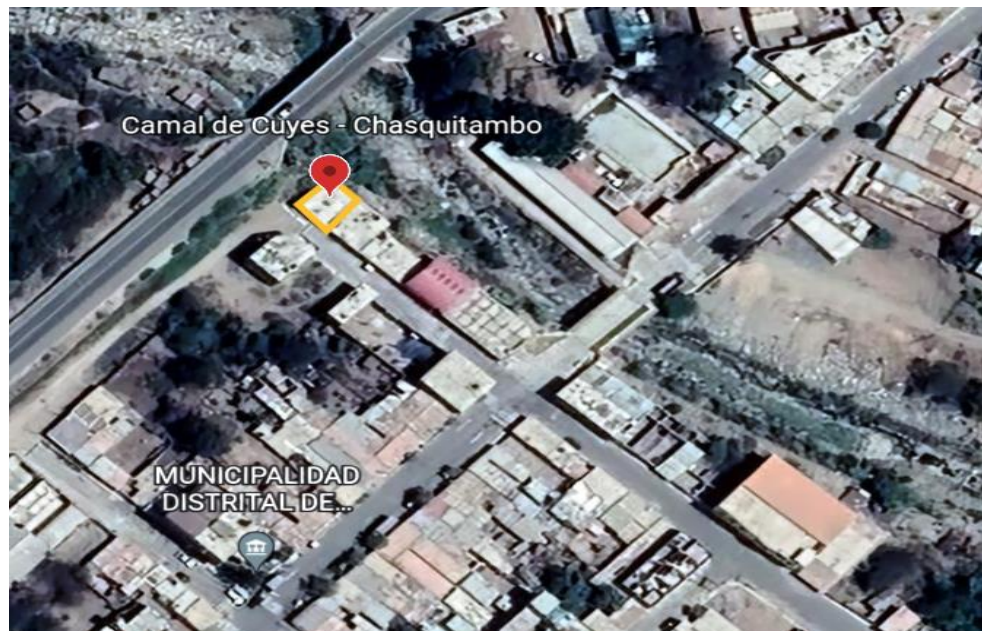
#### Ubicación y georreferenciación de la zona de estudio

El Camal de Cuyes se encuentra ubicado en el centro poblado de Chasquitambo, distrito de Colquioc, provincia de Bolognesi, región Ancash (tabla 4) (figura 2).

**Tabla 4.**  
*Coordenadas del camal de cuyes*

Coordenada X	Coordenada Y	Zona
213569	8858990	18 L

**Figura 2.**  
*Ubicación del camal de cuyes de Chasquitambo*



*Nota.* Esta imagen fue capturada de Google Earth

### **Toma de muestra de agua**




#### **Identificación de las fuentes generadoras de agua residual:**

En las instalaciones del Camal de Cuyes - Chasquitambo se realizaron 09 etapas para la obtención de la carne limpia del cuy, las cuales se cumplieron estrictamente para mantener una calidad satisfactoria del producto; identificándose que 5 de estas etapas generaron efluentes líquidos (Tabla 5) que fueron vertidos directamente a la red de alcantarillado; que en ciertas

ocasiones se combinan con la merma del cuy (grasas, pelo, sangre coagulada, entre otros) (**ANEXO 5**).

**Tabla 5.**

Etapas generadoras de agua residual en el camal de cuyes de Chasquitambo.

Etapa	Descripción	Imagen
<b>Zona de Escaldado</b>	Se descarga agua con temperatura de 70° mezclada con sangre producto de dos ollas de 60L, donde se sumergen los cuerpos de los cuyes con la finalidad de suavizar el pelaje del animal y son trasladados a la zona de pelado.	
<b>Zona de Pelado.</b>	En esta zona se realiza la extracción de los pelos del cuy, donde utilizan agua para enfriar el cuerpo del cuy y esta agua es descargada con mezcla de pelos y sangre hacia la rejilla que se encuentra debajo de la mesa de trabajo de esta zona	
<b>Zona de Eviscerado</b>	En la mesa de acero inoxidable se procede con la extracción de las vísceras del cuy y estas son colocadas en un balde para su posterior desecho. La mesa posee un recipiente con 40 litros de agua en donde son colocados los cuyes para un pre lavado. Esta agua mezclada con sangre es descargada a la rejilla	
<b>Zona de Lavado</b>	Los cuyes son trasladados a la zona de lavado en un recipiente de acero inoxidable llenado con agua a un volumen de 40 litros. Esta agua mezclada con restos de sangre es descargada a la rejilla.	

## Limpieza del lugar

Al finalizar la jornada de trabajo se realiza la limpieza del lugar en dónde está agua combinada con sangre, pelos, entre otros y detergente es eliminada por las dos rejillas que contiene el local



## Protocolo de toma de muestra de agua

Se tomó como referencia la NTP 214.060.2016 “AGUAS RESIDUALES” Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado”; por lo que se verificó la accesibilidad y dimensión del lugar para la toma de muestra.

Al saber que son 5 etapas que generan agua residual, se optó por obtener una muestra compuesta de 80 litros que se usará en la caracterización inicial y final del agua; tomando volúmenes representativos de agua residual de acuerdo con el volumen generado en cada una de las etapas (Tabla 6). Las muestras fueron recolectadas en galones de 20 litros con apoyo de una jarra 2 litros, embudo y vasos descartables esterilizados (Figura 3)

**Tabla 6.**

Volumen de muestra por etapa

<b>Etapa</b>	<b>Volumen De Muestra</b>
Zona de Escaldado	20 litros
Zona de Pelado	15 litros
Zona de Eviscerado	20 litros
Zona de Lavado	20 litros
Limpieza Final	5 litros

Figura 3.

*Recolección de muestra de agua residual en el camal de cuyes de Chasquitambo - Ancash*



Las muestras almacenadas en las galoneras fueron debidamente rotuladas, trasladadas y preservadas hasta la entrega al Laboratorio de la facultad de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Ingeniería.

### **Obtención y Tratamiento de la cáscara de coco**

Se recolectaron 25 kilos de cáscaras de coco (*Cocos nucifera*) en diferentes puntos del área del emporio de Gamarra ubicado en el distrito de La Victoria - Lima; procedentes de la actividad comercial de los vendedores ambulantes de dulce de coco.

En primer lugar, la cáscara de coco recolectada fue limpiada, almacenada y secada al sol durante un periodo de 15 días para la eliminar la humedad contenida en su interior. Seguidamente, se procedió con la trituration manual de la cáscara de coco, a tamaños reducidos mediante el uso de un martillo y un disco. Posteriormente, se fue colocando en 5 tiempos la materia prima triturada (5kg por tiempo) en un reactor por 4 horas, en su interior los fragmentos se calentaron a una temperatura variable de 0 a 300°C, para la obtención del biocarbón. Finalmente, mediante el uso de un molino tradicional el biocarbón obtenido fue triturado y se consiguió

distintos tamaños de partículas, las cuales fueron tamizadas para separarlas en tamaños de 9.50;6.30;4.75;3.35;2.00;0.85;0.60mm.

### 2.5.2. Período 2: Caracterización de la materia prima y biocarbón (parámetros físicos)

#### Evaluación de parámetros físicos de la cáscara de coco.

Los siguientes parámetros fueron evaluados en el laboratorio de Espectrometría de la facultad de ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.

#### a) Rendimiento de la cáscara de coco

El rendimiento de la cáscara fue tomando del peso de cuatro cocos, posteriormente fueron pelados y pesados; obteniéndose la cantidad de residuo de cáscara que no se utiliza pero que en la presente investigación se le dará un valor agregado para el tratamiento del agua de camal de cuyes de Chasquitambo.

#### Ecuación N° 1: Porcentaje de Rendimiento del Coco

$$\% \text{Rendimiento} = \left( \frac{\text{Peso de la cáscara extraída}}{\text{Peso de la Fruta}} \right) \times 100$$

#### b) Humedad de la cáscara de coco

El rendimiento de la cáscara fue tomando del peso de cuatro cocos, posteriormente fueron pelados y pesados; obteniéndose la cantidad de residuo de cáscara que no se utiliza pero que en la presente investigación se le dará un valor agregado para el tratamiento del agua de camal de cuyes de Chasquitambo.

#### Ecuación N° 2: Porcentaje de Humedad del Coco

$$\% \text{Humedad} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{muestra húmeda}) - (\text{Peso del crisol} + \text{muestra seca})}{(\text{Peso del crisol} + \text{muestra seca}) - \text{peso del crisol}} \times 100$$

**c) Granulometría de la materia prima**

Preparado el carbón de cáscara de coco, entonces se trituró con ayuda de 2 molinos para tener la granulometría malla mediante la norma ASTM D422, donde se emplean mallas normalizadas: Tamiz de 1/8'', 1/4'', N°4, N°6, N°10, N°20, N°30, N°-30.

que se empleó en el tratamiento del agua residual del camal de cuyes.

**Ecuación N° 3: Porcentaje Retenido de Peso**

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en la malla}}{\text{Peso de la muestra seca (pirólisis)}} \times 100$$

**Evaluación de parámetros físicos del Biocarbón.**

Los siguientes parámetros fueron evaluados en el laboratorio de Espectrometría de la facultad de ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.

**a) Determinación Humedad (%)**

Se pesó un crisol seco a 105°C por 45 minutos enfriado y secado, para luego pesarlo con el carbón inicial 1.5 g, y llevarlo a una estufa a 105 °C, por 2 horas para retirarlo a un desecador y enfriarlo para volver a pesar.

**Ecuación N° 4: Porcentaje de Humedad del biocarbón**

$$\% \text{Humedad del Biocarbón} = \frac{W1 - W2}{W2 - Wt} \times 100$$

Donde:

W1: Peso del crisol más carbón húmedo (g)

W2: Peso del crisol más carbón seco a 105°C. (g)

Wt: Peso del crisol (g)

**b) Cenizas (%)**

Las cenizas del biocarbón fueron obtenidas después de realizar la materia volátil a 900 °C, la que fue llevado a una mufla a 900 °C por

60 minutos hasta que la muestra queda de color blanco o grisáceo, para enfriarlo en desecador y volver a pesar.

**Ecuación N° 5: Porcentaje de Cenizas**

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{muestra a } 900^{\circ}\text{C}) - (\text{peso del crisol})}{(\text{Peso del crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso del crisol})} \times 100$$

**c) Materia volátil (%)**

Una muestra de biocarbón libre de humedad se coloca en una mufla a 900 °C por 7 minutos, siendo una prueba física, que a mayor cantidad de materia volátil será mayor la repelencia del agua al agua, para luego pesar en una balanza analítica.

**Ecuación N° 6: Porcentaje de Materia Volátil**

$$\% \text{Materia Volátil} = \frac{B - C}{B} \times 100$$

Donde:

B: biocarbón seco a 105 °C (g)

C: Peso de Biocarbón después de 900 °C (g)

MV: Materia volátil (%)

**d) Carbón Fijo (%)**

Se calculó la diferencia de 100 y la suma de % materia volátil y % de cenizas.

**Ecuación N° 7: Porcentaje de Materia Volátil**

$$\% \text{CF} = 100 - (\% \text{ceniza} + \% \text{materia volátil})$$

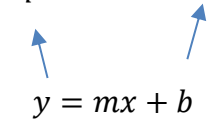
**e) Capacidad de adsorción del biocarbón de cáscara de *Coco Nucifera***

La capacidad de adsorción del biocarbón fue realizada con tres granulometrías y un volumen constante, en tiempos de 20, 40, y 60 minutos.

$$\text{Absorbancia} = - \log (\% \text{T}/100)$$

$$K(\text{constante}) = \text{Absorbancia}/\text{Concentración}$$

**Ecuación N° 8: Fórmula Lineal de Langmuir**

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{b}C + \frac{1}{kb}$$

$$y = mx + b$$

**2.5.3. Período 3: Diseño y tiempos del tratamiento**

Según la revisión bibliográfica utilizada para la elaboración de los antecedentes se visualizaron diferentes diseños tratamientos de aguas residuales tomándolos en cuenta para elaborar nuestro diseño de tratamiento, en la cual está constituido por las siguientes etapas:

El tanque de muestra inicial que tiene un volumen de 60 litros sirvió para la alimentación al sistema del tratamiento; para mantener el paso del caudal se utilizó dos llaves de paso de pvc ½". Se realizó la elaboración de dos filtros con tubería pvc de 15.24cm de diámetro con cuatro tapas de desagüe de 6" previamente perforadas y colocadas dos de ellas respectivamente en cada filtro, asimismo se introdujo 3 kilogramos de biocarbón de cáscara de coco respectivamente para cada filtro. Para el tanque sedimentación - aireación y muestra final se utilizó baldes de 20 litros que sirvió para acopiar el agua tratada, el proceso de tratamiento se muestra en la Figura 4.

**Figura 4.**  
*Diseño del tratamiento de agua residual del camal de cuyes de Chasquitambo*



El ensayo se realizó en ocho tiempos de tratamiento, instalado el diseño se inició a pasar la muestra de manera dinámica simulando un sistema prototipo de aplicación de acuerdo a la investigación experimental. Las muestras fueron tomadas cada 30 minutos por un espacio de 240 minutos.

La unidad de análisis en todo el proceso para el control de la muestra en la reducción del contaminante fue de 2000 mililitros, realizándose los parámetros importantes para que cumpla con la norma del ministerio de vivienda, que son los valores máximos admisibles donde el DQO no debe ser mayor a 1000 mg/l ya que este es la materia orgánica del agua residual.

#### **2.5.4. Período 4: Parámetros de evaluación antes y después del tratamiento**

Para el análisis del agua residual previo (Anexo 6) y post tratamiento (Anexo7) se recolectó un volumen de 2 litros de agua, las cuales fueron almacenadas y llevadas al laboratorio de Espectrometría de la facultad de ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la UNI para su análisis, tal y como se muestra en la tabla 7.

Los parámetros evaluados en el agua residual del camal de cuyes de Chasquitambo fueron (Anexo 6):

- T°
- PH
- Potencial Redox
- Conductividad eléctrica
- Turbidez
- Solidos totales
- Solidos disueltos
- solidos suspendidos
- Oxígeno Disuelto
- DBO
- DQO
- Coliformes Totales

**Tabla 7.**

*Muestras de agua residual de cuyes del T0 al T8.*

TIEMPO DE MUESTRA	VOLUMEN	PARÁMETROS A EVALUAR
Muestra Inicial previo al tratamiento – T 0	2L	- PH -Turbidez
Muestra de agua – T1, 30´	2L	-Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$
Muestra de agua – T2, 60´	2L	-Potencial Redox mV.
Muestra de agua – T3, 90´	2L	-Oxígeno Disuelto $\text{mgO}_2/\text{l}$ .
Muestra de agua – T4, 120´	2L	- DQO $\text{mg}/\text{l}$ .
Muestra de agua – T5, 150´	2L	- DBO $\text{mg}/\text{l}$ .
Muestra de agua – T6, 180´	2L	- Sólidos Totales $\text{mg}/\text{l}$ .

<b>Muestra de agua – T7, 210´</b>	2L	-Sólidos Disueltos mg/l.
		-Sólidos Suspendidos Totales mg/l.
<b>Muestra de agua – T8, 240´</b>	2L	-Coliformes Totales UFC/ML.

---

## 2.6. Tratamiento de datos

Los datos obtenidos en el proceso del tratamiento de agua residual el camal de cuyes fue evaluado en ocho tiempos, las cuales para obtener su validez de los objetivos planteados se utilizó la estadística inferencial, porque el experimento tuvo un enfoque cuantitativo. Los comportamientos de cada uno de los parámetros fueron graficados en Excel para luego utilizar el programa el SPSS 26, donde determinamos el estadístico fundamental que fue la normalidad, las cuales calificaron sí los datos eran paramétricos o no paramétricos dando respuestas a las hipótesis planteadas a la investigación.

El análisis de los datos será evaluado por estadística inferencial, donde se utilizó el SPSS 26, Excel, Anova, Tukey, los que nos determinaron valores de normalidad, varianza y las pruebas de hipótesis.

## 2.7. Aspectos Éticos

La presente investigación al ser de carácter experimental se basó en las observaciones, registros fotográficos, levantamiento de datos en campo, análisis de muestras, análisis estadísticos; por lo tanto, la información refleja la realidad y está respaldada con documentos debidamente formales; con el fin de determinar la autenticidad y no tener la incertidumbre de una posible manipulación de información. Además, el trabajo contempla información bibliográfica obtenida de diferentes autores, el cual está debidamente interpretada y citada bajo el formato APA 7ma edición.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### 3.1. Parámetros Fisicoquímicos de la cáscara de coco y Biocarbón

##### Rendimiento de la cáscara de *Coco Nucifera*

Se realizó la evaluación del rendimiento para poder saber la cantidad de coco necesaria a utilizar en el tratamiento; para ello, se tomó como muestra 01 coco. En la Tabla 8 indica los datos que se utilizaron para hallar el rendimiento del coco en cáscara obteniendo 79%, lo que significa que en un coco con peso de 1085 gr solo 79 % puede ser utilizado como biocarbón.

**Tabla 8**

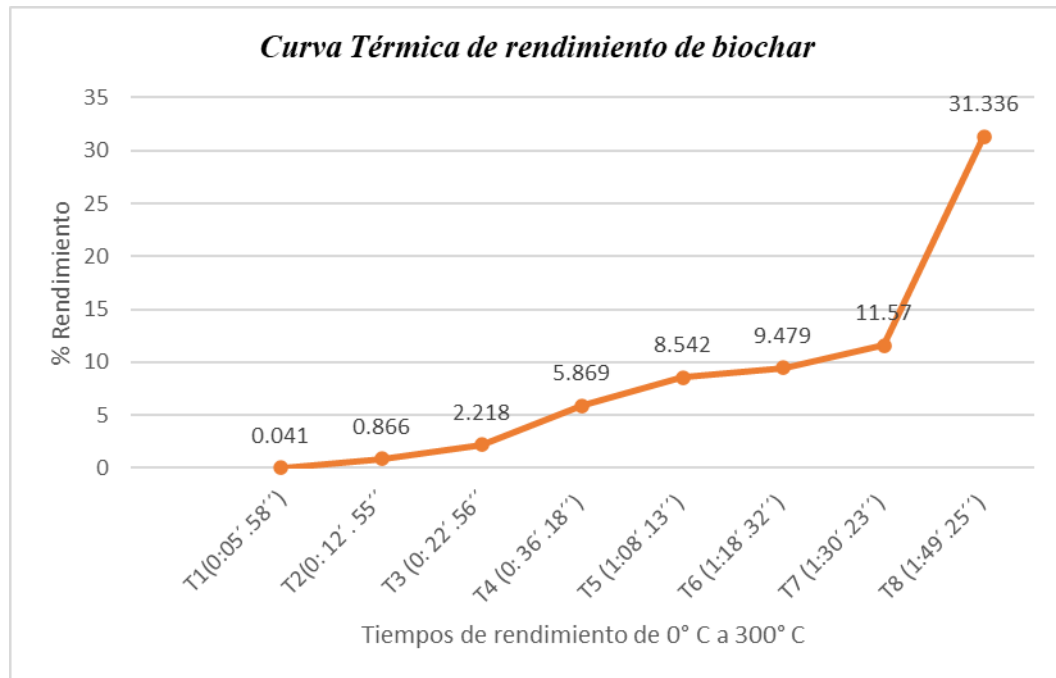
*Rendimiento del coco nucifera*

<b>Muestra</b>	<b>Peso del coco c/agua (g)</b>	<b>Peso del coco s/agua (g)</b>	<b>Peso de cáscara (g)</b>	<b>Rendimiento de cáscara %</b>
<b>PCN-I</b>	1085	583	227	79

A partir de la cáscara de coco obtenida en 01 muestra, se evaluó curva térmica para verificar el comportamiento del rendimiento al convertirse en biochar con apoyo de una estufa a 100°C. En la Tabla 9 se verificó que al cabo de 01 hora 49 minutos el rendimiento fue de 31.336%, lo que significa que en la conversión de cáscara a biochar se pierde el 47.664% de cáscara (Figura 5).

**Figura 5.**

Curva Térmica del rendimiento de la conversión de cáscara de coco a biochar



### 3.2. Parámetros Físicoquímicos de Biocarbón

#### - Análisis granulométrico del *coco nucifera*

Se realizó la prueba granulométrica según el Método de Análisis Granulométrico por Tamizado, utilizando diferentes tamices; la Tabla 9 muestra que para el desarrollo del tratamiento se escogieron los carbones tamizados en las mallas N° 10 (2 mm - retención de merma), N° 20 (0.85 mm - adsorción de sólidos) y N° 30 (0.6 mm - mayor adsorción de materia orgánica).

**Tabla 9**

*Tamizado del biocarbón de Coco Nucífera (Método: Norma ASTM D 422)*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Parcial retenido (%)	Retenido (+)	Pasa (-)
3/8''	9.5	0	0	0	0
1/4''	6.3	0	0	0	100
N°4	4.75	8	1.6	1.6	98.4
N°6	3.35	15	3	4.6	95.4
N°10	2	145	29	33.6	66.4
N°20	0.85	135	27	60.6	39.4
N°30	0.6	113	22.6	83.2	16.8
N°-30	0.6	84	16.8	100	0

Se realizó la Prueba de adsorción del biocarbón tamizado en las mallas N° 10, 20 y 30 con azul de metileno a concentraciones de 1, 2, 3 y 4 ppm (Método espectrofotometría UV/V). En la Tabla 10 se muestra que a una concentración de 3 ppm hay mejor adsorción del biocarbón; asimismo en los tiempos de evaluación de 20, 40 y 60 minutos el biocarbón tamizado en la malla N° 30 es la que mayor concentración de adsorción tuvo (20' - 1.132, 40' - 1.0663 y 60' - 1.0101).

**Tabla 10**

*Prueba de adsorción del biocarbón con azul de metileno*

Co: 3ppm	%T	Absorbancia	K*	Concentración
N°10 (20)	73.6	0.1331	0.15768	0.8443
N° 20 (20)	67.6	0.1701	0.15768	1.0785
N° 30 (20)	66.3	0.1785	0.15768	1.132
N°10 (40)	75.6	0.1215	0.15768	0.7704
N° 20 (40)	68.4	0.1649	0.15768	1.0461
N° 30 (40)	67.9	0.1681	0.15768	1.0663
N°10 (60)	76.8	0.1146	0.15768	0.727
N° 20 (60)	70.6	0.1512	0.15768	0.9589
N° 30 (60)	69.3	0.1593	0.15768	1.0101

\*K es la constante que se obtiene a partir del promedio de la absorbancia de las concentraciones (1, 2, 3 y 4) ppm de azul de metileno.

En la evaluación de los parámetros físicos, en la Tabla 11 se observa que el biocarbón de coco que se utilizó en el tratamiento tuvo una Humedad de 3.41%; materia volátil de 39.95%, ceniza de 2.21% y con estos dos parámetros se calculó el carbono fijo 61.84%; siendo este valor el referencial de la capacidad de adsorción de la materia orgánica.

**Tabla 11**  
*Parámetros Físicos de Biocarbón de Coco*

Muestra	Humedad %	MV %	Ceniza %	Carbono Fijo %
CFBC	3.41	35.95	2.21	61.84

### 3.3. Tiempo de retención hidráulica y caudal del proceso

Para la ejecución del tratamiento se calculó el caudal del proceso de tratamiento con la finalidad de poder obtener el TRH. En la Tabla 12 se muestra el caudal hallado 0.06 m<sup>3</sup>/seg, 0.00716 m<sup>3</sup>/seg y 0.00716 m<sup>3</sup>/seg en las etapas de Tanque de inicio, tanque de aireación y filtro de salida, respectivamente; teniendo un caudal promedio de 5.38x10<sup>-6</sup>

**Tabla 12**  
*Caudal del proceso de tratamiento*

MUESTRA	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TIEMPO (seg)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /seg)
Tanque Inicio	0.00015	24	6.25x10 <sup>-6</sup>
Tanque aireación	0.00015	28	5.36x10 <sup>-6</sup>
Filtro de salida	0.00015	33	4.55x10 <sup>-6</sup>

En la Tabla 13 se muestra el tiempo de retención hidráulica 160 hrs, 22.28 hrs y 26.25 hrs de las etapas del tanque de inicio, tanque de aireación y filtro de salida para poder obtener el TRH promedio del proceso de tratamiento, el cual fue de 60.51 hrs < > 2.9 días; lo que significa que 60.51 horas es el período que el agua residual debe pasar desde el inicio hasta el final del tratamiento para que haya una reducción exitosa de los contaminantes.

**Tabla 13**

*Tiempo de retención hidráulica del proceso de tratamiento*

MUESTRA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /seg)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TRH (hrs)
Tanque Inicio	0.06	0.06	160
Tanque de aireación	0.00716	0.00716	22.28
Filtro de salida	0.00716	0.00716	26.25

### 3.4. Parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos del agua residual del camal de cuyes de Chasquitambo.

En la evaluación inicial del agua residual de camal de cuyes de Chasquitambo se encuentra a una temperatura de 25°C, pH de 7.6, Conductividad Eléctrica de 1345µS/cm, Potencial Redox de 130mV y una Turbidez de 458NTU. Al realizar el tratamiento con el biocarbón de *coco nucifera* en los ocho tiempos se logró reducir el Ph a 7.08, conductividad eléctrica 848 µS/cm, Potencial Redox de 108.2mV y la turbidez a 196.7NTU (Tabla 12). Comparando con el D.S. N° 010-2019-VIVINEDA “Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario”, se puede observar que la temperatura y el pH se encuentran dentro los valores admisibles por la norma ( $T^{\circ} < 35^{\circ}$  y pH 6 -9) (Tabla 14).

**Tabla 14**

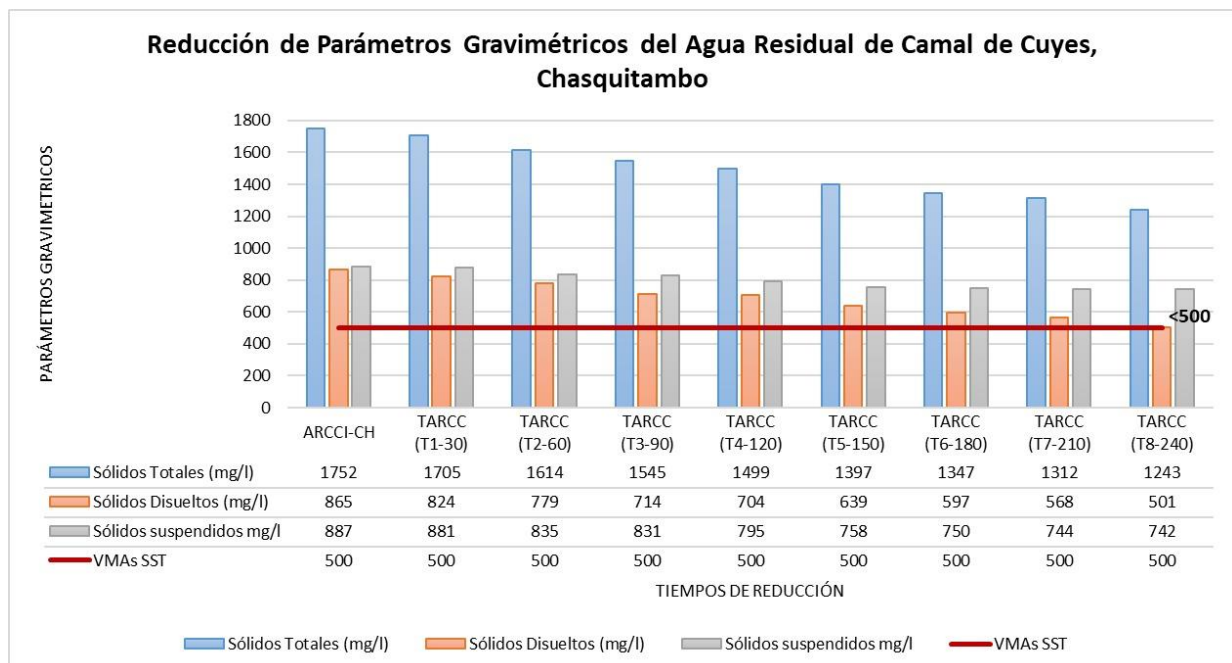
*Parámetros físicos del agua residual de camal de cuyes pre y post tratamiento.*

Tiempos de Tratamiento	pH	VMA pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial Redox (mV)	Turbidez (NTU)
ARCCI-CH	7.6		1345	130	458
TARCC (T1-30)	7.56		1340	128.5	450.8
TARCC (T2-60)	7.48		1284	126.4	425.3
TARCC (T3-90)	7.44		1098	122.8	398.5
TARCC (T4-120)	7.4	6 - 9	987	120.9	364.3
TARCC (T5-150)	7.25		956	118.7	321.7
TARCC (T6-180)	7.18		874	116.4	284.6
TARCC (T7-210)	7.13		865	112.8	243.2
TARCC (T8-240)	7.08		848	108.2	196.7

En los parámetros gravimétricos del agua residual de camal de cuyes de Chasquitambo, se tuvieron concentraciones iniciales de Sólidos Totales 1752 mg/l, Sólidos Disueltos 865 mg/L y Sólidos Suspendidos Totales 887 mg/l, en donde los SST superan el VMA del D.S. N° 010-2019-VIVINEDA (SST < 500mg/l). Aplicando el tratamiento mediante el uso del biocarbón, se obtuvo en el octavo tiempo las siguientes concentraciones: Sólidos Totales 1243 mg/l, Sólidos Disueltos 501 mg/L y Sólidos Suspendidos Totales 742 mg/l; sin embargo, en los SST no se logró disminuir la concentración al valor admisible por la norma. (Figura 6)

**Figura 6**

*Reducción de Parámetros Gravimétricos del Agua Residual.*

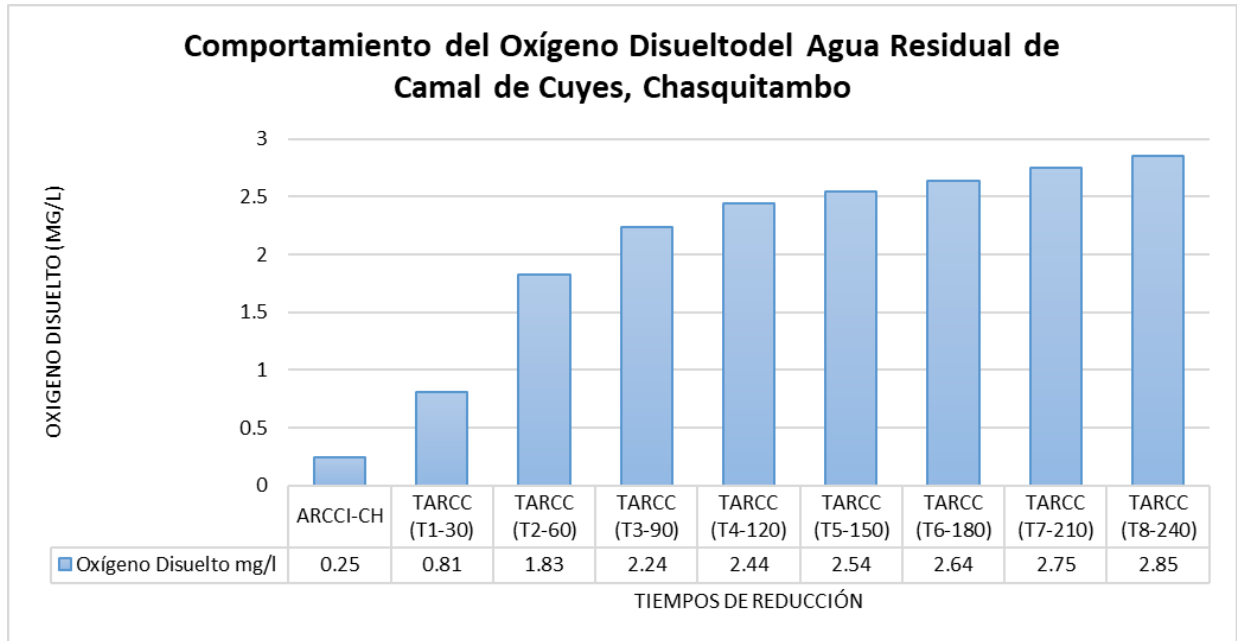


Con respecto a la Figura 7 se observa que el Oxígeno Disuelto de la muestra inicial del agua residual de camal se encuentra en 0.25 mg/l; por lo que representa que hay alta carga de materia orgánica que no permite una buena oxigenación del agua. En la figura 8, se muestran las concentraciones iniciales de los parámetros biológicos: Demanda Química de Oxígeno 2066.7mg/l y Demanda Bioquímica de Oxígeno 834mg/l, estos superan los valores máximos admisibles del D.S. N° 010-2019-VIVIENDA. Mediante el tratamiento del Biocarbón de coco se obtuvo un incremento del OD a 2.85mg/l, mientras que el DBO Y DQO se logró reducir a

577mg/l y 1236.59mg/l respectivamente, sin embargo, no se alcanzó llegar a los  
VMA según el D.S. N° 010-2019-VIVINEDA.

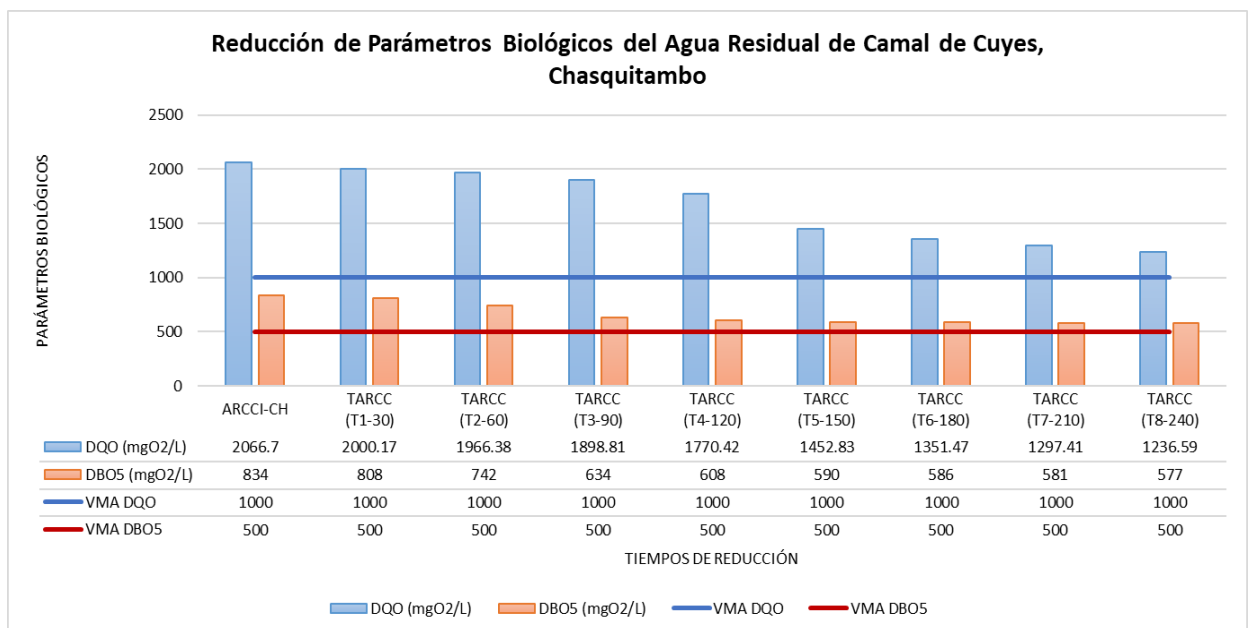
**Figura 7**

*Comportamiento del Oxígeno Disuelto en el Agua Residual.*



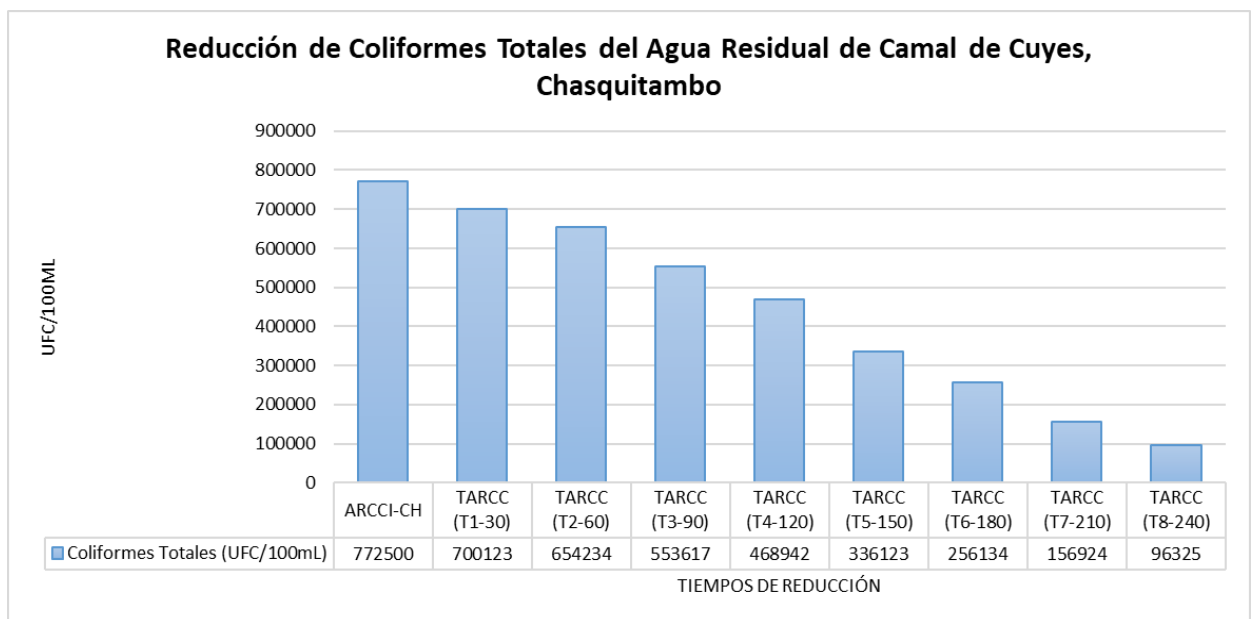
**Figura 8**

*Reducción de Parámetros Biológicos del agua residual.*



La evaluación de Coliformes Totales se realizó mediante el Método de Tubos Múltiples En la Figura 9 se visualiza que en la muestra inicial de agua residual de camal de cuyes de Chasquitambo tuvo 772500 UFC/100ml debido a la alta concentración de materia orgánica; después de 4 horas de aplicar el tratamiento la concentración de UFC disminuyo a 96325 UFC/100ml.

**Figura 9**  
*Reducción de Coliformes Totales del Agua Residual.*



### Porcentaje de eficiencia de los parámetros Biológicos y Microbiológicos

$$\text{- \% Reducción} = \frac{Ci - Cf}{Cf} * 100\%$$

En la Tabla 15 se calcularon los porcentajes de eficiencia de la materia orgánica total (DQO), materia orgánica biodegradable (DBO) y coliformes totales; en los cuales en el DBO y DQO se logró una reducción del 44.54% y 40.15% respectivamente. Mientras que en coliformes totales se redujo en un 87.53%.

**Tabla 15**  
*Porcentaje de eficiencia del DBO, DQO Y Coliformes Totales.*

	DBO	DQO	Coliformes Totales
<b>Ci</b>	834 mg/l	2066.7mg/l	772500UFC
<b>Cf</b>	577mg/l	1236.59mg/l	96325UFC
<b>% Reducción</b>	44.54%	40.15%	87.53%

### 3.5. Análisis Estadístico

Después de haber obtenido los resultados posteriores al tratamiento, se realizó la evaluación y análisis de los mismos con ayuda del Programa SPSS 26 para verificar el comportamiento del tratamiento frente a la calidad del agua residual.

#### Prueba de Normalidad

En la Tabla 16 se observó que el estadístico utilizado en la prueba de normalidad para los parámetros fisicoquímicos fue Shapiro – Wilk , porque su grado de libertad en el tratamiento es menor a 50 por lo tanto la evaluación estuvo realizado a través del  $p > 0.05$  lo que significó que todo este proceso en los parámetros fisicoquímicos tenga una distribución normal.

**Tabla 16**

*Prueba de Normalidad de Parámetros Fisicoquímicos del tratamiento en sus 8 tiempos.*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Ph_8T</b>	0.183	8	0.200*	0.933	8	0.545
<b>CE_8T</b>	0.217	8	0.200*	0.863	8	0.129
<b>PR_8T</b>	0.100	8	0.200*	0.981	8	0.967
<b>TB_8T</b>	0.133	8	0.200*	0.963	8	0.837

En la Tabla 17 se observa las normalidades en los parámetros gravimétricos, biológicos y microbiológicos, donde se puede observar que dos grupos cuentan con un grado de libertad de 24 datos, teniendo un último que es el microbiológico que cuenta con ocho datos. Por lo tanto, el estadístico a utilizar por cada parámetro fue Shapiro – Wilk, porque se observa en cada grupo de tres que el número de datos es menor a cincuenta. En los parámetros gravimétricos el  $p > 0.05$  indicándonos una distribución normal, sin embargo, en los parámetros biológicos una de las medidas es mayor al  $p > 0.05$  lo que hace que rechacemos a la hipótesis nula y aceptemos a la hipótesis alterna siendo no paramétrica, seguidamente observamos que los coliformes totales tienen una distribución normal debido a que el “p” valor acepta a la hipótesis nula y rechaza a la hipótesis alterna, teniendo una distribución normal.

**Tabla 17**

*Prueba de Normalidad de Parámetros gravimétricos, biológicos del tratamiento en sus 8 tiempos.*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>ST_8T</b>	0.148	8	0.200*	0.969	8	0.889
<b>SD_8T</b>	0.137	8	0.200*	0.978	8	0.954
<b>SST_8T</b>	0.243	8	0.182	0.877	8	0.176
<b>OD_8T</b>	0.237	8	0.200*	0.819	8	0.045
<b>DQO_8T</b>	0.201	8	0.200*	0.866	8	0.138
<b>DBO<sub>5</sub>_8T</b>	0.281	8	0.062	0.762	8	0.011

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Posterior a la ejecución del tratamiento del agua residual de camal de cuyes de Chasquitambo empleando el filtro de carbón de cáscara de coco por un período de 4 horas, se logró la disminución de la materia orgánica con un porcentaje de eficiencia de 44.54% para la Demanda Bioquímica de Oxígeno, 40.15% para la Demanda Química de Oxígeno y 87.53% de Coliformes Totales; lo que señala que los resultados obtenidos no demostraron una reducción significativa y es así que comparando los resultados con (Burgos Chichanda & Destin, 2021)) quienes en su investigación aplicaron la biofiltración para el tratamiento de aguas residuales del camal de res de Balzar en 8 días, obtuvieron una eficiencia de 54 % para el DQO y el 78% de DBO<sub>5</sub>, por otro lado en la investigación de Palma Sánchez & Chele Sancán (2021) quienes emplearon mantos filtrantes elaborados a partir de cáscara de coco y caliza para remover materia orgánica, en el cual la eficiencia de remoción de materia orgánica fue de 75.02% en DBO<sub>5</sub> y 75% en DQO. De esta manera se puede comprobar que el tiempo de tratamiento influye directamente en la reducción de la materia orgánica y cumplir con lo establecido en los Valores Máximos Admisibles del D.S. 010-2019-VIVIENDA.

El biochar obtenido de la cáscara de coco fue resultado de la carbonización a 300°C por 4 horas y tamizado en las mallas N° 10 (2 mm), N° 20 (0.86 mm) y N° 30 (0.6 mm) con características físicas de humedad de 3.41% y 61.84% de carbono fijo. En el trabajo realizado por Cedeño-Loor & Ayón-Hidalgo (2020) utilizaron cáscara de coco y cascarilla de arroz, para ello usaron tubos de pvc de 3 pulgadas con una capacidad de 1300 mL donde se colocó por tres niveles carbón activado (1080 gr) tamizado con mallas de ¼, 4, 10, 12, 16 y 18 y en la investigación de Bravo Moreira & Garzón Moreno (2017) realizaron la activación del biocarbón a 700°C por 1 hora obteniendo 525 gr y fue tamizado en una malla de 1.7 mm. Los trabajos de investigación no se enfocan en la caracterización de carbón activado de coco, solo en la conversión de cascara de coco a carbón.

El agua residual obtenida del camal de cuyes del CC.PP de Chasquitambo – Ancash es descargada al alcantarillado con alta carga de concentración de contaminantes tales como pH (7.6), turbidez (458 NTU), sólidos suspendidos (887 mg/l), DBO<sub>5</sub> (834 mg/l), DQO (2066.7 mg/l) y coliformes totales (772500 UFC); después de haber aplicado el tratamiento con biocarbón de cáscara de coco se logró bajar la concentración de contaminantes (véase en el capítulo 3) más no se alcanzó a cumplir con el Anexo 1 de los Valores Máximos Admisibles del D.S. 010-2019-VIVIENDA. Burgos Chichanda & Destin (2021) utilizaron la fibra del coco en filtros de forma anaerobia para remover DQO (14733 mg/L a 2317 mg/L), SST (2000 mg/L a 1500 mg/L) y DBO<sub>5</sub> (6736 mg/L a 430 mg/L) del agua de camal de res de Cantón Balzar; sin embargo, ellos tampoco lograron cumplir con norma ecuatoriana Acuerdo Ministerial N° 0.907A.

Sin embargo, Fernández Brenis & Sánchez Zapata (2016) utilizaron el mesocarpio de coco para tratar aguas residuales de la empacadora de banano en Sullana – Perú y Barrera-Díaz et al. (2011) empleó el carbón activado de concha de coco en un sistema fisicoquímico y oxidación química en flujo continuo para remover contaminantes en una planta de tratamiento de agua residual municipal en Toluca - México; los cuales obtuvieron resultados favorables en la disminución de los parámetros en estudio cumpliendo con sus normativas vigentes al momento del desarrollo de sus investigaciones. Esto nos quiere decir, que las diferentes partes del coco sirven como removedor de contaminantes de características fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas, pero para poder alcanzar resultados óptimos depende del diseño y periodo de tratamiento.

Según Lecca & Lizama (2014) menciona la importancia del Oxígeno Disuelto en el agua, es por ello que en los tratamientos es esencial este parámetro; ya que, a mayor cantidad de materia orgánica, necesita mayores niveles de oxígeno para que los microorganismos logren degradar u oxidar. Asimismo, ante la poca presencia de oxígeno disuelto en las aguas residuales generan sulfuros y por consecuente desencadene putrefacción en redes de alcantarillado o cuerpos de agua. Es así que en nuestra investigación se implementó un tanque de aireación para subir los niveles de OD (0.25 mg/L a 2.85 mg/L).

Una de las principales limitaciones que se encontró en el desarrollo del trabajo fue los pocos antecedentes que se hallaron para poder realizar esta investigación ya que los

tesistas no convierten las diferentes partes del coco en biocarbón o lo combinan con otras materias primas y el agua generada en estudio no es sobre camales de cuyes.

La distancia para recolectar y trasladar las muestras de agua también fue un factor limitante porque el camal de cuyes se encuentra a 5 horas de la ciudad de Lima.

El tiempo, porque el camal de cuyes de Chasquitambo solo faena una vez por semana y se tenía que solicitar un permiso especial para poder ingresar a recolectar las muestras.

## 4.2. Conclusiones

- ✓ La remoción de materia orgánica del agua residual de camal de cuyes del CC.PP. de Chasquitambo - Ancash tuvo una eficiencia de 44.54 % para el DBO<sub>5</sub> y 40.15% en DQO y 87.57% en Coliformes Totales aplicando el tratamiento de filtro de biomasa de Coco Nucifera en un período de 4 horas.
- ✓ Se construyó un biofiltro para el tratamiento del agua residual de camal de cuyes del CC.PP. de Chasquitambo – Ancash; para ello se utilizó 6 kg de biocarbón de *Coco Nucifera* teniendo una óptima humedad de 3.41% y 61.84% de carbón fijo.
- ✓ La caracterización inicial del agua residual de camal de cuyes del CC.PP. de Chasquitambo – Ancash mostró que las concentraciones de los parámetros físicos, químicos, gravimétricos, biológicos y microbiológicos excedían los Valores Máximos Admisibles establecidos en el Anexo 1 y 2 del D.S. 010-2019-VIVIENDA; mientras que, el Oxígeno Disuelto presentó muy baja concentración de O<sub>2</sub> para la aeración del agua.
- ✓ Se estableció 4 horas de tratamiento divididos en 08 tiempos de 30 minutos, con ese periodo se logró reducir el DBO de 834mg/l a 577mg/l, DQO de 2066.7mg/l a 1236.59mg/l y de 772500 UFC a 96325 UFC del agua residual del camal de cuyes del CC.PP. de Chasquitambo – Ancash.
- ✓ La caracterización final de los parámetros de agua residual de camal de cuyes demostró que se logró reducir las concentraciones después del tratamiento; sin embargo, no se alcanzó a cumplir con lo descrito en los Valores Máximos Admisibles establecidos en el Anexo 1 del D.S. 010-2019-VIVIENDA. Por otro lado, se llegó a aumentar el nivel de Oxígeno en el agua.

## REFERENCIAS

- AGUA ORG. (2017). *Cuerpos de agua*. AGUA ORG. <https://agua.org.mx/cuerpos-de-agua/>
- Apaza Charca, B. H., & Huahuala Puma, J. L. (2019). Bioadsorción del metal cadmio (II) de aguas residuales industriales, utilizando algas marinas marrones. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11146>
- Balladares Gonzales, J. R. (2019). *Efecto del tamaño de grano del carozo de Cocos nucífera (COCO) y el tiempo de contacto en el poder adsorbente* [Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15263>
- Barrera-Díaz, C., Solís-Morelos, C., Colín-Cruz, A., Linares-Hernández, I., & Bernal-Martínez, L. A. (2011). Tratamiento De Agua Residual Municipal Por Un Sistema Fisicoquímico Y Oxidación Química En Flujo Continuo. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(2), 69-81.
- Bravo Moreira, K. I., & Garzón Moreno, A. R. (2017). *Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (Cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua* [BachelorThesis, Calceta: ESPAM]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/606>
- Burgos Chichanda, J. E., & Destin, R. (2021). *Tratamiento de aguas residuales provenientes del camal municipal del cantón Balzar mediante filtro de fibra de coco (cocos nucífera)*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57484>
- Bustillo-Lecompte, C. F., & Mehrvar, M. (2015). Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. *Journal of Environmental Management*, 161, 287-302. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.008>

Cabrera Blanco, O., Bautista Reyes, Y., Cabrera Cuello, D., & Cuello Pérez, M. (2020).

*Obtención de carbón activado a partir de la cáscara del coco (Cocos nucifera L) y su evaluación en la remoción de residuos líquidos coloreados.*

[https://redib.org/Record/oai\\_articulo3305454-obtenci%C3%B3n-de-carb%C3%B3n-activado-a-partir-de-la-c%C3%A1scara-del-coco-cocos-nuc%C3%ADfera-l-y-su-evaluaci%C3%B3n-en-la-remoci%C3%B3n-de-residuos-l%C3%ADquidos-coloreados](https://redib.org/Record/oai_articulo3305454-obtenci%C3%B3n-de-carb%C3%B3n-activado-a-partir-de-la-c%C3%A1scara-del-coco-cocos-nuc%C3%ADfera-l-y-su-evaluaci%C3%B3n-en-la-remoci%C3%B3n-de-residuos-l%C3%ADquidos-coloreados)

Cabrera, O. (2019, noviembre 5). *Potencial de oxidación- reducción ORP(REDOX), para la*

*Bioseguridad.* aviNews, la revista global de avicultura. <https://avinews.com/potencial-redox-de-oxidacion-reduccion-orp-para-la-bioseguridad-de-nuestras-granjas/>

CARPIO GALVAN, T. M. (2007). *SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103 – 105°C* (N.º TP0436;

p. 8). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC..pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935>

Cedeño-Loor, R. O., & Ayón-Hidalgo, C. C. (2020). Reducción de color y turbidez en aguas

residuales del camal municipal de Manta, mediante biofiltración con cáscara de coco (cocos nucifera) y cascarilla de arroz (oryza sativa), enero 2020. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura YAKU. ISSN: 2600-5824., 3(6), Art. 6.*

Cordero Ordóñez, M. de L., & Ullauri Hernández, P. N. (2018). Filtros caseros, utilizando

ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGAS), 2 filtros lentos de arena (FLA), sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento. *instname:Universidad de Cuenca.* <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1109051>

Curipallo Quispe, M. B., & Guevara Robalino, J. J. (2017). *Análisis del bagazo de caña como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la ciudad del Puyo, provincia de Pastaza* [Bachelor Thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil].  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/26849>

de Oliveira Cruz, L. M., Gomes, B. G. L. A., Tonetti, A. L., & Figueiredo, I. C. S. (2019). Using coconut husks in a full-scale decentralized wastewater treatment system: The influence of an anaerobic filter on maintenance and operational conditions of a sand filter. *Ecological Engineering*, 127, 454-459. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.021>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2010). *FICHA TECNICA - Sistema de Información del Medio Ambiente: Total de sólidos en suspensión (Sólidos Suspendidos Totales)* (p. 3). El Departamento Administrativo Nacional de Estadística.  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/solidos\\_suspension.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/solidos_suspension.pdf)

Durán, L. E. G. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica ambiental*, 1, Art. 1.  
<https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>

Escobar Rodríguez, P. (2014). “*CONTAMINACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE LOS MATADEROS DE GANADO VACUNO Y OTRAS ESPECIES EN LIMA METROPOLITANA*”.  
[http://www.unfv.edu.pe/facultades/fiis/images/oficinas/unidad\\_investigacion/investigacion\\_2014/ESCOBAR\\_PROYECTO\\_2014.pdf](http://www.unfv.edu.pe/facultades/fiis/images/oficinas/unidad_investigacion/investigacion_2014/ESCOBAR_PROYECTO_2014.pdf)

ESPIGARES GARCÍA, M., & PÉREZ LÓPEZ, J. A. (2003). *AGUAS RESIDUALES  
COMPOSICIÓN* (p. 22). UNIVERSIDAD DE SALAMANCA.

[https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)

Esteban Nieto, N. (2018). Tipos de Investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán*.

<http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>

Fabara Meléndez, H. D., & Núñez Aldás, G. W. (2017). *Análisis de la cáscara de naranja como*

*filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero de aves ubicado en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua* [BachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil].

<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/26862>

Fernández Brenis, E. J., & Sánchez Zapata, K. L. (2016). Evaluación de un lecho filtrante,

utilizando mesocarpo de coco (cocos nucifera), para el tratamiento de aguas residuales de la Empacadora de Banano Algarrobo 1, Sullana 2015. *Repositorio Institucional - USS*.

<http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/839>

Gallardo Sinchiguano, L. A. (2018). *Análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de*

*aguas residuales provenientes del Centro de Faenamiento Latacunga*.  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/27238>

García Andreu, C., Saval Pérez, J. M., Baeza Brotons, F., & Tenza Abril, A. J. (2009).

*GRANULOMETRÍA I DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE UN ÁRIDO*  
(p. 12). Universidad de Alicante.

[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%203%20\\_Granulometria%20I\\_.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%203%20_Granulometria%20I_.pdf)

- García Miranda, F. G., & Miranda Rosales, V. (2018). *EUTROFIZACIÓN, UNA AMENAZA PARA EL RECURSO HÍDRICO* (Vol. 2). Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores.  
<http://ru.iiec.unam.mx/4269/>
- L. Chauca de Zaldívar. (2007). *Cría de especies ganaderas no convencionales: Una actividad en auge: Producción de cuyes (Cavia porcellus) en los países andinos*.  
<https://www.fao.org/3/V6200T/v6200T05.htm#TopOfPage>
- Lecca, E. R., & Lizama, E. C. R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), Art. 1.  
<https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>
- Maldonado Mite, D. J. (2020). *DISEÑO DE UN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE ESTOPA DE COCO (Cocos Nucífera) PARA LA ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN AGUAS RESIDUALES AVÍCOLAS* [Universidad Agraria del Ecuador].  
[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MALDONADO%20MITE%20DIEGO%20JOSE\\_c ompressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MALDONADO%20MITE%20DIEGO%20JOSE_c ompressed.pdf)
- Marín Velásquez, T. D., & Arriojas Tocuyo, D. D. J. (2021). Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (Cocos nucífera) a nivel de laboratorio. *Revista ION*, 33(2), 99-110. <https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020008>
- Medina-Valderrama, C., Uriarte-Tirado, W., Cardenas-Vásquez, E., & Orrego-Zapo, S. (2020). Tratamiento de aguas residuales de camales mediante tecnologías avanzadas de oxidación: Proceso fenton. *Revista INGENIERÍA UC*, 27(2), 165-174.

- Mousalli, G. (2015). *Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2633.9446>
- Munar Flores, D. A., Ramírez Contreras, N. E., & García Nuñez, J. A. (2022). Biocarbón como producto de la biomasa residual de palma de aceite en un concepto de economía circular. *Boletines técnicos*, 41, Art. 41.
- Palma Sánchez, K. V., & Chele Sancán, A. S. (2021). *Remoción de la DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno Jujan* [BachelorThesis, Guayaquil: ULVR, 2021.].  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4576>
- Reyes, J. V. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque UTE*, 7(3), 41-56. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n3.104>
- Rivas, R. M. F., Leal, J. A. R., Moleón, M. del C. J., & Soto, M. E. (2015). Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del Valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(3), Art. 3.
- Rocha, E. (2008). *MICROBIOLOGÍA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES* (p. 11) [Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales].  
<https://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>
- Rodríguez, M. J. (2013). *Parámetros fisicoquímicos del agua*. 4.

- Ruiz Martín, A. M. (2019). *Estudio de la problemática de las aguas residuales de un matadero de aves: Opciones tecnológicas*. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9346>
- Ruiz Valles, L., & Orbegoso Alvarez, K. Y. (2019). *Eficiencia del carbón activado obtenido a partir del endocarpo de “coco” (Cocos nucifera) y semilla de “aguaje” (Mauritia flexuosa), en la remoción de la DBO5 de las aguas residuales domésticas en el distrito de Habana – Moyobamba, 2018* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3345>
- SENASA. (2012). *REGLAMENTO SANITARIO DEL FAENADO DE ANIMALES DE ABASTO* [Reglamento]. SENASA. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/10/Reglamento-Sanitario-del-Faenado.pdf>
- SIAPA. (2014). *ACTUALIZACIÓN DE LOS CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES EN LA Z.M.G.: Alcantarillado Sanitario*. (pp. 1-20). [https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_3.\\_alcantarillado\\_sanitario.pdf](https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf)
- SINIA. (2009). *Tratamiento y Reuso de AGUAS RESIDUALES: Vol. Parte 2*. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054#:~:text=Los%20sistemas%20de%20tratamiento%20de,o%20su%20aprovechamiento%20mediante%20el>
- Toasa Llumigusín, F. A. (2012). *VALIDACION DE LOS METODOS DE ENSAYO PARA FENOLES, TENSOACTIVOS, SOLIDOS SUSPENDIDOS Y TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS (TDS)*. [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/894/1/T-UCE-0017-19.pdf>

UNESCO. (2017). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017: Las aguas residuales: El recurso desaprovechado, resumen ejecutivo*; 2017.

[https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef\\_0000247552\\_spa&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attachment\\_import\\_ed910dcf-20c3-4ac0-b9ce-666c17009390%3F\\_%3D247552spa.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000247552\\_spa/PDF/247552spa.pdf#page=1&zoom=auto,-16,850](https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000247552_spa&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attachment_import_ed910dcf-20c3-4ac0-b9ce-666c17009390%3F_%3D247552spa.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000247552_spa/PDF/247552spa.pdf#page=1&zoom=auto,-16,850)

UNIVERSIDAD COMPUTLENSE MADRID. (2015). *DESCRIPCIÓN DE INDICADORES: TEMPERATURA*. UCM. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Temperatura%20f26>

Verdugo Vergara, J. F. (2017). *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (Citrus Reticuata Var. Clementina)*.

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA

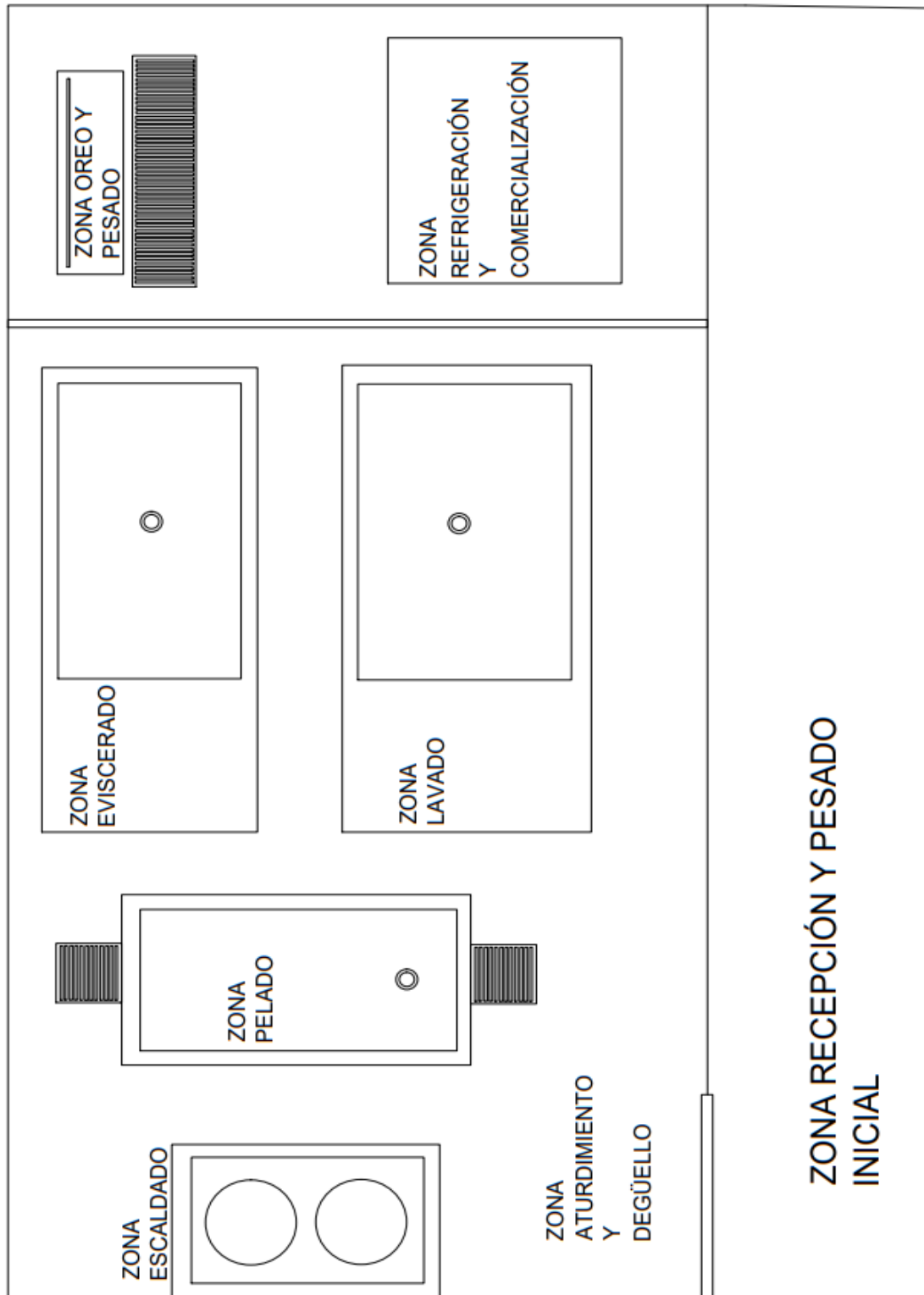
ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA	
Punto de muestreo	
Código de muestra	
Fecha y hora	
Tipo de muestra	<input type="checkbox"/> puntual <input type="checkbox"/> puesta
Reponsable de toma de muestra	

### ANEXO N° 2: REGISTRO DE PARÁMETROS IN-SITU DE AGUA RESIDUAL

REGISTRO DE PARÁMETROS IN-SITU DE AGUA RESIDUAL			
<b>IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO</b>			
<b>EFLUENTE</b>			
Denominación del punto de muestreo (efluente)			
<b>COORDENADAS U.T.M. (WGS84)</b>			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
CÓDIGO DE LA MUESTRA		ETAPA	
RESPONSABLE		ORIGEN DE LA MUESTRA	
FECHA		HORA	
<b>DATOS PRE-TRATAMIENTO</b>			
N° DE MUESTRAS			
<b>PARÁMETROS IN SITU</b>			
	<b>RESULTADO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	
pH			
Temperatura (C°)			



**ANEXO N° 5: ETAPAS REALIZADAS EN EL CAMAL DE CUYES –  
CHASQUITAMBO.**



**ANEXO N°6: ENSAYO DE LABORATORIO DE LA CARACTERIZACIÓN DE  
LA CASCARA DE COCO, BIOCARBÓN Y AGUA RESIDUAL DEL CAMAL  
DE CUYES DE CHASQUITAMBO PREVIO AL TRATAMIENTO.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**  
Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Yojaira Isabel Reyes Jiménez  
Procedencia de muestra : Camal de cuyes – Chasquitambo – Ancash.  
Recepción de muestra : Lima, 04 de Agosto del 2022

**Análisis inicial de agua residual del camal de cuyes**

Muestra	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido/base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV	Turbidez NTU
ARCC-I	25.00	7.60	1345	130	458

ARCC-I: Agua residual del camal de cuyes - inicial

Muestra	Oxígeno disuelto mg/l	Demanda Química de oxígeno(mg/l)	Demanda Bioquímica de oxígeno(mg/l)	Sólidos Totales mg/l	Sólidos Disueltos mg/l
ARCC-I	0.25	2066.7	834	1752	865

Muestra	Sólidos Suspendidos Totales mg/l	Rendimiento de la cascara de coco (%)	Coliformes totales UFC/100ml	Capacidad de adsorción mg/l
ARCC-I	887	31.336	772500	1.0101

Muestra	Humedad de biocarbón de cascara de coco %	Materia Volátil %	Ceniza %	Carbono Fijo %
PF- BC	3.41	35.95	2.21	61.84

PF- BC: Parámetros físicos del biocarbón de coco

Métodos Potenciometría, Método Winkler, Método Gravimétrico, Método: Nomas ASTM D 2216, Método: ASTM D 3175, Método: ASTM D 5142, ASTM D 3172, Método tubos múltiples – siembra en placas Petri, Espectrofotometría UV/V.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Parcial retenido (%)	% Acumulado	
				Retenido (+)	Pasa (-)
3/8"	9.50	0	0	0	0
1/4"	6.30	0	0	0	100
N°4	4.75	8	1.60	1.6	98.4
N°6	3.35	15	3.00	4.60	95.4
N°10	2.00	145	29.00	33.60	66.4
N°20	0.85	135	27.00	60.60	39.4
N°30	0.60	113	22.60	83.20	16.8
N°-30	0.60	84	16.80	100.00	0

Norma ASTM D 422

Lima, 12 Agosto del 2022



MSc. Atilio Mendoza  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)

**ANEXO N°7: ENSAYO DE LABORATORIO DEL AGUA RESIDUAL DEL  
CAMAL DE CUYES DE CHASQUITAMBO POS TRATAMIENTO.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Yojaira Isabel Reyes Jiménez  
Procedencia de muestra : Camal de cuyes – Chasquitambo – Ancash.  
Recepción de muestra : Lima, 15 de Agosto del 2022

Tratamiento del agua residual del camal de cuyes

Muestra	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez NTU
TARCC (T1-30)	23	7.56	1340	128.5	450.8
TARCC (T2-60)	23	7.48	1284	126.4	425.3
TARCC (T3-90)	23	7.44	1098	122.8	398.5
TARCC (T4-120)	23	7.40	987	120.9	364.3
TARCC (T5-150)	23	7.25	956	118.7	321.7
TARCC (T6-180)	23	7.18	874	116.4	284.6
TARCC (T7-210)	23	7.13	865	112.8	243.2
TARCC (T8-240)	23	7.08	848	108.2	196.7

Muestra	Sólidos Totales (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Sólidos Suspendidos totales	Oxígeno Disuelto (mg/l)
TARCC (T1-30)	1705.00	824.00	881.00	0.81
TARCC (T2-60)	1614.00	779.00	835.00	1.83
TARCC (T3-90)	1545.00	714.00	831.00	2.24
TARCC (T4-120)	1499.00	704.00	795.00	2.44
TARCC (T5-150)	1397.00	639.00	758.00	2.54
TARCC (T6-180)	1347.00	597.00	750.00	2.64
TARCC (T7-210)	1312.00	568.00	744.00	2.75
TARCC (T8-240)	1243.00	501.00	742.00	2.85

Método potenciométrico, Método gravimétrico, Método Winkler

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

Muestra	Análisis microbiológico UFC/ml	Demanda bioquímica de Oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda Química de Oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
TARCC (T1-30)	700,123	808.00	2000.17
TARCC (T2-60)	654,234	742.00	1966.38
TARCC (T3-90)	553,617	634.00	1898.81
TARCC (T4-120)	468,942	608.00	1770.42
TARCC (T5-150)	336,123	590.00	1452.83
TARCC (T6-180)	256,134	586.00	1351.47
TARCC (T7-210)	156,924	581.00	1297.41
TARCC (T8-240)	96,325	577.00	1236.59

Método Tubos múltiples – siembra en placas Petri, Método Winkler, Método del Dicromato – reflujó

Lima, 24 Agosto del 2022

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 –Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)