



**Universidad César Vallejo**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como  
adsorbente modificado para remover colorantes, Lima – Perú  
2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera Ambiental**

**AUTORAS:**

Paliza Leandro, Yennifer Lucero (orcid.org/0000-0002-9179-5405)

Palomino Laura, Lucero (orcid.org/0000-0001-7870-1876)

**ASESORA:**

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (orcid.org/0000-0002-9965-9678)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres Víctor Paliza y Juana Leandro quienes son el pilar de mi vida ya que gracias a ellos logre superar todos los obstáculos y alcanzar mi meta, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hermanos Lilibeth, Jhostin y Jamil por todo su apoyo incondicional y por confiar en mí, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr. A mis amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento y alegrías, estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

***Paliza Leandro Yennifer Lucero***

A mis padres Alejandro Palomino y Cerila Laura quienes son la razón y mi fuerza para salir adelante. A mi hermana Analy por siempre darme el apoyo incondicional e impulso en mi desarrollo personal y profesional. A mis hermanos y sobrinos por sus palabras y su compañía. A mi abuelita Catalina, aunque no esté físicamente con nosotros sé que desde el cielo me protege y me guía por el camino del bien. A mi novio por sus palabras de aliento y su confianza para alcanzar cada uno de mis objetivos. Finalmente, a todos mis familiares, docentes y amigos, quienes han contribuido en este arduo camino profesional, donde ahora con más certeza pretendo seguir y conseguir todos mis sueños con éxito.

***Palomino Laura Lucero***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, cumpliendo una de mis metas, por bríndame sabiduría y fuerza para seguir adelante durante el desarrollo de todo el trabajo.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por su amor, paciencia y por haberme acompañado en mi vida por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

En especial a mi hermano ángel, mi papito Ricardo Leandro y mi mamita Amanda Capcha desde el cielo me guían y me dan fortaleza para seguir adelante.

***Paliza Leandro Yennifer Lucero***

Agradezco a Dios por guiarme, ser mi amigo en mis momentos difíciles y permitirme vivir cada día al máximo. A mis padres Alejandro y Cerila por su amor inquebrantable, darme fuerzas y ayudarme a cruzar con firmeza el camino hacia el éxito brindándome su apoyo incondicional y lograr mis grandes metas.

***Palomino Laura Lucero***



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CABELLO TORRES RITA JAQUELINE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima - Perú 2023

", cuyos autores son PALIZA LEANDRO YENNIFER LUCERO, PALOMINO LAURA LUCERO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 15 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CABELLO TORRES RITA JAQUELINE <b>DNI:</b> 08947396 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9965-9678	Firmado electrónicamente por: RCABELLO15 el 15-12-2023 11:23:07

Código documento Trilce: TRI - 0697763





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, PALIZA LEANDRO YENNIFER LUCERO, PALOMINO LAURA LUCERO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima - Perú 2023

", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
PALIZA LEANDRO YENNIFER LUCERO <b>DNI:</b> 47482397 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9179-5405	Firmado electrónicamente por: PLEANDROY el 20-12-2023 16:40:19
PALOMINO LAURA LUCERO <b>DNI:</b> 73543796 <b>ORCID:</b> 0000-0001-7870-1876	Firmado electrónicamente por: PPALOMINOLA27 el 22-12-2023 20:24:44

Código documento Trilce: INV - 1561563



## Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de Tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de la investigación .....	25
3.1.2. Diseño de investigación .....	25
3.2. Variables y Operacionalización.....	26
3.3. Población, muestra y muestreo.....	26
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.5 Procedimientos .....	31
3.6. Método de análisis de datos.....	37
3.7. Aspectos éticos .....	38
IV. RESULTADOS .....	39
V. DISCUSIÓN.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS .....	71

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Evaluación de instrumentos por los expertos .....	28
<b>Tabla 2:</b> Equipos e instrumentos empleados en el procedimiento.....	29
<b>Tabla 3:</b> Factores y niveles del proceso experimental .....	37
<b>Tabla 4:</b> Matriz ortogonal L9 .....	37
<b>Tabla 5:</b> Características fisicoquímicas del carbón activado.....	39
<b>Tabla 6:</b> Matriz de distribución de unidades experimentales Taguchi.....	40
<b>Tabla 7:</b> Resultados obtenidos del proceso de adsorción para remover el colorante Rojo reactivo 195 .....	IV-40
<b>Tabla 8:</b> Factores de adsorción y porcentaje de remoción promedio de RR195 ..	41
<b>Tabla 9:</b> Matriz del diseño experimental S/N y respuesta .....	45
<b>Tabla 10:</b> Coeficientes estimados del modelo para relaciones S/N .....	46
<b>Tabla 11:</b> Relación SN .....	46
<b>Tabla 12:</b> Coeficientes estimados del modelo para medias.....	47
<b>Tabla 13:</b> Varianza de medias.....	47
<b>Tabla 14:</b> Datos para determinar Modelo de Pseudo primer orden .....	49
<b>Tabla 15:</b> Datos para determinar Modelo de Pseudo segundo orden.....	50

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Obtención del carbón activado .....	8
<b>Figura 2:</b> Estructura del carbón activado .....	9
<b>Figura 3:</b> Carbonización de la cáscara de quinua .....	10
<b>Figura 4:</b> (a) CA Granulado y (b) CA en Polvo .....	11
<b>Figura 5:</b> Diagrama de métodos de activación .....	13
<b>Figura 6:</b> Proceso de adsorción.....	15
<b>Figura 7:</b> Estructura química de algunos colorantes reactivos .....	21
<b>Figura 8:</b> Estructura química del colorante Rojo reactivo 195 .....	22
<b>Figura 9:</b> Mapa de ubicación del Distrito de San Salvador, Calca, Cusco.....	31
<b>Figura 10:</b> Recolección del material precursor .....	31
<b>Figura 11:</b> Diagrama del proceso de obtención del carbón activado.....	34
<b>Figura 12:</b> Diagrama del proceso de modificación del carbón activado (C.A.M.) .....	35
<b>Figura 13:</b> Influencia de las condiciones óptimas .....	42
<b>Figura 14:</b> Efecto del pH en la remoción de RR195 .....	42
<b>Figura 15:</b> Efecto de la dosis en la remoción de RR195 .....	43
<b>Figura 16:</b> Efecto del tiempo en la remoción de RR195 .....	44
<b>Figura 17:</b> Matriz del diseño experimental S/N y respuesta .....	45
<b>Figura 18:</b> Modelo de Langmuir.....	48
<b>Figura 19:</b> Modelo de Freundlich.....	48
<b>Figura 20:</b> Modelo de Pseudo primer orden .....	49
<b>Figura 21:</b> Modelo de Pseudo segundo orden .....	51



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó el uso del carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para la remoción del colorante Rojo reactivo 195 de una solución. Se tiene como objetivo evaluar el uso del carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para la remoción de colorantes. En el proceso de la activación se sumergió con  $H_3PO_4$  p/v durante 24 horas a temperatura ambiente y en su modificación se usó el EDTA al 60% sumergido por 24 horas. Se empleó el diseño experimental de Taguchi con la matriz ortogonal L9 de 4K factores con 3 niveles de variación, teniendo 9 unidades experimentales con 2 repeticiones cada tratamiento. Se obtuvo el resultado de la remoción máxima de 99.97% usando la dosis de 3.5 g de CAM con el pH 11 y con un tiempo de 120 minutos y donde se ajustó adecuadamente al proceso de adsorción con el Modelo de Freundlich y en la cinética se adecuaron mejor al modelo de Pseudo segundo orden. Los resultados obtenidos en este estudio abren nuevas oportunidades a la investigación con adsorbentes a partir de residuos agrícolas para el tratamiento de efluentes contaminados con colorantes.

**Palabras clave:** Carbón activado, adsorción, remoción, residuos agrícolas

## ABSTRACT

The present research work evaluated the use of activated carbon derived from quinoa peel as a modified adsorbent for the removal of the reactive Red 195 dye from a solution. The objective is to evaluate the use of activated carbon derived from quinoa peel as a modified adsorbent for the removal of dyes. In the activation process, it was immersed with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> w/v for 24 hours at room temperature and in its modification, 60% EDTA was used submerged for 24 hours. The Taguchi experimental design was used with the L<sub>9</sub> orthogonal matrix of 4K factors with 3 levels of variation, having 9 experimental units with 2 repetitions of each treatment. The result of the maximum removal of 99.97% was obtained using the dose of 3.5 g of CAM with pH 11 and with a time of 120 minutes and where it was adequately adjusted to the adsorption process with the Freundlich Model and the kinetics were adapted. better to the Pseudo second order model. The results obtained in this study open new opportunities for research with adsorbents from agricultural waste for the treatment of effluents contaminated with dyes.

**Keywords:** Activated carbon, adsorption, remov, agricultural residuals

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación del agua es un problema grave debido al crecimiento exponencial de las industrias; siendo uno de los principales problemas la contaminación por sus efluentes, que ha puesto en peligro las fuentes de agua potable a nivel mundial (Pandey et al., 2023). Esta situación es debido a que se vierten aguas sin tratar a diferentes cuerpos de agua (Pagalan et al., 2020).

Destacando los metales pesados, los colorantes, los contaminantes orgánicos y distintas sustancias tóxicas que existen en estas aguas residuales vertidas, llegando a ser un riesgo en la salud (Sangeetha et al., 2021).

Dentro de los factores más contaminantes del recurso agua se encuentran las industrias textiles que son reconocidas como tal por utilizar colorantes tóxicos en sus procesos de fabricación (Kishor et al., 2021). Estos contaminantes dañan el medio acuático mostrando su potencial toxicidad para estos organismos (Sharma et al., 2021). Todos los sectores de esta industria afectan significativamente la condición ambiental por sus extensas descargas combinadas con distintos colorantes; sus fases de producción llevan un orden largo y complicado, pero el teñido es el que más destaca ya que se utiliza en gran proporción para colorear las prendas (Hynes et al., 2020). Debido a que son tóxicos incluso en bajas concentraciones es sumamente importante su eliminación antes de su descarga (Sangeetha et al., 2021).

Existen una gama de métodos físicos, químicos y biológicos que presentan una capacidad de eliminación de colorantes pero cada uno tiene distintos mecanismos, limitaciones y condiciones para sus procedimientos; se considera a los métodos de intercambio de iones, coagulación-floculación y adsorción como alternativas amigables con el ambiente, que a su vez se han vuelto las más utilizadas debido a sus procedimientos operativos prácticos, adaptabilidad, bajo costo y buenos resultados finales (El-Gaayda et al., 2021). Destacando el método de adsorción como una de las tecnologías más utilizadas para la purificación de

agua debido a que es eficaz en su eliminación y más accesible en los costos (Xue et al., 2022).

En este método se presenta una buena acumulación de materiales en la superficie que se le conoce como acumulación de interface, cuando una sustancia es adsorbida en la superficie de otra se llama adsorbato; asimismo, cuando una sustancia tiene en su superficie lugar para la adsorción se llama adsorbente; su interfaz varía entre entre sólido, líquido y gas; sin embargo, en la adsorción se utiliza líquido con sólido ya que su uso radica principalmente para tratar aguas residuales y aguas en general (Xue et al., 2022).

Para una eliminación eficaz del colorante durante el proceso de adsorción tiene que ver mucho el adsorbente a emplear, demostrando el CA ser el material que más se utiliza para para remover el contaminante (Abril et al., 2022). Se refiere a una extensa serie de materiales con una alta área de superficie y porosidad que pasaron por carbonización; este compuesto tiene una mayor utilización en el ambiente y en la industria basada en su eliminación, en la separación, modificación y recuperación de diferentes compuestos en estado líquido y gaseoso (Heidarinejad et al., 2020).

Sus características dependen en su mayoría del proceso de elaboración y se obtiene mediante procedimientos químicos o físicos; en el cual ambos pasan por procesos de activación, en el físico se calienta el material a altas temperaturas rodeado por un gas estático para su activación en un ambiente oxidante caliente; mientras que en el químico se usa una solución fuerte de sal, base o ácido como punto de partida para sumergir la materia prima y posteriormente calentarlo , sin embargo es mejor el proceso de elaboración química en comparación con el físico, porque este produce un adsorbente mejorado a temperaturas bajas y de menor costo (Barjasteh-Askari et al., 2021).

Para mejorar la adsorción del CA en su rendimiento, estudios revelan que al ser modificado químicamente muestra una máxima capacidad respecto a su adsorción en el colorante (Sultana et al., 2022). Su modificación se hace con múltiples propósitos, de los cuales, aumentar la capacidad de sorción a través de la inserción de nanomateriales (Aremu et al., 2020). Sin embargo, según la naturaleza de los

carbones activados y los tipos de contaminantes que se adsorben, algunas técnicas de modificación pueden disminuir el rendimiento de algunos carbones activados (Azam et al., 2022).

Entre los métodos más empleados para tratar aguas residuales y que sean amigables con el medio ambiente, está la elaboración del carbón activado originado por los desechos vegetales (Ishak et al., 2022). Estos podrían ser una alternativa a la producción de ecoadsorbentes de menor costo empleados para la eliminación de contaminantes como los colorantes (Abril et al., 2022). Según Nayagam et al., (2022) los adsorbentes a base de cáscaras de desechos agrícolas son una nueva y mejor alternativa.

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es cultivada por lo menos hace 5000 años atrás, esta planta se consideraba como un alimento sagrado, además de ser empleada para usos medicinales (Basantes-Morales et al., 2019). Sus componentes fundamentales son la celulosa, hemicelulosa y lignina (Abril et al., 2022). Es una planta de la familia Chenopodiaceae que tiene origen en las regiones altoandinas de Sudamérica; los dos países que actualmente producen más este producto son Perú y Bolivia; tiene alrededor de 3000 variedades y 250 especies (Ronquillo et al., 2021). Contiene cantidades significativas de saponinas, carbohidratos, vitaminas, minerales y fibra (Olivera et al., 2022).

Esta investigación tiene por finalidad la obtención de carbón activado derivado de residuos agrícolas como la cáscara de quinua, debido a que sus componentes resultan ser una solución viable. Lo que se busca es su aprovechamiento y darle otro valor que no sea solo un desecho. Además, al obtener el carbón activado se logró la adsorción de colorantes contaminantes en el agua, por lo que se busca brindar una solución eficiente a distintas industrias que usan estos colorantes que descargan sus efluentes directamente a los cuerpos de agua provocando daños y afectando su calidad.

Por lo antes explicado se plantea el **Problema general**: ¿De qué manera se usa el carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado

para remover colorantes? Y cómo **problemas Específicos** tenemos, **(1)** ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del carbón activado de la cáscara de quinua para una remoción eficiente de colorantes?, **(2)** ¿Qué condiciones de operación del carbón activado de la cáscara de quinua logran una remoción eficiente de colorantes?, **(3)** ¿Cuáles son las propiedades cinéticas y de adsorción del carbón activado modificado de la cáscara de quinua que logra una remoción eficiente de colorantes?

Por ello en base a la anterior información, el siguiente estudio se justifica en diferentes ámbitos, como la **justificación teórica** que permitió recopilar datos sobre carbón activado de los residuos de la cáscara de quinua respecto a la adsorción de los colorantes. Estos antecedentes de investigación se utilizaron para aplicaciones con otros tipos de contaminantes en el futuro. En la **justificación técnica** se optó por una metodología de experimentación para obtener el carbón activado hecho con la cáscara de quinua para la expulsión de colorantes encontrados en el agua. Los resultados obtenidos fueron de gran utilidad ya que nos sirvió como una herramienta educativa y para la toma de decisiones en beneficio y mejorar la calidad del agua. Respecto a la **justificación económica**, fue posible reutilizar los desechos de la cáscara de quinua sin ningún costo adicional. Cuando el carbón activado se prepara a partir de este material resulta práctico y rentable para el uso del tratamiento de las aguas contaminadas. En la justificación social, ayudará a resolver dudas sobre investigaciones en base a la contaminación del agua con colorantes y la aplicación de tecnologías para su remediación, sobre todo resaltando el uso de residuos agrícolas para investigaciones futuras.

Por lo antes explicado se plantea el **Problema general**: ¿De qué manera se usa el carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes? y como **problemas Específicos** tenemos, **(1)** ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del carbón activado de la cáscara de quinua para una remoción eficiente de colorantes?, **(2)** ¿Qué condiciones de operación del carbón activado de la cáscara de quinua logran una remoción eficiente de colorantes?, **(3)** ¿Cuáles son las propiedades cinéticas y de adsorción del carbón

activado modificado de la cáscara de quinua que logra una remoción eficiente de colorantes?

Por lo tanto, se plantea el **Objetivo general**: Evaluar el uso del carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para la remoción de colorantes y el **Objetivo específicos** (1) Determinar las características fisicoquímicas del carbón activado derivado de la cáscara de quinua para la remoción eficiente de colorantes, (2) Determinar las condiciones de operación del carbón activado modificado derivado de la cáscara de quinua para la remoción eficiente de colorantes, (3) Hallar las propiedades cinéticas y de adsorción del carbón activado modificado de la cáscara de quinua para una remoción eficiente de colorantes.

Asimismo, el estudio se llevará a cabo la siguiente **Hipótesis general**: Dado que existen estudios sobre la utilización de residuos agrícolas vegetales como alternativa de remoción de colorantes. El uso de carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado remueve significativamente los colorantes y como **Hipótesis específicos** (1) Existen ciertas características fisicoquímicas del carbón activado derivado de la cáscara de quinua para la remoción eficiente de colorantes, (2) Existen ciertas condiciones de operación del carbón activado modificado derivado de la cáscara de quinua para la remoción eficiente de colorantes, (3) Las propiedades cinéticas y de adsorción del carbón activado modificado de la cáscara de quinua logran una remoción eficiente de colorante.

## II. MARCO TEÓRICO

**Chijioke et al., (2020)** eliminación de colorantes aniónicos como el verde bromocresol mediante la adsorción; se usó la cáscara de arroz como carbón activado, sus resultados indican que hay mayor porcentaje en la adsorción del colorante utilizado para la prueba. Alcanzando un porcentaje máximo de adsorción de aproximadamente el 93%, su tratamiento de adsorción se utilizó el modelo de isotermas de Langmuir.

**Goswami et al., (2022)** evaluó la utilización del carbón activado (AC) de la cáscara de arroz y con surfactante aniónico, utilizando una solución de colorante modelado para eliminar el colorante catiónico cristal violeta (CV), se estudiaron experimentos de regeneración y los datos del resultado se ajustaron mejor al pseudo segundo orden, esto cuando se opera en condiciones ideales, como pH = 6, temperatura = 318 K, dosis de adsorbente = 100 mg/L y concentración del colorante = 30–60 mg/L.

**Kuang et al., (2020)** se realizó el carbón activado que se llegó a modificar con tres tensioactivos en una solución que tiene sustancia disueltas, aplicándose en la adsorción mejorada del tinte azul de metileno (MB), donde se obtuvo como resultados que el CA modificada fue eficiente para adsorber el colorante MB tanto en el agua modificada como en agua normal, el cual se verificó que el rendimiento de la adsorción del tinte modificado con el tensioactivo aniónico mejoró notablemente, por lo tanto el rendimiento de la adsorción del tinte modificado con tensioactivo catiónico disminuyó.

**Jabbar et al., (2022)** determinó el carbón activado elaborado con el polvo de hoja de palmera datilera (ACDPF) como opción para la remoción del colorante aniónico de eosina de la solución acuosa, teniendo como resultados los parámetros óptimos para dosis de 1 punto 25 g/L, con la concentración del colorante de 20 mg/L y el tiempo de adsorción de 6 h. Los datos de adsorción en equilibrio se demostró tener mejor resultado con la isoterma de Freundlich y el colorante EY, se adhirió al ACDPF utilizando la cinética de pseudo segundo orden, por el cual se llegó a la adsorción máxima 217 mg/g y el CA tratado con (ACDPF-2) donde se logró tener



la eficiencia de expulsión del 99,78 % y el CA no tratado (ACDPF-1) se llegó al 98,5 %.

**He et al., (2023)** realizaron el carbón activado (BAC) con la cáscara de los brotes de bambú y  $K_2FeO_4$  para la eliminación del colorante azul de metileno en las aguas de tintura mediante sus propiedades fisicoquímicas y de su adsorción incluyendo fisisorción y quimisorción. Se confirmó que la adsorción de colorante correspondía al modelo de pseudo-segundo mediante la cinética y el termodinámico demostró que el desarrollo de adsorción era endotérmico y que la temperatura aumentó su característica de su adsorción. El resultado fue que la eliminación de MB se logró el 63,5% luego de tres ciclos esto permite la purificación de las aguas residuales de tintura.

**Mariah et al., (2023)** Empleó el carbón activado elaborado del residuo de té usando ácido sulfúrico para la activar en distintas concentraciones (5%, 10%, 20% y 30%) el residuo de té se secó durante 24 h con  $105\text{ }^\circ\text{C}$  y se molió periodo 5 min y en su caracterización se usó el difractómetro de rayos X y se usó Microscopio Electrónico de Barrido para la caracterización el carbón. Se demostró que la concentración de ácido sulfúrico al 30 % del carbón origina una excelente absorción para eliminar contaminantes.

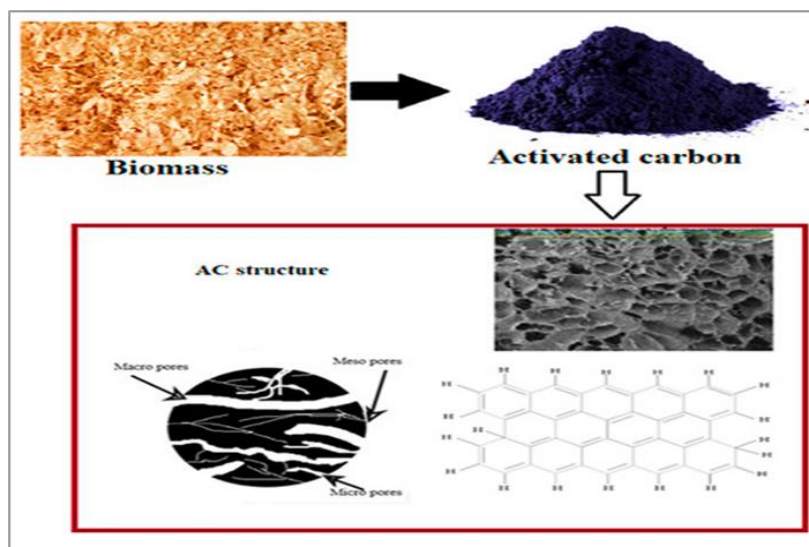
**Damdib et al., (2022)** Emplearon el carbón activado con la cáscara de nuez de macadamia (MNSC) para remover el colorante negro reactivo (RB5) el cual se carbonizó la cascara sin la activación química con la temperatura de  $850\text{ }^\circ\text{C}$  en ese sentido se realizó en cuadro sus muestras distintas, donde se reveló una alta eficacia de eliminación de (RB5) con un volumen de adsorción máxima de 123,51 mg/g. En su experimentación se aplicó por lotes y usando una cinética del modelo de pseudo primer orden y demostrando una eficiente para degradar el RB5 y la eliminación prevaleció el 90 % luego de dos ciclos de regeneración.

**Rosli et al., (2023)** realizaron el carbón activado de cáscara de la piña donde mostraron la capacidad de adsorción en los colorantes rojo de metilo y azul de metileno obteniendo como resultado una alta porosidad donde realizaron el desarrollo de pirólisis de dos etapas, la carbonización y gasificación de dióxido de

carbón de esta manera se obtuvo una eficaz adsorción en estos colorantes y teniendo la ventaja para el ahorro de los costos de eliminación de ellos.

Después de revisar diversos artículos que están asociados con la realización del estudio realizado, es importante considerar añadir conceptos fundamentales como las **teorías vinculadas** respecto a las absorciones de los colorantes incluyendo el carbón activado modificado.

**Carbón Activado** se determina principalmente por tener el material carbonoso negro, poroso y sólido donde su área es superficial alta, tiene una distribución aceptable en el tamaño de sus poros (Gao et al., 2020). El CA elaborado a partir de los residuos agrícolas y de la biomasa ha llamado mucho la atención debido a su enorme potencial, diversos métodos de producción y la diversidad y disponibilidad de los materiales utilizados (Abuelnoor et al., 2021). Este material se basa en varias materias primas que primero deben activarse para ser CA (Abuelnoor et al., 2021)

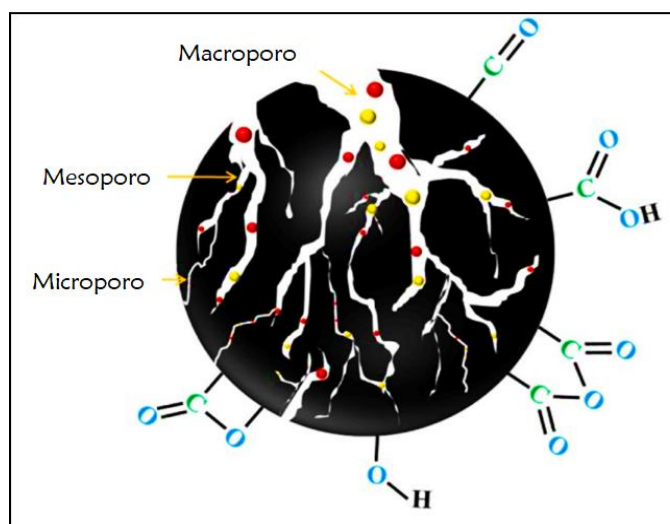


**Figura 1:** Obtención del carbón activado

*Moosavi et al., (2020)*

**Estructura del carbón activado** es inerte con condiciones básicas y ácidas, además en sus propiedades químicas y su distribución en su tamaño en los poros en su superficie se pueden con la aplicación usada, el material poroso del carbón constituye la mayoría en los materiales de soporte para la elaboración de

catalizadores heterogéneos (Iwanow et al., 2020). Su forma física del carbón activado suele ser de polvo esponjoso con una baja densidad esto se debe por su naturaleza porosa (Tang et al., 2020). Estos carbones activados contienen microporos, mesoporos y macroporos desarrollados en su estructura con diversos grupos funcionales superficiales (Sultana et al., 2022).



**Figura 2:** Estructura del carbón activado

**Fuente:** (Sultana et al., 2022)

Los parámetros en el carbón activado se deben tener en cuenta en su dureza y la densidad estos son los más importante en la activación del carbón donde dicha relación incluye la temperatura, el orden de impregnación la presión y sobre todo el método de activación (Jjagwe et al., 2021).

**La carbonización** se entiende como la desintegración térmica del material carbonoso, a través de las temperaturas inferiores a 800 °C en un lugar inerte de esa manera descartar especies que no pertenezca al carbón, durante este proceso el oxígeno se descarta para prevenir la oxidación de la biomasa y evitar la formación de gases (Jjagwe et al., 2021). A la carbonización también se le reconoce como pirolisis tradicional debido al proceso más usado para la elaboración del biocarbón por su alta eficacia, acción simple gran rendimiento (Ungureanu et al., 2023)

**Pirolisis** es conocido como el método que produce biocarbon, carbón y bioaceite a partir de las diversas biomásas debido que comprende por sus altas temperaturas

(Sekar et al., 2021). Este es el procedimiento térmico a través de una atmósfera inerte que tiene capacidad de originar carbón sólido, gases combustibles, bioaceite y su rango es 600-1000 C° de temperatura (Saini et al., 2021).

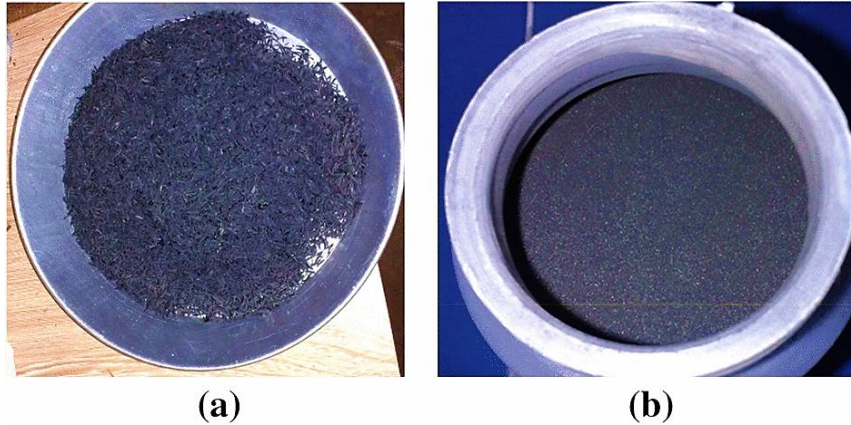


**Figura 3:** Carbonización de la cáscara de quinua

**Fuente:** Elaboración propia

**Carbón activo Granular** se trata de la superficie química complicada y dinámica conocida por tener alta capacidad de adsorción, gran parte tiene una repartición de tamaño en el poro con una composición de microporos y mesoporos (Bury et al., 2021). Además, sus cambios en sus propiedades de la superficie en la base o parte del ácido pueden afectar la adsorción posteriormente en el proceso de regeneración, donde puede ser perjudicial o beneficioso para la expulsión del contaminante (Larasati et al., 2020).

**Carbón activo Pulverizado** es un adsorbente donde sus propiedades permiten una rápida adsorción en los contaminantes que tienen pequeñas moléculas (Partlan et al., 2020). Se usa en gran parte para los tratamientos del agua potable para los diferentes contaminantes debido a su alta eficiencia y donde se obtiene el resultado sostenible para el saneamiento del agua (Arenas et al., 2021).



**Figura 4:** (a) CA Granulado y (b) CA en Polvo

**Fuente:** Kheddo et al., (2020)

**Porosidad** es cuando depende de la temperatura usada, la composición del precursor y la selección del agente activador que pueden resultar ventajoso en aplicaciones de alta presión o cambio de presión (Blankenship et al., 2022). Una porosidad desarrollada es ventajosa para su uso como soportes catalizadores para lograr un impuesto de partículas metálicas dispersas en la superficie (Iwanow et al., 2020).

**Ceniza** del carbón está clasificado como residuo sólido y no es peligroso esto se forma durante la combustión del carbón, donde se atraen mediante los gases de combustión mediante la precipitación mecánica o electrostática y la utilización de esto se ha transformado en una cuestión muy importante (Lo et al., 2021).

**Densidad** se utiliza para calcular diversos parámetros relacionados con el mecanismo de absorción de energía, lo que garantiza una mayor precisión y eficiencia (Khajavian et al., 2023). Asimismo, la densidad alcanza una baja energía por su enorme microporosidad y la estructura del carbono dan como resultado una difusión de iones de largo recorrido, una resistencia iónica relativamente alta y una baja conductividad electrónica (Gopalakrishnan et al., 2020).

**Humedad** tiene el aspecto de vapor de agua, lo que puede reducir ciertas condiciones, esto es complejo porque puede mejorar o inhibir la absorción bajo ciertas condiciones y las bajas niveles de concentraciones asociadas con la

penetración del vapor siguen siendo limitadas y dependen en gran medida de sus propiedades químicas (Xie et al., 2023).

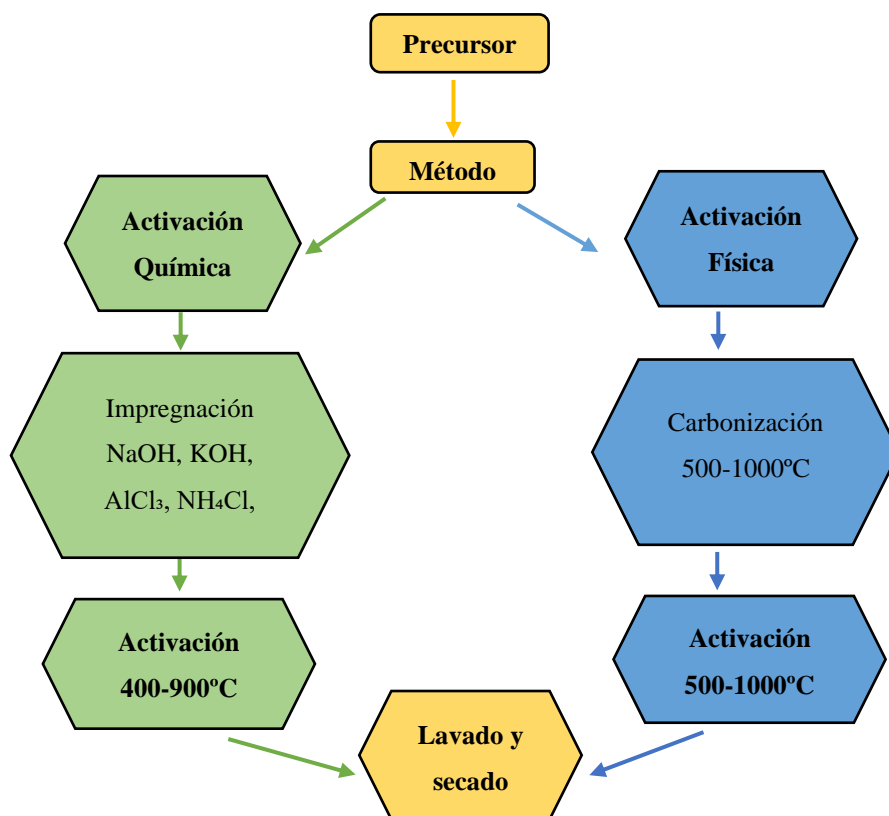
**Potencial de hidrógeno** se refiere a la capacidad de sorción y la conducta de esparcimiento en el carbón donde se va convertir en el almacenamiento (Liu et al, 2023). La preparación de hidrógeno se puede descarbonizar por distintas representaciones de producción, la magnitud de emisión de CO<sub>2</sub> y el nivel de la producción tecnológica (Rosa et al., 2022).

**Métodos de activación del carbón activado** para las activaciones se utilizan precursores de materia prima seca que se carbonizan a altas temperaturas y luego se activan mediante varios métodos de activación para lograr porosidad y estructura, activando así pequeños huecos sólidos en el carbón activado resultante; los poros formados por el carbono se pueden llamar macroporos >25nm, 1nm<lt; Mesoporos < 25 nm y microporos < 1 nm (Husien et at.,2022) .

**Activación física** es un método usado para sintetizar el carbón activado porosos, tiene un impacto ambiental menor que la activación química, ya que los procesos de activación química utilizan dióxido de carbono, agua o aire y un activador en lugar de un exceso de reactivos químicos (Abuelnoor et at.,2021). Este es el proceso de dos pasos en donde el precursor se carboniza por 400 - 900°C en una atmósfera inerte para acrecentar la capacidad del carbono, luego la muestra se exhibe a un gas oxidante entre 350 -1000 °C para desarrollar poros (Blankenship et al., 2022)

**Activación química** es considerada como el método más adelantado para la elaboración del CA por el cual posee un óptimo rendimiento en ellos el agente activante desempeñan un papel crucial en la formación de poros o superficies, llamada “oxidación húmeda”, el cual es un proceso de una sola etapa durante la carbonización y activación (Gao et at.,2020), el precursor del carbono se combina con un agente activador y después se piroliza a 450 - 900 °C , donde tiene la ventaja en la elaboración de carbones porosos para el almacenamiento de moléculas de gas pequeñas, el cual dan como efecto los carbones de área superficial alta donde

su porosidad se encuentra especialmente en la región de los microporos (Blankenship et al., 2022).



**Figura 5:** Diagrama de métodos de activación

**Fuente:** García et al., (2019)

**Modificación del carbón activado** permiten mejorar las propiedades que se encuentra en el carbón esto va a depender del material de partida o en el método de preparación usado, se pueden realizar diferentes procedimientos de modificación sobre la superficie del carbón activado dependiendo del uso futuro del material (Bushra et al., 2021).

**Modificación química del carbón activado** este proceso incrementa las propiedades presentes, dando una cooperación entre los grupos funcionales superficiales y los materiales modificados del carbón activado y mejora la capacidad de adsorción de los tintes y los metales (Sultana et al., 2022). Origina sitios de unión activos (grupos funcionales) en la superficie donde podrán detener los colorantes de una manera segura en circunstancias adecuadas como adsorbente de menor

costo para su tratamiento en el colorante y la elaboración del carbón activado (Bushra et al., 2021).

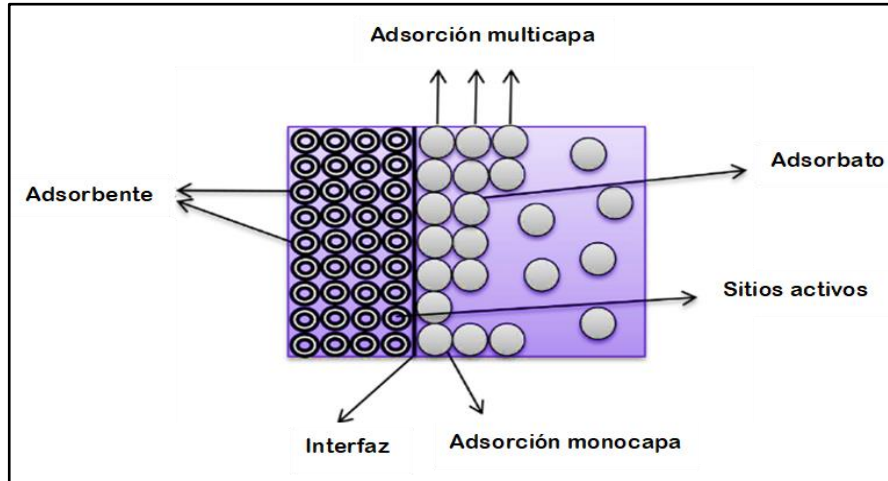
**Modificación física del carbón activado** este método puede mejorar las propiedades físicas aumentando el volumen y el área de superficie de ello y eliminar tintes e iones de metales pesados en soluciones acuosas calentando térmicamente el carbón activado (Sultana et al., 2022).

**Modificación biológica del carbón activado** este es un método prometedor por la biodegradación simultáneas y mejorar el rendimiento de adsorción con el propósito de quitar el contaminante de las aguas residuales por el cual la detención de microorganismos en CA se convierte a los contaminantes orgánicos en CO<sub>2</sub> y productos de desecho (Sultana et al., 2022).

**Adsorción**, consiste en eliminar contaminantes de los cuerpos de agua y efluentes residuales, el cual se realiza mediante un método de tratamiento físico-químico y aunque la técnica utilizada depende del tipo de contaminantes, se prefiere la adsorción porque es simple de usar, rentable y elimina contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos (Sadiq et al., 2021). Como resultado, se han utilizado muchos materiales derivados de diferentes adsorbentes agrícolas como las cáscaras; la biomasa es esencial para procesos de adsorción sostenibles para sustancias peligrosas, incluidos metales y compuestos orgánicos tóxicos, asimismo tiene muchas ventajas sobre los materiales convencionales porque es mucho más barata, abundante y eficaz para adsorber contaminantes (Amalina et al., 2022).

**Proceso de adsorción** se describe como la transferencia de masa de sustancias (adsorbatos) desde la fase gaseosa o líquida hasta la formación de una monocapa superficial sobre la fase sólida o líquida condensada (sustrato, adsorbente), lo que significa que uno o más componentes son atraídos y unidos a la superficie cuando interactúan con la superficie sólida (Rápó et al., 2021); donde las moléculas que se va a adsorber se concentran en la superficie conocida como adsorbente, y adsorbato es la superficie sobre la que se acumulan las moléculas (Aryee et al., 2019).





**Figura 6:** Proceso de adsorción

**Fuente:** Soliman et al., (2020)

**Parámetros que afectan durante el proceso de adsorción** hay diversos factores fundamentales que interceden en el procedimiento de la adsorción de los colorantes, en diversos tipos de adsorbentes como son la concentración inicial del tinte, dosis de adsorbente, el tiempo de contacto, el valor de pH y la temperatura, este proceso generalmente suele continuar hasta que la adsorción logre alcanzar el equilibrio (Naushad et al., 2019)

**Dosis del adsorbente** es un factor clave para determinar qué tan bien funcionan los adsorbentes procedentes de desechos agrícolas (Soliman et al., 2020). Moradi et al., 2021 consideran que las variaciones en la dosis y el aumento de la masa de adsorbente conducen a diferentes niveles de eliminación de colorante; una dosis específica de adsorbente puede adsorber una cantidad específica de efluente, y cuando la eliminación aumenta hasta cierto límite, permanece casi constante, es por eso que la velocidad del proceso puede aumentar ocasionalmente con una mayor cantidad de adsorbente, dependiendo del tipo de adsorbente.

**pH** el valor de su solución afectará el grado de ionización de las partículas de los adsorbentes y las propiedades de la superficie de los adsorbentes, lo que lo convierte en los elementos más demostrativos que establece la capacidad de adsorción del adsorbente (Al-Gheethi et al., 2022). El procedimiento de adsorción

del tinte depende de varios factores, incluido el valor del pH; las superficies adsorbentes tienen cantidades de sitios activos y la absorción de iones colorantes puede estar relacionada con estos sitios y las cargas de los iones colorantes; a medida que el pH se reduce, la carga superficial se vuelve casi positiva, por lo que los iones H<sup>+</sup> compiten con las moléculas de tinte catiónico, lo que resulta en una reducción de la adsorción del tinte (Moradi et al., 2021).

**Concentración del colorante** es probablemente una de las variables de mayor importancia que afecta el proceso de adsorción porque modifica del recurso en su superficie del adsorbente, lo que a su vez influye en la eficacia de la eliminación de tinte (Azari et al., 2020).

**Temperatura** este parámetro tiene un impacto importante en la eficiencia de adsorción de un adsorbente ya que este parámetro necesita de la solución del adsorbato (Uddin et al., 2021). La mayoría de las veces, cuando aumenta la temperatura, disminuye la solubilidad del tinte y aumenta la adsorción, es decir, la capacidad adsorbente incrementa la temperatura, esta evidencia puede interpretarse como un signo de adsorción química porque muestra que a temperaturas más altas incrementa la movilidad en las moléculas, por lo tanto, aumenta también su capacidad de adsorción (Tee et al., 2022).

**Tiempo de contacto** debido a que el objetivo es lograr la mayor eficiencia de adsorción en el menor tiempo posible, para alcanzar el equilibrio entre el adsorbente y los sistemas adsorbidos el tiempo de contacto determina el desempeño del adsorbente y la favorabilidad del proceso en curso; por esta razón, el tiempo necesario para que un adsorbente alcance el equilibrio es crucial para la selección del adsorbente (Mittal et al., 2021).

**Capacidad de adsorción** en su máxima capacidad corresponde a dos mecanismos de proceso que es el intercambio iónico y la adsorción, donde se puede verse intervenido por muchos factores (Osagie et al., 2021). En primer lugar, las propiedades del adsorbente y del adsorbato se ve directamente afectado por el rendimiento, en segundo lugar, las condiciones experimentales dependen de la

eficacia del tratamiento, así como el pH, la temperatura, la fuerza iónica y por último la concentración del adsorbente, etc (Zhou et al., 2019).

Yadav et al., (2022) consideran que la capacidad de adsorción en (mg/g) y el porcentaje de la eliminación del colorante se evalúan a partir de las ecuaciones:

$$qt = \frac{C_0 - C_e}{W} * V \quad (1)$$

Porcentaje de eliminación:

$$(\%) = \frac{C_0 - C_e}{W} * 100 \quad (2)$$

Donde C<sub>0</sub> y C<sub>e</sub> son la cantidad de concentración inicial y concentración de equilibrio del colorante (mg). Asimismo, V y W son la solución del volumen de colorante (litros) y la cantidad de adsorbente (g), respectivamente.

**Cinética de adsorción** se utiliza para medir la tasa de adsorción en función del tiempo a presión o concentración constante, asimismo para aplicar la difusión del material adsorbido en los poros; además determina todo el mecanismo del procedimiento de sorción, que incluye el control de la difusión, el índice de adsorción, y la transferencia de masa, la cinética de reacción puede ser de primer y segundo orden dependiendo de la velocidad de adsorción (Wang et al., 2020).

Ecuación de pseudo-primer orden:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \quad (3)$$

En el cual q<sub>e</sub> y q<sub>t</sub> son la cantidad de colorante adsorbido medidos en (mg/g) en el tiempo y equilibrio t (min), y k<sub>1</sub> representa a la constante de la velocidad en la ecuación de pseudo primer orden (/min).

Ecuación de pseudo-segundo orden:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t)^2 \quad (4)$$

Donde,  $q_e$  y  $q_t$  (mg/g) representan a la cantidad de adsorción medidos en el tiempo y equilibrio  $t$  (min), correspondientemente; asimismo  $k_1$  (g/mg min) equivale a la constante de velocidad en la adsorción de la ecuación de pseudo-segundo orden.

**Isoterma de Adsorción** representa la relación funcional que existe entre la concentración a temperatura constante y la cantidad de adsorbato en la superficie de un adsorbente carbonoso; sin embargo, se utiliza para predecir la cantidad adsorbida de un tinte utilizando un adsorbente de carbono establecido y para comparar los datos de equilibrio experimentales (Lan et al., 2022).

**Modelo de Langmuir** muestra que es constante la energía de adsorción, independientemente de la cobertura que existe en la superficie; la máxima adsorción se observa cuando una sola capa de moléculas de tinte cubre la superficie de adsorción y éste ocurre solo en los sitios ubicados en la superficie y no en otros adsorbatos (Jawad et al., 2021), la hipótesis de este modelo ignora las interacciones entre las moléculas adsorbidas, y cada poro de adsorción o sitio activo solo puede aceptar una molécula (Majd et al., 2022).

Se representa por la siguiente ecuación:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{qmKL} + \frac{C_e}{qm} \quad (5)$$

Donde  $C_e$  equivale a la concentración de equilibrio del adsorbato medido en (mg/L),  $q_e$  simboliza a la capacidad de absorción en equilibrio en (mg/g),  $qm$  es la

capacidad máxima de adsorción en (mg/g) y  $K_L$  es la constante de equilibrio de adsorción en (L/mg).

**Modelo de Freundlich** describe la diversidad superficial de la distribución exponencial del sitio activo y la energía del sitio activo, así como el procedimiento reversible de adsorción y no ideal a comparación del modelo de Langmuir, el modelo de Freundlich no se limita a la formación de capas individuales, sino que también puede aplicarse o adaptarse a una adsorción multicapa (Al-ghouti et al., 2020). En general, se puede utilizar para estudiar en detalle las propiedades de adsorción de especies o componentes orgánicos que interactúan fuertemente en aquellos materiales que cuentan con una superficie específica y estructuras de poros bien desarrolladas, como el carbón activado (Wang et al., 2020). Sin embargo, este modelo no es adecuado para datos de adsorción extensos tiene formas de ecuación tanto lineal como no lineal, y sus parámetros se pueden encontrar trazando  $\log q_e$  frente a  $\log C_e$ , lo que resulta una línea recta con pendiente  $1/n$  y  $\log(KF)$  como intersección (Bushra et al., 2021).

Ecuación de la isoterma de Freundlich Lineal:

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (6)$$

Ecuación de la isoterma de Freundlich No lineal:

$$q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \quad (7)$$

Donde  $q_e$  representa a la capacidad de adsorción en equilibrio medido en (mg/g),  $C_e$  equivale a la concentración de equilibrio del adsorbato (mg/L),  $n$  es la constante de adsorción, representa la fuerza de adsorción,  $K_f$  es la constante de capacidad de adsorción del adsorbente en relación con la capacidad de adsorción medido en (mmol/g)

**Diseño Taguchi** se trata de una herramienta de optimización que brinda un método simple, eficaz y estructurado que sirve para mejorar diseños en condiciones de rendimiento, calidad y costo (Yusuff et al., 2021). Su aplicación al desarrollo del proceso de adsorción no solo reduce el tiempo, reactivos y repeticiones experimentales, sino que también reduce la variabilidad del proceso (Patra et al., 2021).

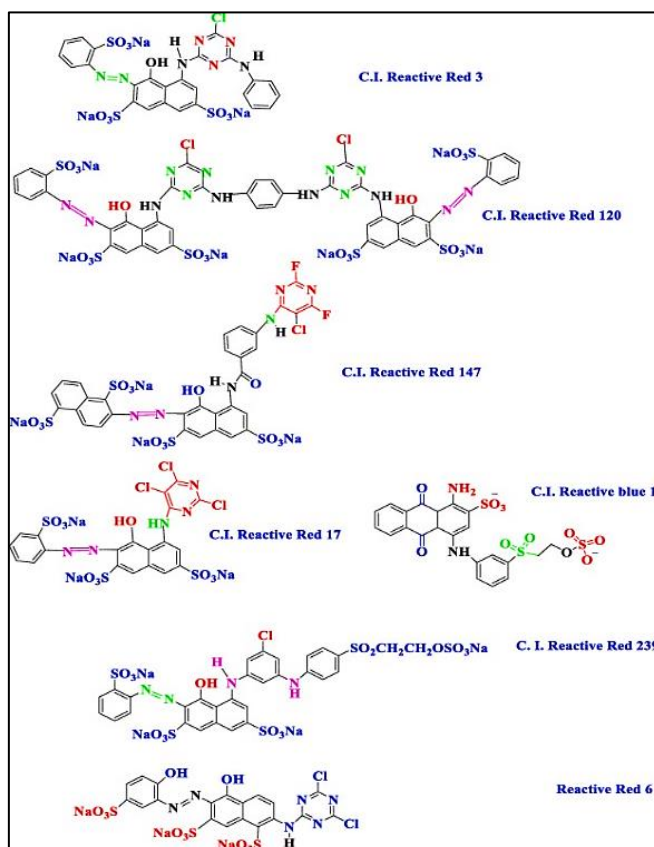
**Matriz ortogonal de Taguchi L9 (3<sup>4</sup>)** este es uno de los métodos más efectivos de optimización de condiciones multivariadas para obtener la mejor respuesta bajo las condiciones de remoción estudiadas, desarrolla procedimientos experimentales que permiten la evaluación independiente de factores con un número reducido de ensayos (Maazinejad et al., 2020). Por ejemplo, Canales et al., (2020) utilizaron el enfoque de diseño de Taguchi para optimizar la adsorción de colorante azul de metileno elaborado a partir de carbón activado de residuos agrícolas en el cual utilizó un diseño de matriz ortogonal L9 con cuatro factores de control para maximizar el rendimiento del carbón activado.

**Industria textil** es considerada como uno de los mayores contribuyentes al crecimiento económico y la industria más contaminante, con el importante crecimiento de la industria textil a nivel mundial, se consume una gran cantidad de agua durante la producción de textiles, especialmente durante el proceso de teñido y estampado (Behera et al., 2021).

**Efluente de la industria textil** las aguas residuales generadas por esta industria suponen una enorme amenaza para el medio ambiente, particularmente en países que son más desarrollados, ya que contaminan las vías fluviales y, por lo tanto, limitan el suministro de agua potable (Adane et al., 2021). La contaminación provocada por la industria de estampación y teñido de textiles no puede mantenerse oculta porque las aguas residuales vertidas son de color oscuro y permanecen debido a la mala biodegradación de estos tintes (Azanaw et al., 2022). Los tintes que a veces se utilizan no son muy tóxicos ni cancerígenos porque este tipo de tintes han sido descatalogados; sin embargo, algunos de estos tintes tienen cierto grado de toxicidad y sus productos de descomposición pueden ser más dañinos

que el tinte mismo debido a la formación de compuestos tóxicos (Hassan et al., 2021).

**Colorantes** se trata de sustancias capaces de transferir color a otros sustratos, puede utilizarse principalmente solos o también mezclados con otro tipo de ingredientes son muy utilizados en incontables industrias como la del plástico, la imprenta, la fotografía, la confección, la pintura y la cerámica (Elgarahy et al., 2021). En cuanto a los tipos de colorantes, se pueden clasificar según sus criterios, que corresponden a la forma de aplicación del cromóforo y su función, propiedades y estructura (Benkhaya et al., 2020).

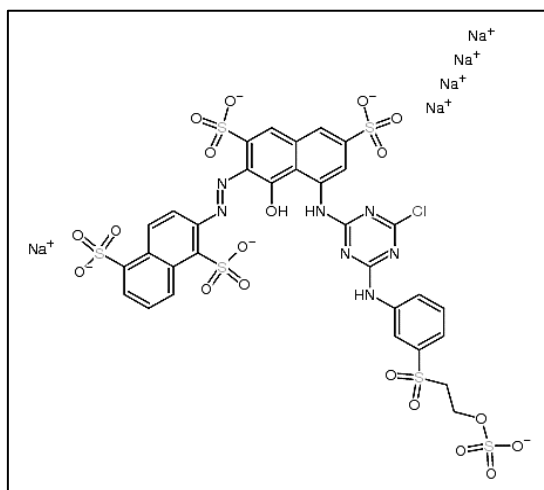


**Figura 7:** Estructura química de algunos colorantes reactivos

**Fuente:** Benkhaya et al., (2020)

Los reactivos como el Rojo Reactivo 195 (RR195) son ejemplos de colorantes sintéticos que se usan en la industria textil para teñir las fibras y son destinados como efluentes durante su uso. Estas sustancias se descomponen en medio

acuoso y producen una variedad de aminas aromáticas carcinogénicas, además de alterar la actividad fotosintética acuática (Munagapati et al., 2022).



**Figura 8:** Estructura química del colorante Rojo reactivo 195

**Fuente:** Benkhaya et al., (2020)

**Toxicidad de los colorantes en el medio ambiente** los tintes textiles son los principales contaminantes a través mundo, pero en la gran parte de países en desarrollo, la descarga ambiental de aguas residuales textiles es común, el agua contaminada de la industria textil puede contener diversos componentes tóxicos, lo que hace que las personas sean susceptibles a diversas enfermedades (Teo et al., 2022). Asimismo, junto con una variedad de contaminantes industriales, son altamente tóxicos y se han relacionado con la contaminación ambiental y enfermedades mortales en animales, estos a su vez pueden ser potencialmente cancerígenos, particularmente las formas azo y nitro de los tintes, cuyos efectos pueden sentirse con el tiempo (Qamar et al., 2020).

**Efectos sobre cuerpos receptores de agua** la presencia de estas aguas residuales coloreadas provoca que se reduzca la introducción de luz en los cuerpos de agua natural; asimismo impide que crezca la biota, atrasa la actividad fotosintética y provoca microtoxicidad al formar enlaces entre diferentes iones metálicos. Estos, a su vez, tienen un impacto negativo en la vida acuática y en los humanos debido a sus redes alimentarias interconectadas (Benjelloun et al., 2021). Por ello, si los tintes de las aguas residuales textiles no se eliminan ni se tratan,



pueden causar graves problemas y comprometer la calidad del medio acuático receptor (Sharma et al., 2021).

**Efectos nocivos para la salud humana** en algunos problemas en la salud se asocia con la contaminación del agua incluyen trastornos renales, hepáticos, reproductivos, cerebrales y del sistema nervioso central, mutagénesis, rotura cromosómica, toxicidad respiratoria, irritación y dermatitis de la piel, eczema y formación de úlceras, picazón, lagrimeo y síntomas de asma (Al-tohamy et al., 2022).

**Residuos agrícolas** debido a que en su mayoría resultan ricos en carbono, son materias primas ideales para el desarrollo de carbón activado y su uso tal para la producción de adsorbentes no sólo aumenta su valor, sino que también desaparece el problema de la eliminación de residuos; por ello, se han utilizado adsorbentes de carbón activado hecho a base de desechos o subproductos agrícolas que sirven para eliminar diversos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales (Lewoyehu et al., 2021).

**Quinoa** (*Chenopodium quinoa* Willd) es extraído a través de las culturas andinas, el consumo, así como su producción han crecido significativamente en los últimos años, debido a su resistencia a las duras temperaturas ambientales, así como a sus beneficiosas cualidades nutricionales y funcionales, la quinoa ha sido denominada "uno de los granos del siglo "XXI" (Oustani et al., 2023). Además de tener buenos niveles como las proteínas, las vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales en excelente equilibrio, la quinoa también tiene una gran cantidad de fitoquímicos como las saponinas (Hernandez et al., 2020).

Las saponinas son metabolitos secundarios se pueden encontrar en las partes de las plantas, se presentan mayormente en raíces, frutos, tallos, semillas y hojas, se crean para proteger a las plantas como los insectos y microorganismos (Singh et al, 2018).

La importancia de reciclar y usar cáscaras de granos es clara y hacerlo podría sumar el valor agregado de la producción agrícola. A pesar de ser considerado un desecho agrícola, la cáscara de quinua contiene una cantidad significativa de fitoquímicos y fibra dietética (Liu et al., 2020).

El Perú tiene un enorme potencial para el crecimiento de las exportaciones agrícolas de quinua, la región andina del país ha dejado un legado de importantes productos alimenticios y derivados como la papa, la maca, la quinua la cañihua y entre otros, la Quinua Amarilla Marangani es de origen del Perú de la región de Puno el cual tiene un período vegetativo entre 180 a 200 días y florece entre los 800 y los 3.500 m s. n. m., tiene una capacidad de producción de 2.500 kg/ha (Pardo et al., 2019).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicada; ya que según el autor Behar et al., (2008) se emplea los conocimientos obtenidos que parten de la investigación teórica o básica para buscar soluciones a un determinado problema. Además, indica que en este tipo de investigaciones se muestra como el conocimiento se puede aplicar para hacer comparaciones de lo que proyectamos con la realidad.

Esta investigación se basa en la necesidad de crear un material a base de residuos agrícolas que sea capaz de remover colorantes altamente contaminantes en el agua. Asimismo, surge de los conocimientos proporcionados sobre adsorbentes ecoamigables y materiales precursores de bajo costo brindados en la teoría. De esta manera se lleva a cabo la realización práctica de estas teorías para un entorno real.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

El diseño es experimental puro porque según Álvarez et al., (2020) se basa en obtener datos por observación de hechos que están condicionados por el investigador, en el cual se emplean diversas variables de un proceso para obtener resultados.

En la investigación se desarrollaron procedimientos experimentales en un laboratorio que nos sirvió para determinar los resultados del estudio, donde se utilizó algunas variables con el propósito de hallar parámetros que sean adecuados para una eliminación eficaz de colorantes a lo largo del estudio. Se empleó el Diseño de Taguchi, como lo describe Lala, Ma. et al., (2023) se enfoca en el rendimiento y la calidad de un diseño donde se establece la participación de cada factor y permite que se pueda estimar las condiciones ideales y resultados en varios niveles.

### 3.2. Variables y Operacionalización

Las variables del presente estudio son: (Ver Anexo N°1)

**Variable Independiente:** Carbón activado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado.

Se uso distintas dosis del CA o modificado con 100 ml de solución que fueron con diferentes pH, tomando en consideración a los parámetros constantes como la agitación que fue de 130 rpm y el tiempo de contacto del adsorbente con el colorante medidos en distintos tiempos correlativamente.

**Variable Dependiente:** Remoción de colorantes

Se empleó el Espectrofotómetro UV - visible que sirvió para medir la concentración final del colorante de cada tratamiento, luego se hizo una comparación con la concentración inicial que no pasó por un tratamiento, de esta manera se logró establecer el porcentaje de eliminación del colorante del proceso de adsorción.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

Según Condori et al., (2020) Es una unidad de elementos o análisis accesibles que pertenecen a un lugar en particular en el que se lleva a cabo una investigación, tiene características de ser medida, cuantificada y estudiada.

La población del presente estudio conforma todos residuos agrícolas (cáscara de quinua) proveniente de la post cosecha de Quinua del Distrito de San Salvador, Provincia de Calca, Departamento de Cusco.

#### 3.3.2. Muestra

Teniendo en cuenta a Toledo et al., (2021) la muestra tiene las mismas características de la población, a su vez forma una parte significativa que el tamaño de una población debe ser considerado al determinar la proporción seleccionada por procedimientos probabilísticos o aleatorios.

La muestra considerada para el estudio se tomó del mismo terreno de cultivo, efectuando la recolección de un total de 5 Kg; luego esa muestra pasó por un procedimiento de lavado, secado, carbonizado, molienda y tamizado, esto con propósito de obtener la materia prima más fina y que posteriormente fue utilizada para fines de estudio.

### **3.3.3. Muestreo**

Como expresa Toledo et al., (2021) el muestreo se basa en la extracción de la muestra a partir de la población, mediante el cual se identifica que el estudio estará representado por la población.

Por ello el muestreo del estudio es no probabilístico debido a que las muestras que se implementaron en la investigación dependen de la elección y decisión del investigador, ya que es necesario considerar ciertas características específicas.

### **3.3.4. Unidad de análisis**

Según Dohn et al., (2021) la unidad de análisis es fundamental debido que permite garantizar que las investigaciones sean adecuadas para el estudio y de esa manera se logre el interés en el investigador.

En esta investigación la unidad es el conjunto de los residuos agrícolas (cáscara de quinua), el cual se pasará por métodos de activación y modificación para estudios adsorción.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnica**

Según de la Lama et al., (2022) la observación es la técnica de investigación en la que se documenta cada paso, asegurando que el procedimiento se pueda repetir o replicar para compararlo de manera que esta técnica sea planificada, controlada y validada.

Los datos logrados en el proceso de experimentación fueron completados en 3 fichas de observación que nos sirvieron para calcular y medir los resultados.

### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos que fueron manejados en este proceso de experimentación esta conformados por la ficha de ubicación y recolección de la materia prima, ficha de observación de las características del carbón activado y la ficha de observación de las características de operación del carbón activado.

N°	INSTRUMENTOS
1	Ficha de ubicación y recolección de la materia prima
2	Ficha de observación de las características del carbón activado
3	Ficha de observación de las características de operación del carbón activado

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.4.3. Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados en este estudio se validaron mediante la evaluación de tres expertos especialistas en su área correspondiente. Como se observa en la tabla N° 1.

**Tabla 1:** Evaluación de instrumentos por los expertos


INSTITUCIÓN DONDE LABORA	APELLIDOS Y NOMBRES	N° DE FICHA	(%) DE VALORACIÓN
Universidad César Vallejo	Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfán	1	90%
		2	90%
		3	90%
Universidad César Vallejo	Dr. Fernando Antonio, Sernaque Auccahuasi	1	90%
		2	90%
		3	90%
Universidad César Vallejo	Dr. Lorgio. Valdiviezo Gonzales	1	90%
		2	90%
		3	90%




*Fuente: Elaboración propia*

### 3.4.4. Equipos e instrumentos usados

En el proceso de experimentación se usaron los equipos e instrumentos que es el Espectrofotómetro UV-visible, para medir el pH de la muestra se utilizó el pH metro, para establecer la cantidad de masa del carbón activado modificado se empleó la balanza analítica, la estufa se utilizó para eliminar la humedad de la cáscara de quinua, el desecador se empleó para el proceso de enfriamiento; el horno mufla se utilizó para carbonizar la cáscara de quinua y el Test de jarras (Floculador) para el proceso de Adsorción.

**Tabla 2:** Equipos e instrumentos empleados en el procedimiento

INSTRUMENTO	MARCA / MODELO	ETAPA	PAÍS	IMAGEN
<b>Espectrofotómetro UV-visible</b>	Genesys® 10S UV-VIS Spectrophotometer – Thermo SCIENTIFIC	Determinación de las concentraciones de colorante Rojo reactivo 195.	EE.UU.	
<b>pH metro</b>	HANNA / HI 8424	Regula el pH de la muestra de colorante.	EE.UU.	
<b>Balanza analítica</b>	SARTORIUS SECURA	Pesado de las cantidades de masa del CA modificado	Alemania	
<b>Estufa</b>	BINDER	Secado del carbón activado modificado	Alemania	

<b>Desecador</b>	Normax	Enfriado de las muestras	EE.UU.	
<b>Horno mufla</b>	Nabertherm	Carbonización de la cáscara de quinua	Alemania	
<b>Floculador</b>	VELP SCIENTIFICA	Agitación de las muestras para el proceso de adsorción	Italia	

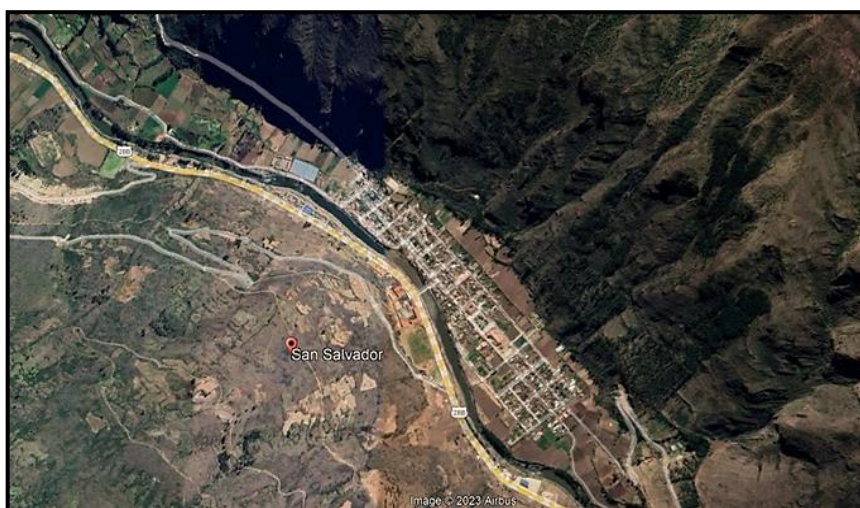
***Fuente: Elaboración propia***



### 3.5. Procedimientos

#### Recolección de la cáscara de quinua

El material precursor utilizado (la cáscara de quinua) se obtuvo de la producción post cosecha de Quinua del Distrito de San Salvador - Provincia de Calca - Departamento de Cusco; se utilizaron técnicas de muestreo no probabilístico de manera conveniente o intencional por la fácil accesibilidad a los campos de cultivo, la recolección se realizó el día 23 de agosto, y se recolectaron 5.00 kg de residuos de cáscara de quinua, el cual pasó por un tamizado en tamaño 1.7 mm que sirvió para separar el residuo de los restos de desecho como el tallo, las hojas y otras impurezas.



**Figura 9:** Mapa de ubicación del Distrito de San Salvador, Calca, Cusco

**Fuente:** Google Earth. (2023)



**Figura 10:** Recolección del material precursor

**Fuente:** Elaboración propia

## ETAPA N° 1: Preparación de carbón activado

El procedimiento se basó en los siguientes procesos:

**Lavado:** Primero se realizó el lavado completo de la muestra con agua destilada para eliminar las impurezas o suciedad que se encuentre en el material precursor.



**Secado:** Luego fueron colocados en bandejas de acero inoxidable en una estufa a una temperatura de 80°C por un lapso de tiempo de 6 horas con el fin eliminar la humedad que contienen.



**Activación del carbón activado:** Para luego pasar al proceso de activación, para ello una parte de la muestra se sumergió en ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) concentrado en proporción 1:1, y se dejó impregnar por 24 horas a temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C).



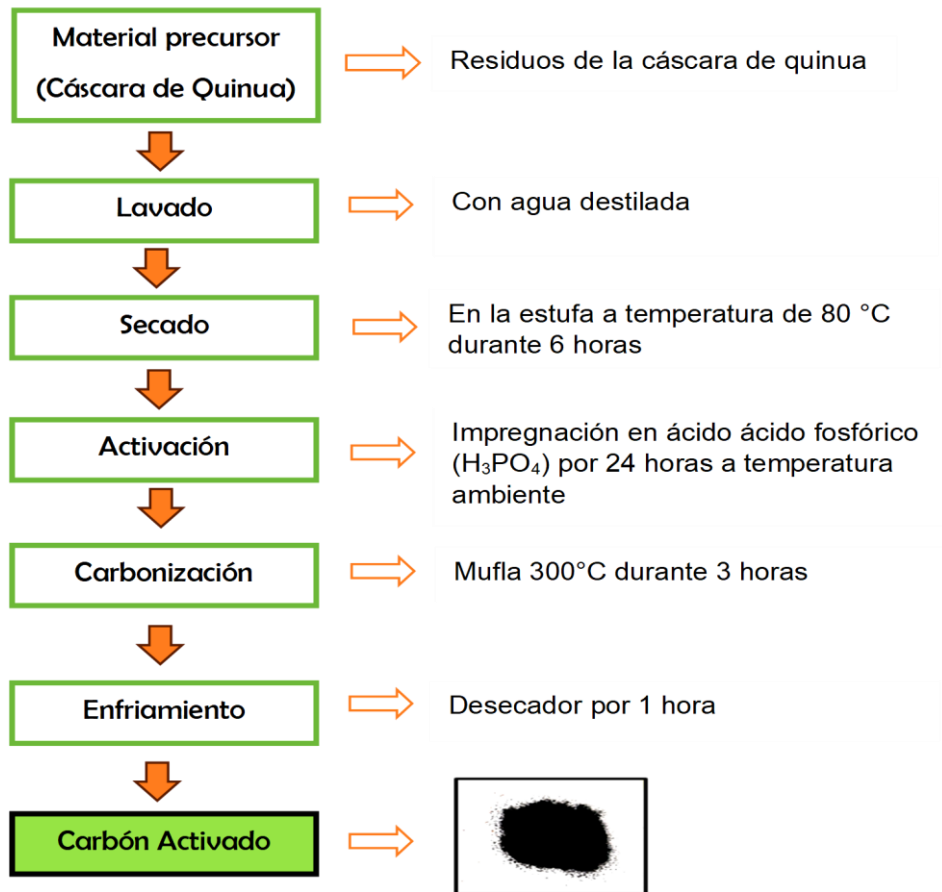


**Carbonización:** Después se sometió al proceso de carbonización colocando la muestra en crisoles de porcelana y utilizando un horno mufla a una temperatura de 300°C por un lapso de 3 horas aproximadamente.



**Enfriado:** Posteriormente se dejó enfriar en un desecador durante 1 hora, resultando como producto el CA de la cáscara de quinua, una vez enfriado se guardó para el siguiente proceso.





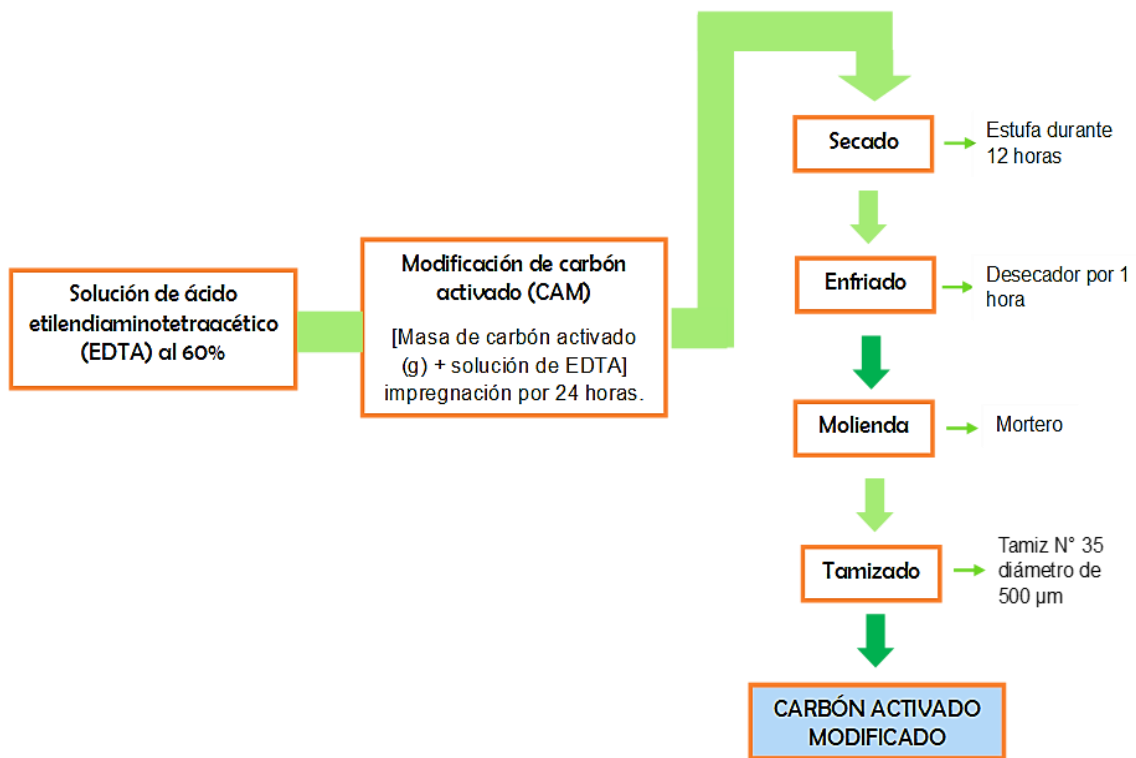
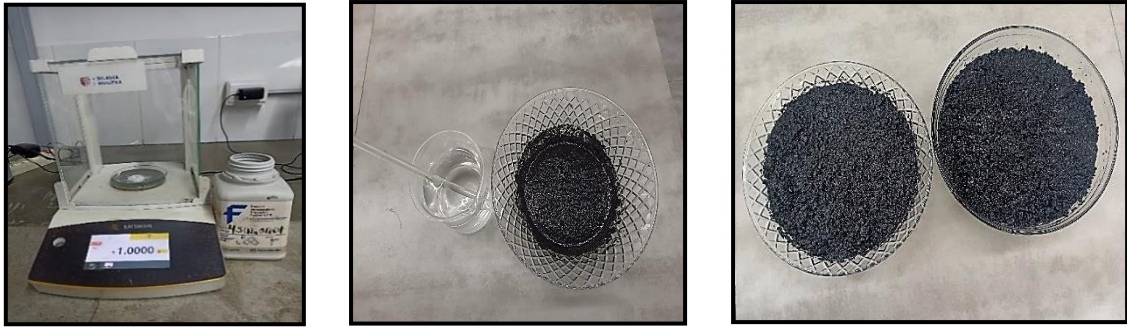
**Figura 11:** Diagrama del proceso de obtención del carbón activado

**Fuente:** Elaboración propia

## ETAPA N° 2: Modificación del carbón activado

Para el siguiente proceso se aplicó la metodología de Adaobi et al., (2020) el cual consiste en modificar el carbón activado a fin de mejorar su capacidad de adsorción.

- Para ello se utilizó ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 60% p/v, luego se sumergió durante 24 horas a temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C).
- Posterior a ello, se dejó secar en una estufa por un lapso de 12 horas para luego dejarlo enfriar en un desecador por 1 hora.
- La muestra obtenida finalmente pasó por el proceso de molienda y posteriormente se tamizó a un diámetro de 500  $\mu\text{m}$  utilizando el Tamiz N° 35, finalmente el carbón activado modificado obtenido se guardó en un recipiente hermético para estudios posteriores de adsorción.



**Figura 12:** Diagrama del proceso de modificación del carbón activado (C.A.M.)

**Fuente:** Elaboración propia

### Determinación del colorante Rojo Reactivo 195 en el Espectrofotómetro UV Visible

La concentración inicial del colorante Rojo Reactivo 195 se determina empleando el Espectrofotómetro UV-Visible medido a longitud de onda a 543 nm, para ello se realizaron procedimientos que sirvió para su valor, así como se observa a continuación:

- Se preparó la solución patrón de colorante mg/l, pesando 1 g de colorante Rojo reactivo 195.
- Luego se coloca en una estufa a 105°C por el periodo de 1 hora con el fin de eliminar la humedad que contiene.
- Seguidamente se aforo en la fiola de 1000 ml con agua destilada y se guardó en un recipiente ámbar para estudios posteriores.



### Proceso de adsorción con carbón activado modificado con EDTA

La adsorción del colorante Rojo Reactivo 195 en carbón activado modificado con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), se realizó en base a Shojaei et al., (2021) el experimento utilizando el Test de jarra con diferentes masas de Carbón 1.5 g, 2.5 g y 3.5 g. a diferente pH para obtener magnitudes de 3, 7 y 11; tomando como referencia el diseño experimental de Taguchi de 4K factores se aplicó el enfoque de la matriz ortogonal L9 de 04 principales parámetros que conforman (concentración del colorante, pH de la solución, dosis del carbón activado, tiempo de contacto) y 03 niveles de variación que se emplearán para remover colorantes, para lo cual se llevó a cabo 09 unidades experimentales que servirá para determinar las condiciones óptimas de operación; se efectuó con (02) repeticiones cada tratamiento, haciendo un total de 18 unidades de análisis, para ello se determinó en el espectrofotómetro UV visible las concentraciones finales. Los factores operativos y los niveles considerados se representan en la siguiente tabla 3.

**Tabla 3:** Factores y niveles del proceso experimental

Factores	Nivel de factores			Unidad de medida
	1	2	3	
Concentración del colorante	100	130	150	(mg/L)
PH de la solución	3	7	11	Unidad de pH
Dosis de carbón activado modificado	1.5	2.5	3.5	(g/L)
Tiempo de contacto	45	80	120	(min)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4:** Matriz ortogonal L9

Nº DE TRATAMIENTO	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

**Fuente:** Minitab 19

### 3.6. Método de análisis de datos

Para realizar el análisis de la información y procesamiento de datos, en esta investigación se empleó herramientas de Microsoft Excel y Minitab 19 para obtener los análisis de datos, los cuales proporcionaron los valores necesarios para interpretar los resultados durante el proceso para llegar a las conclusiones.

### **3.7. Aspectos éticos**

El trabajo fue realizado con respeto a la propiedad intelectual, y todas las fuentes fueron debidamente citadas utilizando las bibliografías consultadas y con el estilo APA. Para asegurar que el trabajo fuera original, se utilizó el programa Turnitin, como se puede evidenciar en la resolución. Asimismo, el trabajo fue basado en la realidad debido a que no se alteró los resultados, respetando el código de ética en la investigación de la UCV, RCU N° 0262-2020/UCV.



#### IV. RESULTADOS

##### Características fisicoquímicas del carbón activado

Se realizó un análisis aproximado del carbón activado y los resultados porcentuales se describieron en términos de contenido de densidad aparente de 0.86 g/cm<sup>3</sup>, humedad 7.2%, contenido de cenizas totales 14.8 %, materia volátil 71.8%, y carbono fijo de 13.4% como se indica en la Tabla 5.

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medición/ Unidades</b>	<b>Resultados</b>
<b><i>Densidad aparente</i></b>	g/cm <sup>3</sup>	0.86
<b><i>Humedad</i></b>	(%)	0.9
<b><i>Cenizas totales</i></b>	(%)	14.8
<b><i>Materia volátil</i></b>	(%)	71.8
<b><i>Carbono fijo</i></b>	(%)	13.4

**Tabla 5:** Características fisicoquímicas del carbón activado

**Fuente:** Elaboración propia

##### Condiciones de operación del carbón activado modificado

En la tabla 6 se verifica los factores operativos y los niveles considerados en el proceso experimental, empleando la matriz ortogonal L9 de cuatro factores (La concentración inicial, pH, Dosis del adsorbente, Tiempo de contacto) y tres niveles para cada factor (84.7, 108.83, 127.11); (3, 7, 11); (1.5, 2.5, 3.5); (45, 80, 120). Los experimentos se calcularon basándose en la técnica de optimización de Taguchi.

N° de tratamiento	Concentración del colorante	pH de la solución	Dosis del carbón activado	Tiempo de contacto
1	84.7	3	1.5	45
2	84.7	7	2.5	80
3	84.7	11	3.5	120
4	108.83	3	2.5	120
5	108.83	7	3.5	45
6	108.83	11	1.5	80
7	127.11	3	3.5	80
8	127.11	7	1.5	120
9	127.11	11	2.5	45

**Tabla 6:** Matriz de distribución de unidades experimentales Taguchi

**Fuente:** Elaboración propia

Los experimentos mostraron una eficiencia de eliminación del 99.94% como se muestra en la tabla 7. Se verifica que el CA derivado de la cascara de quinua modificado actúa de manera eficiente para la eliminación del colorante RR195, logrando una máxima remoción en el tercer tratamiento. Se consideraron los tres niveles para cada uno de los factores del proceso experimental, asimismo el rango de los diversos parámetros se obtuvo de la literatura y de las pruebas preliminares. El número de corridas experimentales se determinó mediante la matriz de diseño  $3^4$ ; por lo tanto, se diseñaron nueve experimentos  $L_9$  a través de la matriz ortogonal  $L_9(3^4)$ , el cual se realizó con 02 repeticiones cada tratamiento, lo que suma un total de 18 unidades de análisis.

**Tabla 7:** Resultados obtenidos del proceso de adsorción para remover el colorante Rojo reactivo 195

N° Tratamiento	DATOS INICIALES				1° REPETICIÓN		2° REPETICIÓN		PROMEDIO
	Concentración Inicial mg/l	pH de la solución	Dosis del carbón g/l (CAM)	Tiempo de contacto	Concentración final mg/l	% de Remoción	Concentración final mg/l	% de Remoción	% de Remoción
1	84.7	3	1.5	45	15.64	<b>81.53</b>	11.91	<b>85.93</b>	83.73
2	84.7	7	2.5	80	0.27	<b>99.68</b>	0.22	<b>99.74</b>	99.71
3	84.7	11	3.5	120	0.07	<b>99.91</b>	0.02	<b>99.97</b>	99.94
4	108.83	7	3.5	45	0.67	<b>99.38</b>	1.31	<b>98.79</b>	99.09
5	108.83	11	1.5	80	6.54	<b>93.99</b>	8.53	<b>92.16</b>	93.08
6	108.83	3	2.5	120	2.01	<b>98.15</b>	0.42	<b>99.61</b>	98.88
7	127.11	11	2.5	45	3.85	<b>96.97</b>	4.6	<b>96.38</b>	96.68
8	127.11	3	3.5	80	0.27	<b>99.78</b>	0.37	<b>99.7</b>	99.74
9	127.11	7	1.5	120	25.99	<b>79.55</b>	25.89	<b>79.63</b>	79.59

**Fuente:** Elaboración propia

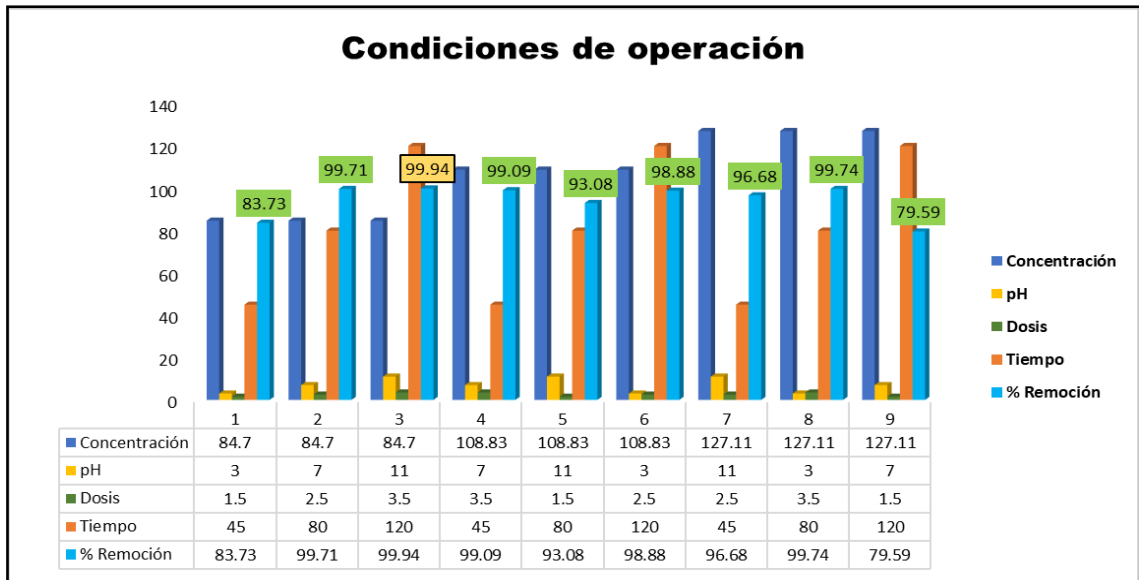
En la tabla 8 se muestra el porcentaje de remoción promedio máximo 99.94% a una dosis óptima de adsorbente 3.5 g/l, concentración inicial de RR195 de 84.7 ml, pH 11 y tiempo de contacto de 120 min. Sin embargo, la remoción mínima del 79,59% se presenta con una dosis de adsorbente de 1.5 g/l, concentración inicial de RR195 de 127.11 ml, pH 7, y tiempo de contacto de 120 min. Por lo tanto, se describe que la máxima adsorción se presenta cuando la dosis aumenta en el mayor tiempo y la concentración es baja. Asimismo, presenta la mínima adsorción cuando la dosis disminuye en el mayor tiempo y la concentración es alta. La adsorción entre la superficie de carbón y los iones de RR195, es debido ya que el carbón existe grupos funcionales (hidroxilos y carboxílicos).

<b>N° Tratamiento</b>	<b>Concentración Inicial (mg/l)</b>	<b>pH de la solución</b>	<b>Dosis del carbón g/l (CAM)</b>	<b>Tiempo de contacto (min)</b>	<b>% Remoción promedio</b>
<b>1</b>	84.7	3	1.5	45	<b>83.73</b>
<b>2</b>	84.7	7	2.5	80	<b>99.71</b>
<b>3</b>	84.7	11	3.5	120	<b>99.94</b>
<b>4</b>	108.83	7	3.5	45	<b>99.09</b>
<b>5</b>	108.83	11	1.5	80	<b>93.08</b>
<b>6</b>	108.83	3	2.5	120	<b>98.88</b>
<b>7</b>	127.11	11	2.5	45	<b>96.68</b>
<b>8</b>	127.11	3	3.5	80	<b>99.74</b>
<b>9</b>	127.11	7	1.5	120	<b>79.59</b>

**Tabla 8:** Factores de adsorción y porcentaje de remoción promedio de RR195

**Fuente:** Elaboración propia

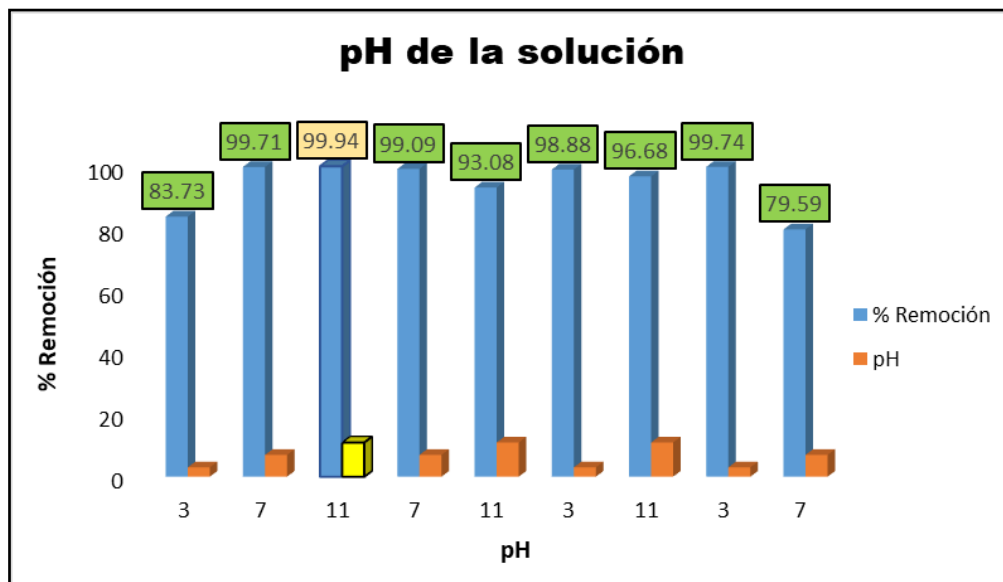
Para optimizar las condiciones de adsorción, como indica la Figura 13 se observa la influencia e interacción de los diferentes factores determinantes de la adsorción como son la concentración inicial, pH de la solución, dosis de adsorbente y el tiempo de contacto frente al porcentaje de remoción.



**Figura 13:** Influencia de las condiciones óptimas

**Fuente:** Elaboración propia

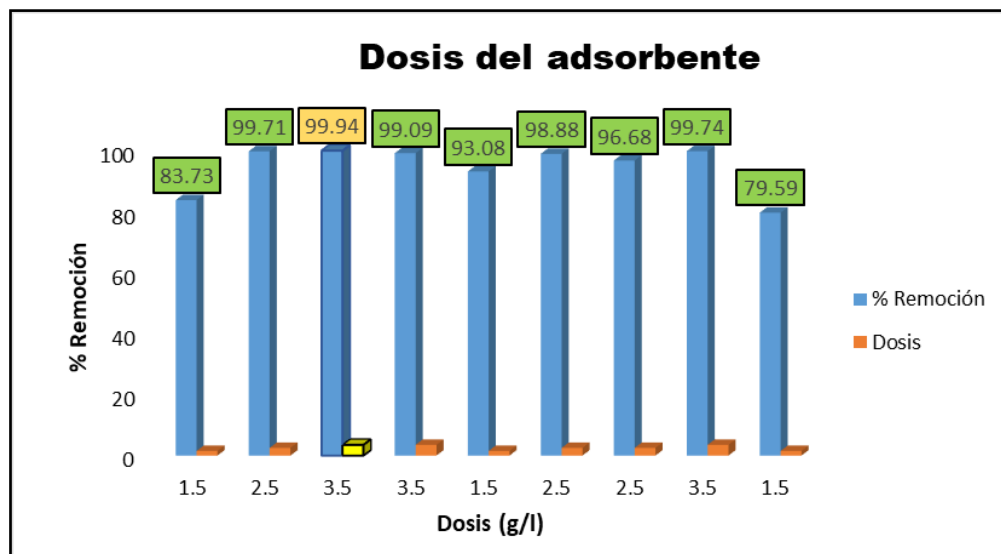
Se observa que el CA modificado actúa de manera eficiente para remover el colorante RR195 a pH básico, donde su máxima remoción se presenta usando el pH =11, como se observa en la Figura 14.



**Figura 14:** Efecto del pH en la remoción de RR195

**Fuente:** Elaboración propia

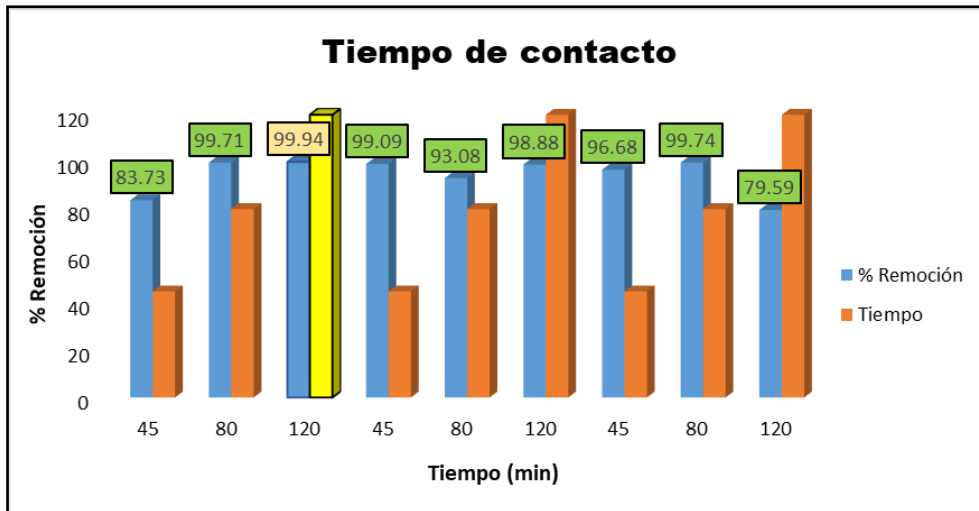
La Figura 15 muestra que a más cantidad de dosis añadida aumenta el porcentaje de remoción de RR195, por lo tanto, se usó 3.5 gr de carbón para el proceso tomando en cuenta la velocidad en la agitación =130 rpm por 120 minutos.



**Figura 15** Efecto de la dosis en la remoción de RR195

**Fuente:** Elaboración propia

La Figura 16 describe la influencia de la variación del tiempo de contacto con el porcentaje de remoción más alto. Para este proceso se tomó los siguientes factores: Como la concentración inicial del colorante = 127.11 mg/L, dosis del carbón = 3.5 gr, con una velocidad de agitación = 130 rpm, tiempo de contacto = 120 minutos y utilizando un volumen = 0.1 L. Lo que refleja que el mayor porcentaje de remoción que es del 99.94% se presenta a los 120 minutos. Este valor indica que el tiempo de contacto de 120 minutos es suficiente para que el adsorbato pueda interactuar de manera eficiente con el adsorbente.



**Figura 16:** Efecto del tiempo en la remoción de RR195

**Fuente:** Elaboración propia

### **Análisis estadístico de Relación Señal/Ruido**

La tabla 9 muestra una matriz ortogonal de cuatro factores y tres niveles donde se midieron los valores experimentales obtenidos durante el desarrollo de adsorción del colorante RR195 y la relación S/N calculada para cada ejecución seleccionando el tipo de respuesta deseado "más grande es mejor" ya que en esta investigación se pretende obtener la mayor tasa de adsorción posible. Es importante mencionar que una relación S/N alta es deseable porque indica el proceso de adsorción ideal y sugiere los niveles más apropiados para cada una de las variables. Por lo tanto, para hallar la relación S/N se empleó la siguiente ecuación:

$$S/N = -10 \left( \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

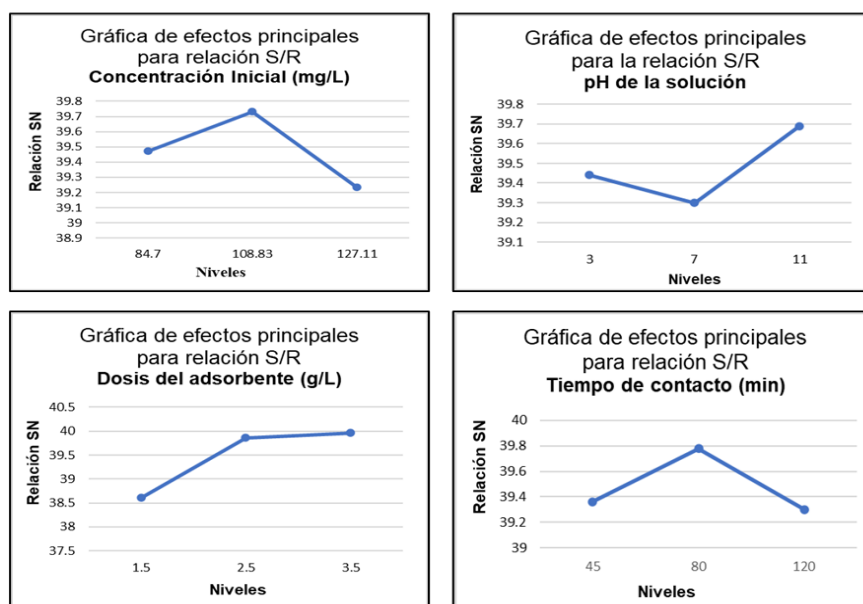
(6)

N° Tratamiento	Concentración Inicial mg/l	pH de la solución	Dosis del carbón g/l (CAM)	Tiempo de contacto	% Remoción promedio	Relación Señal/Ruido
1	84.7	3	1.5	45	83.73	38.44
2	84.7	7	2.5	80	99.71	39.97
3	84.7	11	3.5	120	99.94	39.99
4	108.83	7	3.5	45	99.09	39.92
5	108.83	11	1.5	80	93.08	39.37
6	108.83	3	2.5	120	98.88	39.9
7	127.11	11	2.5	45	96.68	39.7
8	127.11	3	3.5	80	99.74	39.97
9	127.11	7	1.5	120	79.59	38.01

**Tabla 9:** Matriz del diseño experimental S/N y respuesta

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación se muestra el análisis del modelo lineal de las medias que vendría a ser el promedio de respuestas de las corridas experimentales frente a los cuatro factores. FACTOR A (Concentración inicial de RR195), FACTOR B (pH de la solución), FACTOR C (Dosis del adsorbente) y FACTOR D (Tiempo de contacto).



**Figura 17:** Matriz del diseño experimental S/N y respuesta

**Fuente:** Elaboración propia



La Figura 17 muestra las gráficas de los efectos principales en términos de la relación S/N del porcentaje de eliminación del colorante RR195 frente a la concentración inicial del mismo, el pH de la solución, la dosis de adsorbente y el tiempo de contacto. Los parámetros y niveles más importantes se pudieron obtener de las gráficas, los niveles de parámetros ideales para una eficiencia de eliminación máxima fueron una concentración inicial de 108.83 mg/l, pH de 11 y un tiempo de contacto de 120 minutos. Se puede observar que los cuatro factores alcanzaron su punto más alto en la región alta.

**Análisis de Modelo Lineal: Medias vs. pH; Dosis; Tiempo**

Término	Coefficiente	SE	T	P
	Coefficiente			
Constante	39.4795	0.144	274.142	0
pH3	-0.037	0.2037	-0.182	0.872
pH7	-0.1755	0.2037	-0.862	0.48
Dosis1.5	-0.8658	0.2037	-4.251	0.051
Dosis2.5	0.3813	0.2037	1.872	0.202
Tiempo45	-0.1213	0.2037	-0.595	0.612
Tiempo80	0.2963	0.2037	1.455	0.283

**S = 0.4320 R-Sq = 91.5% R-Sq(adj) = 66.0%**

**Tabla 10:** Coeficientes estimados del modelo para relaciones S/N

**Fuente:** Minitab 19

**Análisis de varianza para relación SN**

Fuente	DF	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
pH	2	0.2321	0.2321	0.1161	0.62	0.617
Dosis	2	3.3893	3.3893	1.6946	9.08	0.099
Tiempo	2	0.3995	0.3995	0.1997	1.07	0.483
Error Residual	2	0.3733	0.3733	0.1867		
Total	8	4.3942				

**Tabla 11:** Relación SN

**Fuente:** Minitab 19

**Análisis de Modelo Lineal: Medias vs. pH; Dosis; Tiempo**

TÉRMINO	Coeficiente	SE	T	P
	<b>Coeficiente</b>			
<b>Constante</b>	94.4917	1.447	65.309	0
<b>pH3</b>	-0.375	2.046	-0.183	0.871
<b>pH7</b>	-1.6967	2.046	-0.829	0.494
<b>Dosis1.5</b>	-9.0267	2.046	-4.412	0.048
<b>Dosis2.5</b>	3.93	2.046	1.921	0.195
<b>tIEMPO45</b>	-1.3283	2.046	-0.649	0.583
<b>tIEMPO80</b>	3.0167	2.046	1.474	0.278

**S = 0.4340 R-Sq = 92.0% R-Sq(adj) = 67.9%**

**Tabla 12:** Coeficientes estimados del modelo para medias

**Fuente:** Minitab 19

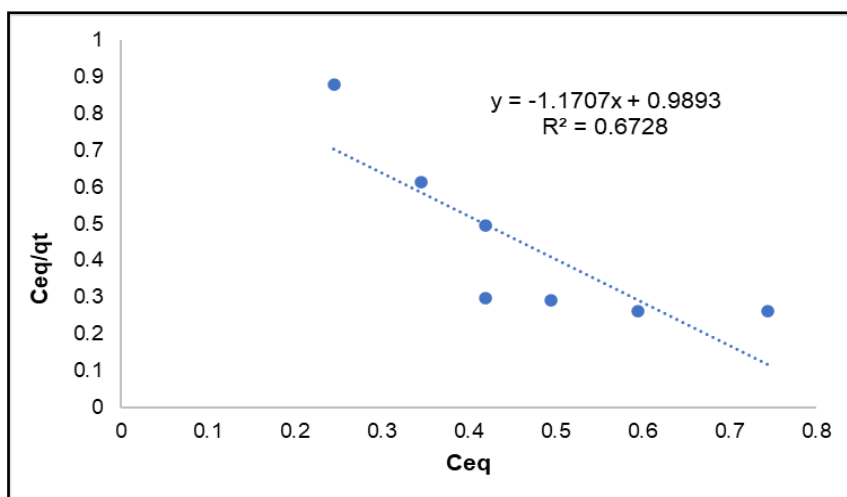
**Análisis de varianza de medias**

Fuente	DF	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
<b>pH</b>	2	21.93	21.93	10.97	0.58	0.632
<b>Dosis</b>	2	368.7	368.7	184.35	9.79	0.093
<b>tc</b>	2	41.15	41.15	20.57	1.09	0.478
<b>Residual Error</b>	2	37.68	37.68	18.84		
<b>Total</b>	8	469.46				

**Tabla 13:** Varianza de medias

**Fuente:** Minitab 19

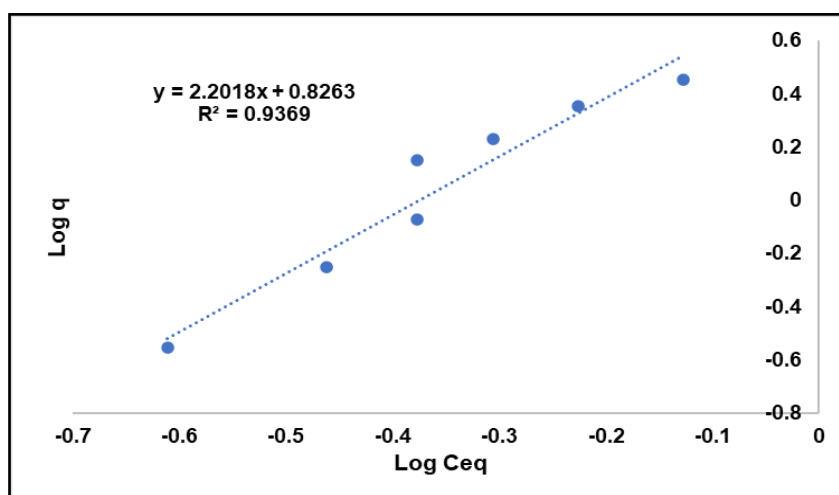
La Figura 18 muestra el modelo de Langmuir donde se manifiesta como se relacionan el adsorbente y la concentración inicial de RR195. Este modelo garantiza si el factor de correlación es más próximo en su unidad, la unión entre la muestra del colorante y el carbón activado modificado transportado al pH 11 es un procedimiento de adsorción química a través de una sola capa; la velocidad de agitación fue de 130 rpm y el tiempo de contacto fue de 120 minutos. El coeficiente de correlación resultante es  $R^2 = 0,6728$ , que se aleja mucho de la unidad y puede no ser el más práctico para mostrar el progreso de nuestra investigación.



**Figura 18:** Modelo de Langmuir

**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 19 se muestran las isotermas de adsorción del modelo de Freundlich que ilustran la adsorción multicapa en la heterosuperficie de CA modificada. Como puede verse, el coeficiente de correlación resultante es  $R^2 = 0,9369$ , por lo que el modelo de visualización es probablemente el mejor modelo para encontrar la adsorción de equilibrio.



**Figura 19:** Modelo de Freundlich

**Fuente:** Elaboración propia

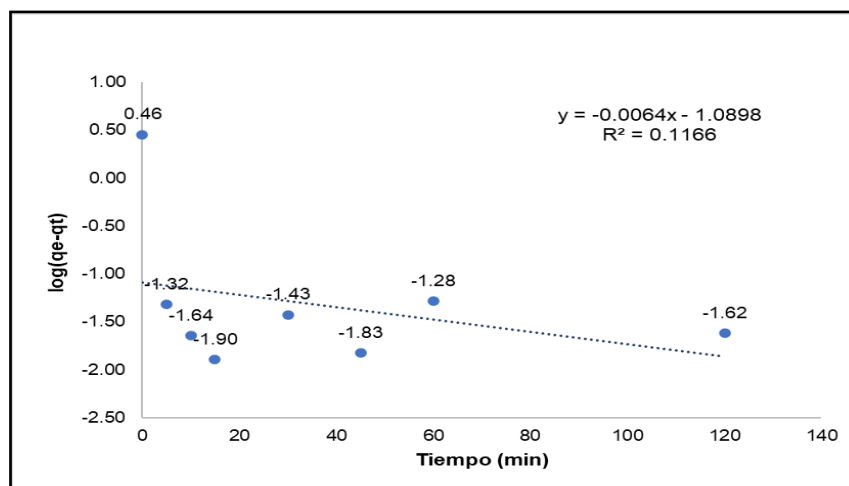
La Tabla 13 presenta datos sobre la solución de la ecuación del modelo de pseudoprimer orden para el mecanismo de adsorción en  $t = (0, 5, 10, 15, 30, 45, 60$  y  $120)$  min. Con base en este desarrollo se determinó que el tiempo de equilibrio fue de 15 min, ya que la adsorción se mantuvo constante a partir de este punto.

$C_o$	t	Concentración Final (mg/l)	%remoción	qt	log(qe-qt)	t/qt
<b>100</b>	<b>0</b>	100	0.00	0.00	0.46	0.00
	5	1.59	98.41	2.81	-1.32	<b>1.7783</b>
<b>Dosis CAM (gr)</b>	10	0.695	99.31	2.84	-1.64	<b>3.5245</b>
	<b>3.5</b>	15	0.345	2.85	-1.90	<b>5.2682</b>
<b>Volumen (l)</b>	30	1.215	98.79	2.82	-1.43	<b>10.6291</b>
	<b>45</b>	0.42	99.58	2.85	-1.83	<b>15.8164</b>
<b>0.1</b>	60	1.725	98.28	2.81	-1.28	<b>21.3686</b>
	120	0.745	99.26	2.84	-1.62	<b>42.3152</b>

**Tabla 13:** Datos para determinar Modelo de Pseudo primer orden

**Fuente:** Elaboración propia

La Figura 20 confirma el modelo de pseudoprimer orden que explica el mecanismo de adsorción del tinte RR195 utilizando los parámetros  $m = 3,5$  gr, pH del efluente = 11, velocidad de agitación = 130 rpm a temperatura ambiente. Los valores están muy dispersos en comparación con el modelo de pseudosegundo orden, por lo que se descarta el modelo de pseudoprimer orden.



**Figura 20:** Modelo de Pseudo primer orden

**Fuente:** Elaboración propia

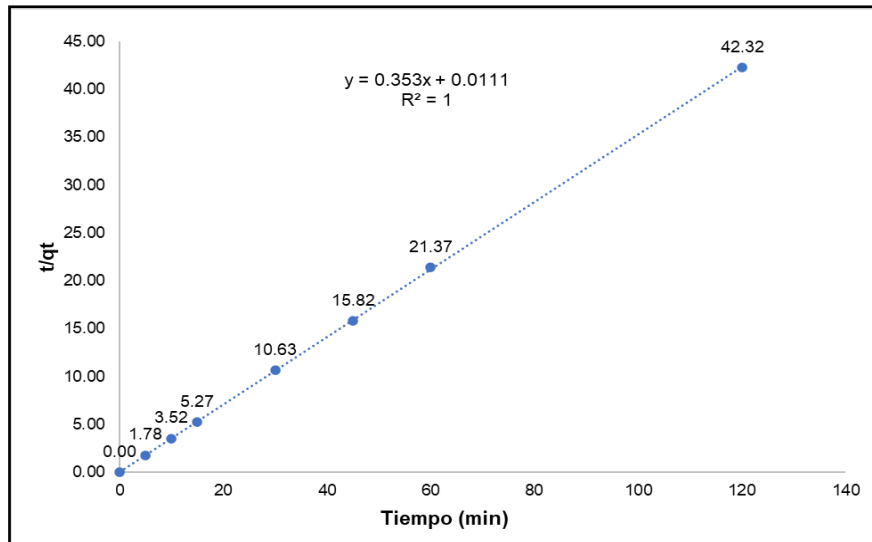
En la tabla 14 se observa los datos para evaluar en la ecuación de Pseudo segundo orden, el cual representa el mecanismo de adsorción más claro en diferentes tiempos en los intervalos que va de t = (0, 5, 10, 15, 30, 45, 60 y 120) minutos.

<b>C<sub>o</sub></b>	<b>t</b>	<b>Concentración Final (mg/l)</b>	<b>%remoción</b>	<b>qt</b>	<b>t/qt</b>
<b>100</b>	<b>0</b>	100	0.00	0.00	0.00
	5	1.59	98.41	2.81	<b>1.7783</b>
<b>Dosis CAM (gr)</b>	10	0.695	99.31	2.84	<b>3.5245</b>
<b>3.5</b>	15	0.345	99.66	2.85	<b>5.2682</b>
	30	1.215	98.79	2.82	<b>10.6291</b>
<b>Volumen (l)</b>	<b>45</b>	0.42	99.58	2.85	<b>15.8164</b>
<b>0.1</b>	60	1.725	98.28	2.81	<b>21.3686</b>
	120	0.745	99.26	2.84	<b>42.3152</b>

**Tabla 14:** Datos para determinar Modelo de Pseudo segundo orden

**Fuente:** Elaboración propia

La Figura 21 prueba si el modelo de regresión lineal que representa el modelo de pseudosegundo orden es una ecuación perfecta. Dado que el coeficiente de correlación es  $R^2=1$ . Por lo tanto, se observó que el modelo era adecuado para demostrar la cinética durante la eliminación del colorante rojo reactivo 195 con carbón activado modificado.



**Figura 21:** Modelo de Pseudo segundo orden

**Fuente:** Elaboración propia

Con base en los resultados obtenidos, se confirma que el modelo de pseudo primer orden no es el modelo que describe la cinética del tratamiento experimental, ya que los valores de R2 son menores y por tanto en modelo que explica mejor la cinética de adsorción es el de pseudosegundo orden porque su  $R^2 = 1$ .

## V. DISCUSIÓN

En esta investigación se realizó el análisis de las particularidades fisicoquímicas del CA de la cáscara de quinua con el ácido fosfórico donde se obtuvo los resultados porcentuales que se describieron en términos de contenido de densidad aparente de  $0.86 \text{ g/cm}^3$ , contenido de humedad  $0.9\%$ , contenido de cenizas totales  $14.8\%$ , materia volátil  $71.8\%$  y carbono fijo de  $13.4\%$  como se indica en la Tabla 7. En la aplicación del carbón activado es igual al estudio de Jawad et al., (2021) en sus análisis de sus características fisicoquímica del carbón activado de la mazorca de maíz con el ácido fosfórico donde se obtiene los resultados de la densidad aparente  $0,49 \text{ g/cm}^3$ , contenido de humedad  $0,153\%$ , contenido de cenizas totales  $13,15\%$  y carbono fijo de  $61,8\%$ .

El uso del CA de la cáscara de quinua con el ácido fosfórico donde se modificó con EDTA como adsorbente, fue modificado, se obtuvo la mayor remoción de  $99,97\%$  del colorante RR195 con una concentración inicial de  $84,7 \text{ mg/l}$ , donde se usó  $100 \text{ ml}$  de efluente, dosis de  $3.5 \text{ g/l}$ , tiempo de  $120$  minutos con un  $\text{pH}=11$  en el tratamiento, donde se tiene el mayor porcentaje de remoción en la cantidad del colorante, en el estudio de Baidya et al., (2021) usó el carbón activado de la cáscara de nuez de areca modificado de NaOH donde obtuvo la eliminación del  $97\%$  del colorante Brilliant Green (BG), con  $100 \text{ mg/L}$  de concentración inicial, con la dosis de  $10 \text{ g/L}$  y el tiempo de  $120$  minutos a un  $\text{pH} 7$ .

En la tabla 7 se puede ver la reacción de las diferentes dosis del CA de la cáscara de quinua modificado EDTA en la adsorción del colorante RR195 que se encuentra en el agua, este se aplicó con diferentes pH para el experimento, se comprobó al acrecentar la dosis aumenta el porcentaje de remoción por el cual se obtiene el  $99,97\%$  del colorante removido de una concentración inicial de RR195 de  $84.7 \text{ ml}$ , se usó  $100 \text{ ml}$  con el  $\text{pH}=11$  en el tratamiento. Los resultados son semejantes en distintas investigaciones, así como es la investigación de Ali et al., (2020) donde mostró el incremento del porcentaje de la remoción conforme se incrementaba la dosis del carbón activado cáscara del maní modificado con NaOH donde la remoción máxima  $91,83\%$  la dosis de adsorbente de  $100 \text{ mg}$ , con la concentración

inicial de tinte de 25 mg/L y proporcionaron como resultado la eficiencia de eliminación más alta del colorante Verde Malaquita.

En la tabla 7 se determinó que la remoción con mayor porcentaje fue de 99,97% a un pH=11 utilizando 3.5 g/l carbón activado de la cáscara de quinua modificado EDTA. Este resultado es parecido a lo que obtuvo por Ghalehkhondabi et al., (2021) usando el carbón activado modificado MgO obteniendo el 97,5% con el pH= 10,2, en condiciones óptimas con la concentración inicial de azul de metileno de 100,9 mg/L, dosis de adsorbente de 69,4 mg/L.

Conforme a la tabla 14, se deduce que el modelo de Pseudo segundo orden de Freundlich representa la adsorción del colorante RR195 entre el CA de la cascara de quinua modificado EDTA, los parámetros evaluados se ubican en las tablas 13 y 14 donde están validadas respectivamente. Se puede decir que el Pseudo segundo orden se adecuado de del para presentar el modelo de la cinética de adsorción planteado con el valor de  $R^2 = 1$ . Los resultados coinciden con el estudio de Ghosh et al., (2020), donde hallaron que la cinética de adsorción del colorante naranja de metilo con el método de Pseudo segundo orden, proyectando el coeficiente de correlación = 0.999.



## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la caracterización fisicoquímica del carbón activado derivado de la cascara de quinua, resultando óptimo y adecuado para realizar el estudio debido a sus propiedades que contiene, resaltando los parámetros como la densidad aparente ( $0.86 \text{ g/cm}^3$ ), % humedad (7.2), % contenido de cenizas (14.8), % materia volátil (71.8), y % carbono fijo (13.4).
- En el proceso de adsorción para determinar las condiciones de operación se demostró que el carbón activado modificado absorbe de manera eficiente el colorante Rojo reactivo 195, logrando una remoción del 99.97%; lo que significa que los factores del proceso experimental empleados al estudio se adecuaron a un pH básico, logrando la máxima remoción a un pH =11. Asimismo, se comprobó que añadiendo más cantidad de carbón se aumenta el porcentaje de remoción, logrando la máxima remoción usando 3.5 gr de CA modificado con 100 ml de solución de colorante. Además, se estableció que el tiempo de contacto óptimo del desarrollo de adsorción se presenta a los 120 minutos, resaltando que a mayor tiempo de contacto del adsorbente con el adsorbato aumenta el porcentaje de remoción. De esta manera se logra comprobar que el carbón activado modificado químicamente influye de manera directa frente a los factores empleados en el diseño experimental aceptando la hipótesis planteada en esta investigación.
- El modelo cinético que nos brindó el mecanismo de adsorción en los tratamientos fue el modelo de Pseudo segundo orden. Además, se encontró que los resultados del equilibrio de adsorción de Rojo reactivo 195 se ajustaron mejor al modelo de Freundlich, ya que su coeficiente de correlación  $R^2$  fue igual a 0.93, esto quiere decir que está cerca de la unidad. Asimismo, a lo largo del equilibrio se consiguió que la capacidad máxima de captación tuvo el valor de 2.83 mg/g de CA modificado usando en 100 ml de solución de colorante.

- De esta manera concluimos que partiendo de los resultados logrados en este estudio, los carbones provenientes de residuos agrícolas son materias primas ideales para el desarrollo de carbón activado y su uso como tal para la producción de adsorbentes de bajo costo no sólo aumenta su valor, sino que también desaparece el problema de la eliminación de residuos, además estos carbones al ser activados y modificados químicamente incrementan sus propiedades y actúan eficientemente para eliminar diversos contaminantes en las aguas que provienen de la industria textil.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el proceso de adsorción empleando un diseño que reduzca la cantidad de experimentos con la finalidad de minimizar los costos.
- Se recomienda tomar en cuenta las sustancias empleadas a los diferentes métodos de activación y modificación para la elaboración del carbón.
- Se recomienda trabajar con diferentes masas de carbón activado para encontrar la dosis óptima y de esa manera medir su eficiencia en los tratamientos de adsorción.
- Se recomienda seguir usando cáscaras de granos o desechos agrícolas para la producción de adsorbentes y hacerlo podría sumar el valor agregado de la producción agrícola, a pesar de ser considerados un desecho podrían ser beneficiosas con cualidades nutricionales y funcionales. Asimismo, recomendamos continuar usando la cáscara de quinua como adsorbente para eliminar los colorantes en las aguas residuales, debido al ser orgánicos tiene una mayor adsorción de contaminantes en el agua y muchas ventajas sobre los materiales convencionales porque es mucho más barata, abundante y eficaz, además estos podrían reemplazar a los adsorbentes químicos que son más costosos.
- La presente investigación se basó en la adsorción de colorante en una solución. Por lo que se recomienda realizar estudios para adsorber metales pesados, de esta manera se pueda determinar su eficiencia frente a estos contaminantes y pueda tener mejoras posibles para un nuevo estudio de investigación.

## VIII. REFERENCIAS

1. ABRIL, Diana, et al. Comparative study of three dyes' adsorption onto activated carbon from chenopodium quinoa willd and quillaja saponaria. *Materials*, 2022, vol. 15, no 14, p. 4898.  
<https://doi.org/10.3390/ma15144898>
2. ABUELNOOR, Nada, et al. Activated carbons from biomass-based sources for CO2 capture applications. *Chemosphere*, 2021, vol. 282, p. 131111.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131111>
3. ADANE, Teshale; ADUGNA, Amare Tiruneh; ALEMAYEHU, Esayas. Técnicas de tratamiento de efluentes de la industria textil. *Revista de química*, 2021, vol. 2021, pág. 1-14.  
<https://doi.org/10.1155/2021/5314404>
4. ALI, Asmadi, et al. Preparation of high-performance adsorbent from low-cost agricultural waste (Peanut husk) using full factorial design: Application to dye removal. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 2020, vol. 10, p. 6619-6628.  
<https://doi.org/10.33263/BRIAC106.66196628>
5. AL-GHOUTI, Mohammad A.; DA'ANA, Dana A. Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review. *Journal of hazardous materials*, 2020, vol. 393, p. 122383.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122383>
6. AL-GHEETHI, Adel Ali, et al. Sustainable approaches for removing Rhodamine B dye using agricultural waste adsorbents: A review. *Chemosphere*, 2022, vol. 287, p. 132080.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132080>
7. AL-TOHAMY, Rania, et al. A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2022, vol. 231, p. 113160.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>
8. AMALINA, Farah, et al. Dyes removal from textile wastewater by agricultural waste as an absorbent—a review. *Cleaner Waste Systems*, 2022, p. 100051.  
<https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100051>

9. ARENAS, Lina Ramirez, et al. Nanoplastics adsorption and removal efficiency by granular activated carbon used in drinking water treatment process. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 791, p. 148175.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148175>
10. AREMU, M. O., et al. Improved phenol sequestration from aqueous solution using silver nanoparticle modified Palm Kernel Shell Activated Carbon. *Heliyon*, 2020, vol. 6, no 7.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04492>
11. ARYEE, Aaron Albert, et al. A review on functionalized adsorbents based on peanut husk for the sequestration of pollutants in wastewater: Modification methods and adsorption study. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 310, p. 127502.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127502>
12. AZAM, Kshaf, et al. A review on activated carbon modifications for the treatment of wastewater containing anionic dyes. *Chemosphere*, 2022, p. 135566.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135566>
13. AZANAW, Aklilu, et al. Textile effluent treatment methods and eco-friendly resolution of textile wastewater. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2022, p. 100230.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100230>
14. AZARI, Ali, et al. Comprehensive systematic review and meta-analysis of dyes adsorption by carbon-based adsorbent materials: Classification and analysis of last decade studies. *Chemosphere*, 2020, vol. 250, p. 126238.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126238>
15. BAIDYA, Kamal Sukla; KUMAR, Upendra. Adsorption of brilliant green dye from aqueous solution onto chemically modified areca nut husk. *South African Journal of Chemical Engineering*, 2021, vol. 35, p. 33-43.  
<https://doi.org/10.1016/j.sajce.2020.11.001>
16. BARJASTEH-ASKARI, Fateme, et al. Iron-modified activated carbon derived from agro-waste for enhanced dye removal from aqueous solutions. *Heliyon*, 2021, vol. 7, no 6.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e0719>

17. BASANTES-MORALES, Emilio R.; ALCONADA, Margarita M.; PANTOJA, José L. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) production in the Andean region: challenges and potentials. *Journal of Experimental Agriculture International*, 2019, vol. 36, no 6, p. 1-18.  
<http://doi.org/10.9734/JEAI/2019/v36i630251>
18. BEHERA, Meerambika, et al. A review on the treatment of textile industry waste effluents towards the development of efficient mitigation strategy: An integrated system design approach. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 4, p. 105277.  
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105277>
19. BENJELLOUN, Mohammed, et al. Recent advances in adsorption kinetic models: their application to dye types. *Arabian Journal of Chemistry*, 2021, vol. 14, no 4, p. 103031.  
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103031>
20. BENKHAYA, Said; M'RABET, Souad; EL HARFI, Ahmed. A review on classifications, recent synthesis and applications of textile dyes. *Inorganic Chemistry Communications*, 2020, vol. 115, p. 107891.  
<https://doi.org/10.1016/j.inoche.2020.107891>
21. BLANKENSHIP, L. Scott; MOKAYA, Robert. Modulating the porosity of carbons for improved adsorption of hydrogen, carbon dioxide, and methane: a review. *Materials Advances*, 2022, vol. 3, no 4, p. 1905-1930.  
<https://doi: 10.1039/D1MA00911G>
22. BURY, Naomi A.; MUMFORD, Kathryn A.; STEVENS, Geoffrey W. The electro-Fenton regeneration of Granular Activated Carbons: Degradation of organic contaminants and the relationship to the carbon surface. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 416, p. 125792.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125792>
23. BUSHRA, Rani, et al. Current approaches and methodologies to explore the perceptive adsorption mechanism of dyes on low-cost agricultural waste: A review. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2021, vol. 319, p. 111040.  
<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.111040>

24. CANALES-FLORES, R. A.; PRIETO-GARCÍA, F. Taguchi optimization for production of activated carbon from phosphoric acid impregnated agricultural waste by microwave heating for the removal of methylene blue. *Diamond and Related Materials*, 2020, vol. 109, p. 108027.  
<https://doi.org/10.1016/j.diamond.2020.108027>
25. CHIJIJOKE ELIJAH, Onu, et al. Application of modified agricultural waste in the adsorption of bromocresol green dye. *Asian Journal of Chemical Sciences*, 2020, vol. 7, no 1, p. 15-24.  
<https://doi.org/10.9734/ajocs/2020/v7i119011>
26. DAMDIB, Sakonsupa, et al. Removal of reactive black dye in water by magnetic mesoporous carbon from macadamia nutshell. *Adsorption Science & Technology*, 2022, vol. 2022.  
<https://doi.org/10.1155/2022/9884474>
27. DE LA LAMA ZUBIRÁN, Paula; DE LA LAMA ZUBIRÁN, Marco A.; DE LA LAMA GARCÍA, Alfredo. Los instrumentos de la investigación científica. *Horizonte de la Ciencia*, 2022, vol. 12, no 22, p. 189-202.  
<https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/horizontedelaciencia/article/view/1078/1491>
28. DOHN, Nina Bonderup. Units of analysis in learning research: Transparency, fit for purpose and purposeful fit. *Learning, Culture and Social Interaction*, 2021, vol. 31, p. 100426.  
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2020.100426>
29. EL-GAAYDA, Jamila, et al. Natural flocculants for the treatment of wastewaters containing dyes or heavy metals: A state-of-the-art review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 5, p. 106060.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-52395-4>
30. ELGARAHY, A. M., et al. A critical review of biosorption of dyes, heavy metals and metalloids from wastewater as an efficient and green process. *Cleaner Engineering and Technology*, 2021, vol. 4, p. 100209.  
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100209>
31. GARCÍA-GUEL, Yohana Yazmín; MÚZQUIZ-RAMOS, Elia Martha; RÍOS-HURTADO, Jorge Carlos. Activated carbon cloths: approaches and

- applications. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 2019, vol.  
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.182>.
32. GAO, Yuan, et al. Insight into activated carbon from different kinds of chemical activating agents: A review. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 746, p. 141094  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141094>
33. GOSWAMI, Rumi; DEY, Amit Kumar. Use of anionic surfactant-modified activated carbon for efficient adsorptive removal of crystal violet dye. *Adsorption Science & Technology*, 2022, vol. 2022, p. 1-28.  
<https://doi.org/10.1155/2022/2357242>
34. GOPALAKRISHNAN, Arthi; BADHULIKA, Sushmee. Effect of self-doped heteroatoms on the performance of biomass-derived carbon for supercapacitor applications. *Journal of power sources*, 2020, vol. 480, p. 228830.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.22883>
35. GHALEHKHONDABI, Vahab; FAZLALI, Alireza; KETABI, Keyhan. Synthesis and characterization of modified activated carbon (MgO/AC) for methylene blue adsorption: optimization, equilibrium isotherm and kinetic studies. *Water Science and Technology*, 2021, vol. 83, no 7, p. 1548-1565.  
<https://doi.org/10.2166/wst.2021.016>
36. Ghosh, G. C., Chakraborty, T. K., Zaman, S., Nahar, M. N., & Kabir, A. H. M. E. (2020). Removal of methyl orange dye from aqueous solution by a low-cost activated carbon prepared from mahagoni (*Swietenia mahagoni*) Bark. *Pollution*, 6(1), 171-184.  
<https://doi.org/10.22059/poll.2019.289061.679>
37. HASSAN, Muhammad Faheem, et al. Recent trends in activated carbon fibers production from various precursors and applications—A comparative review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2020, vol. 145, p. 104715.  
<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104715>
38. HASSAN, Mohammad M.; CARR, Christopher M. Biomass-derived porous carbonaceous materials and their composites as adsorbents for cationic and anionic dyes: A review. *Chemosphere*, 2021, vol. 265, p. 129087.



- <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129087>
39. HE, Yuyu, et al. Activated Carbon with Ultrahigh Specific Surface Derived from Bamboo Shoot Shell through K<sub>2</sub>FeO<sub>4</sub> Oxidative Pyrolysis for Adsorption of Methylene Blue. *Molecules*, 2023, vol. 28, no 8, p. 3410.  
<https://doi.org/10.3390/molecules28083410>
40. HEIDARINEJAD, Zoha, et al. Methods for preparation and activation of activated carbon: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 2020, vol. 18, p. 393-415.  
<https://doi.org/10.1007/s10311-019-00955-0>
41. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; MENDOZA, Christian. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mcgraw-hill, 2020.
42. HYNES, N. Rajesh Jesudoss, et al. Modern enabling techniques and adsorbents based dye removal with sustainability concerns in textile industrial sector-A comprehensive review. *Journal of cleaner production*, 2020, vol. 272, p. 122636.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122636>
43. IGWEGBE, Chinenye Adaobi, et al. Adsorption of cationic dyes on *Dacryodes edulis* seeds activated carbon modified using phosphoric acid and sodium chloride. *Environmental Processes*, 2020, vol. 7, p. 1151-1171.  
<https://doi.org/10.1007/s40710-020-00467-y>
44. ISHAK, Zaniah, et al. Adsorption of methylene blue and reactive black 5 by activated carbon derived from tamarind seeds. *Tropical Aquatic and Soil Pollution*, 2022, vol. 2, no 1, p. 1-12.  
<https://doi.org/10.53623/tasp.v2i1.26>
45. IWANOW, Melanie, et al. Activated carbon as catalyst support: precursors, preparation, modification and characterization. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 2020, vol. 16, no 1, p. 1188-1202.  
<https://doi.org/10.3762/bjoc.16.104>
46. JABBAR, Noor Mohsen, et al. Removal of an anionic Eosin dye from aqueous solution using modified activated carbon prepared from date palm fronds. *Chemical Data Collections*, 2022, vol. 42, p. 100965.  
<https://doi.org/10.1016/j.cdc.2022.100965>

47. JAWAD, Ali H., et al. High surface area and mesoporous activated carbon from KOH-activated dragon fruit peels for methylene blue dye adsorption: Optimization and mechanism study. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 2021, vol. 32, p. 281-290.  
<https://doi.org/10.1016/j.cjche.2020.09.070>
48. JJAGWE, Joseph, et al. Synthesis and application of Granular activated carbon from biomass waste materials for water treatment: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 2021, vol. 6, no 4, p. 292-322.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.03.003>
49. KHAJAVIAN, Mohammad, et al. Single and binary heavy metal adsorption using alginic acid structure: Experimental and density functional theory investigations. *Journal of Water Process Engineering*, 2023, vol. 54, p. 103996.  
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103996>
50. KHEDDO, Anokhaa, et al. Adsorption of synthetic dyed wastewater using activated carbon from rice husk. *SN Applied Sciences*, 2020, vol. 2, p. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03922-5>
51. KISHOR, Roop, et al. Ecotoxicological and health concerns of persistent coloring pollutants of textile industry wastewater and treatment approaches for environmental safety. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 2, p. 105012.  
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.105012>
52. KUANG, Yu; ZHANG, Xiaoping; ZHOU, Shaoqi. Adsorption of methylene blue in water onto activated carbon by surfactant modification. *Water*, 2020, vol. 12, no 2, p. 587.  
<https://doi.org/10.3390/w12020587>
53. LALA, MA, et al. Adsorción de cromo hexavalente de una solución acuosa utilizando cáscara de arroz modificada catiónica: optimización paramétrica a través del enfoque de diseño de Taguchi. *Científico africano*, 2023, vol. 20, pág. e01633.  
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01633>

54. LAN, Dawei, et al. Adsorptive removal of organic dyes via porous materials for wastewater treatment in recent decades: A review on species, mechanisms and perspectives. *Chemosphere*, 2022, vol. 293, p. 133464.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133464>
55. LARASATI, Amanda; FOWLER, Geoffrey D.; GRAHAM, Nigel JD. Chemical regeneration of granular activated carbon: preliminary evaluation of alternative regenerant solutions. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 2020, vol. 6, no 8, p. 2043-2056.  
<https://doi.org/10.1039/D0EW00328J>
56. LEWOYEHU, Mekuanint. Comprehensive review on synthesis and application of activated carbon from agricultural residues for the remediation of venomous pollutants in wastewater. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2021, vol. 159, p. 105279.  
<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105279>
57. LIU, Jie, et al. Physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from different colored quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Cereal Science*, 2020, vol. 95, p. 103045.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103045>
58. LO, Fang-Chen; LEE, Ming-Gin; LO, Shang-Lien. Effect of coal ash and rice husk ash partial replacement in ordinary Portland cement on pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 2021, vol. 286, p. 122947.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122947>
59. MAAZINEJAD, Behanm, et al. Taguchi L9 (34) orthogonal array study based on methylene blue removal by single-walled carbon nanotubes-amine: Adsorption optimization using the experimental design method, kinetics, equilibrium and thermodynamics. *Journal of Molecular Liquids*, 2020, vol. 298, p. 112001.  
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.112001>
60. MAJD, Mahdieh Mozaffari, et al. Adsorption isotherm models: A comprehensive and systematic review (2010– 2020). *Science of The Total Environment*, 2022, vol. 812, p. 151334.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151334>

61. MARIAH, Mohd Affandy Aqilah, et al. Characterization of activated carbon from waste tea (*Camellia sinensis*) using chemical activation for removal of methylene blue and cadmium ions. *South African Journal of Chemical Engineering*, 2023, vol. 44, p. 113-122.  
<https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.01.007>
62. MBACHU, Chijioke Alex, et al. Green synthesis of iron oxide nanoparticles by Taguchi design of experiment method for effective adsorption of methylene blue and methyl orange from textile wastewater. *Results in Engineering*, 2023, vol. 19, p. 101198.  
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101198>
63. MITTAL, Jyoti. Recent progress in the synthesis of Layered Double Hydroxides and their application for the adsorptive removal of dyes: A review. *Journal of Environmental Management*, 2021, vol. 295, p. 113017.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113017>
64. MOOSAVI, Seyedehmaryam, et al. Application of efficient magnetic particles and activated carbon for dye removal from wastewater. *ACS omega*, 2020, vol. 5, no 33, p. 20684-20697.  
<https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01905>
65. NAYAGAM, J. Oliver Paul; PRASANNA, K. Utilization of shell-based agricultural waste adsorbents for removing dyes: A review. *Chemosphere*, 2022, vol. 291, p. 132737.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132737>
66. NAUSHAD, Mu, et al. Adsorption of textile dye using para-aminobenzoic acid modified activated carbon: kinetic and equilibrium studies. *Journal of Molecular Liquids*, 2019, vol. 296, p. 112075.  
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.112075>
67. MORADI, Omid; SHARMA, Gaurav. Emerging novel polymeric adsorbents for removing dyes from wastewater: a comprehensive review and comparison with other adsorbents. *Environmental Research*, 2021, vol. 201, p. 111534.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111534>
68. MUNAGAPATI, Venkata Subbaiah, et al. Eliminación del tinte textil azo reactivo rojo 195 sulfonado de la fase líquida utilizando cáscaras de lichi

- (Litchi chinensis) de superficie modificada con grupos de amonio cuaternario: rendimiento, regeneración y mecanismo de adsorción. *Revista de Líquidos moleculares*, 2022, vol. 368, pág. 120657.  
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.120657>
69. OLIVERA, Luis, et al. Nutritional Value, Methods for Extraction and Bioactive Compounds of Quinoa. *Pseudocereals*, 2022, p. 107.  
<http://doi.org/10.5772/intechopen.101891>
70. OUSTANI, Mabrouka, et al. Yield, growth development and grain characteristics of seven Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes grown in open-field production systems under hot-arid climatic conditions. *Scientific Reports*, 2023, vol. 13, no 1, p. 1991.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-29039-4>
71. OSAGIE, Christian, et al. Dyes adsorption from aqueous media through the nanotechnology: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 2021, vol. 14, p. 2195-2218.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.07.085>
72. PAGALAN JR, Efren, et al. Activated carbon from spent coffee grounds as an adsorbent for treatment of water contaminated by aniline yellow dye. *Industrial crops and products*, 2020, vol. 145, p. 111953.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111953>
73. PANDEY, Sadanand, et al. Recent developments of polysaccharide based superabsorbent nanocomposite for organic dye contamination removal from wastewater—A review. *Environmental Research*, 2022, p. 114909.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114909>
74. PARDO, Máximo Soto; BURGA, Rolando Allende; CARRIÓN, Violeta L. Romero. Estudio comparativo en rendimiento y calidad de 12 variedades de quinua orgánica en la comunidad campesina de San Antonio de Manallasac, Ayacucho. *Revista Campus*, 2020, vol. 25, no 29.  
<https://doi.org/10.24265/campus.2020.v25n29.04>
75. PARTLAN, Erin, et al. Adsorption kinetics of synthetic organic contaminants onto superfine powdered activated carbon. *Chemosphere*, 2020, vol. 253, p. 126628.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126628>

76. PATRA, Chandi, et al. Surface treated acid-activated carbon for adsorption of anionic azo dyes from single and binary adsorptive systems: A detail insight. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 266, p. 115102.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115102>
77. PÉREZ-CALDERÓN, John; SANTOS, M. Victoria; ZARITZKY, Noemí. Synthesis, characterization and application of cross-linked chitosan/oxalic acid hydrogels to improve azo dye (Reactive Red 195) adsorption. *Reactive and Functional Polymers*, 2020, vol. 155, p. 104699.  
<https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2020.104699>
78. QAMAR, Sarmad Ahmad, et al. Chitosan-based hybrid materials as adsorbents for textile dyes—A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2020, vol. 2, p. 100021.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100021>
79. RÁPÓ, Eszter; TONK, Szende. Factors affecting synthetic dye adsorption; desorption studies: a review of results from the last five years (2017–2021). *Molecules*, 2021, vol. 26, no 17, p. 5419.  
<https://doi.org/10.3390/molecules26175419>
80. Ronquillo, J. C. S., Cabezas, E. F. G., Quezada, J. C. A., & Martínez, J. C. C. (2021). Desaponificado de la Quinoa en productos elaborados con una máquina escarificadora. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 6(12), 535-552.  
<https://www.redalyc.org/journal/5768/576868967027/html/>
81. ROSA, Lorenzo; MAZZOTTI, Marco. Potential for hydrogen production from sustainable biomass with carbon capture and storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022, vol. 157, p. 112123.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112123>
82. ROSLI, Nur Ayshah, et al. Pineapple peel–derived carbon for adsorptive removal of dyes. *Materials Chemistry and Physics*, 2023, p. 128094.  
<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2023.12809>
83. SADIQ, Abubakar Chadi, et al. A decade development in the application of chitosan-based materials for dye adsorption: A short review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, vol. 191, p. 1151-1163.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.179>

84. SAINI, Sunaina; CHAND, Prakash; JOSHI, Aman. Biomass derived carbon for supercapacitor applications. *Journal of Energy Storage*, 2021, vol. 39, p. 102646.  
<https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102646>
85. SANGEETHA PIRIYA, R., et al. Coconut shell derived ZnCl<sub>2</sub> activated carbon for malachite green dye removal. *Water Science and Technology*, 2021, vol. 83, no 5, p. 1167-1182.  
<https://doi.org/10.2166/wst.2021.050>
86. SEKAR, Manigandan, et al. A review on the pyrolysis of algal biomass for biochar and bio-oil—Bottlenecks and scope. *Fuel*, 2021, vol. 283, p. 119190.  
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119190>
87. SHARMA, Jyotshana; SHARMA, Shubhangani; SONI, Vineet. Classification and impact of synthetic textile dyes on Aquatic Flora: A review. *Regional Studies in Marine Science*, 2021, vol. 45, p. 101802.  
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101802>
88. SHARMA, Gaurav, et al. Activated carbon as superadsorbent and sustainable material for diverse applications. *Adsorption Science & Technology*, 2022, vol. 2022, p. 1-21.  
<https://doi.org/10.1155/2022/4184809>
89. SINGH, Balwinder; KAUR, Amritpal. Control of insect pests in crop plants and stored food grains using plant saponins: A review. *Lwt*, 2018, vol. 87, p. 93-101.  
<https://doi.org/10.31989/bchd.v2i3.556>
90. SHOJAEI, Siroos, et al. Aplicación del método de Taguchi y la metodología de superficie de respuesta en la eliminación de verde malaquita y auramina-O por nanozeolitas NaX. *Informes científicos*, 2021, vol. 11, nº 1, pág. 16054.  
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00850>
91. SOLIMAN, N. K.; MOUSTAFA, A. F. Industrial solid waste for heavy metals adsorption features and challenges; a review. *Journal of Materials Research and Technology*, 2020, vol. 9, no 5, p. 10235-10253.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.07.045>
92. Sultana, M., Rownok, M. H., Sabrin, M., Rahaman, M. H., & Alam, S. N. (2022). A review on experimental chemically modified activated carbon to



- enhance dye and heavy metals adsorption. *Cleaner Engineering and Technology*, 6, 100382.  
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100382>
93. TANG, Shu Hui; ZAINI, Muhammad Abbas Ahmad. Development of activated carbon pellets using a facile low-cost binder for effective malachite green dye removal. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 253, p. 119970.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119970>
94. TEE, Guat Teng; GOK, Xie Yuen; YONG, Wai Fen. Adsorption of pollutants in wastewater via biosorbents, nanoparticles and magnetic biosorbents: A review. *Environmental Research*, 2022, vol. 212, p. 113248.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113248>
95. TEO, Siow Hwa, et al. Sustainable toxic dyes removal with advanced materials for clean water production: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 2022, vol. 332, p. 130039.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130039>
96. UNGUREANU, Elena L., et al. Agricultural Byproducts Used as Low-Cost Adsorbents for Removal of Potentially Toxic Elements from Wastewater: A Comprehensive Review. *Sustainability*, 2023, vol. 15, no 7, p. 5999.  
<https://doi.org/10.3390/su15075999>
97. YADAV, Balram Singh; DASGUPTA, Sudip. Effect of time, pH, and temperature on kinetics for adsorption of methyl orange dye into the modified nitrate intercalated MgAl LDH adsorbent. *Inorganic Chemistry Communications*, 2022, vol. 137, p. 109203.  
<https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109203>
98. YUSUFF, Adeyinka Sikiru; AJAYI, Olusegun A.; POPOOLA, Lekan Taofeek. Application of Taguchi design approach to parametric optimization of adsorption of crystal violet dye by activated carbon from poultry litter. *Scientific African*, 2021, vol. 13, p. e00850.  
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00850>
99. WANG, Jianlong; GUO, Xuan. Adsorption kinetic models: Physical meanings, applications, and solving methods. *Journal of Hazardous materials*, 2020, vol. 390, p. 122156.



<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122156>

100. WANG, Jianlong; GUO, Xuan. Adsorption isotherm models: Classification, physical meaning, application and solving method. *Chemosphere*, 2020, vol. 258, p. 127279.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127279>
101. XIE, Shuai; SUUBERG, Eric. The effects of temperature and relative humidity on trichloroethylene sorption capacities of building materialstheory under conditions relevant to vapor intrusion. *Journal of hazardous materials*, 2021, vol. 401, p. 123807.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123807>
102. XUE, Hanjing, et al. Adsorption of methylene blue from aqueous solution on activated carbons and composite prepared from an agricultural waste biomass: A comparative study by experimental and advanced modeling analysis. *Chemical engineering journal*, 2022, vol. 430, p. 132801.  
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132801>
103. ZHOU, Yanbo, et al. Recent advances for dyes removal using novel adsorbents: A review. *Environmental pollution*, 2019, vol. 252, p. 352-365.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.0>

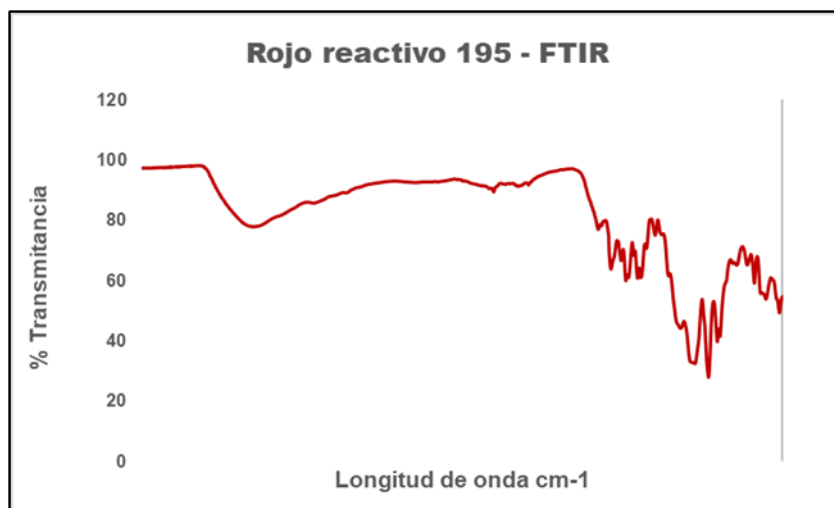
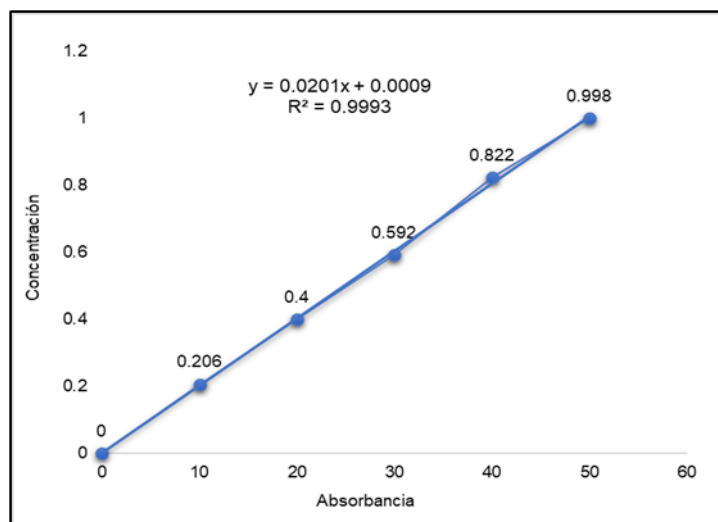
## IX. ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA				
<b>PG:</b> ¿De qué manera se usa el carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes?	<b>OG:</b> Evaluar el uso del carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para la remoción de colorantes.	<b>HG:</b> El uso de carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado remueve significativamente los colorantes.	<b>I N D E P E N D I E N T E</b>	Carbón activado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado.	Es un compuesto sólido creado artificialmente que tiene una distribución porosa desarrollada, con una mayor capacidad de remoción en soluciones acuosas por adsorción (Sultana et al., 2022).	Se recolectó un total de 5 Kg de cáscara de quinua para preparar carbón activado, inicialmente se realizó el lavado y secado a 80°C por 6 horas, para luego pasar a sumergir en H3PO4, y luego se carboniza por 3 horas a 300°C; para su modificación se utilizó EDTA; se reposará por un tiempo de 24 horas para luego volver a el secado a 80°C por 12 horas y finalmente pasar al enfriado para ser utilizado como adsorbente.	Características del carbón activado	Humedad	%				
								Ceniza	%				
								Densidad	g/cm <sup>3</sup>				
								Materia Volatil	%				
								Carbono fijo	%				
<b>PE1:</b> ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del carbón activado de la cáscara de quinua para una remoción eficiente de colorantes?	<b>OE1:</b> Determinar las características fisicoquímicas del carbón activado derivado de la cáscara de quinua para la remoción eficiente de colorantes.	<b>HE1:</b> Existen ciertas características fisicoquímicas del carbón activado derivado de la cáscara de quinua para la remoción eficiente de colorantes	<b>I N D E P E N D I E N T E</b>	Carbón activado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado.	Es un compuesto sólido creado artificialmente que tiene una distribución porosa desarrollada, con una mayor capacidad de remoción en soluciones acuosas por adsorción (Sultana et al., 2022).	Se recolectó un total de 5 Kg de cáscara de quinua para preparar carbón activado, inicialmente se realizó el lavado y secado a 80°C por 6 horas, para luego pasar a sumergir en H3PO4, y luego se carboniza por 3 horas a 300°C; para su modificación se utilizó EDTA; se reposará por un tiempo de 24 horas para luego volver a el secado a 80°C por 12 horas y finalmente pasar al enfriado para ser utilizado como adsorbente.	Condiciones de modificación del carbón	Concentración de NaHCO <sub>3</sub>	% p/v				
								Condiciones de operación de la Adsorción	Tiempo de contacto	(Min)			
									Dosis de adsorbente	(g)			
<b>PE2:</b> ¿Qué condiciones de operación del carbón activado modificado de la cáscara de quinua logran una remoción eficiente de colorantes?	<b>OE2:</b> Determinar las condiciones de operación del carbón activado modificado derivado de la cáscara de quinua para la remoción eficiente de colorantes.	<b>HE2:</b> Existen ciertas condiciones de operación del carbón activado modificado derivado de la cáscara de quinua que logra la remoción eficiente de colorantes					<b>I N D E P E N D I E N T E</b>	Carbón activado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado.	Es un compuesto sólido creado artificialmente que tiene una distribución porosa desarrollada, con una mayor capacidad de remoción en soluciones acuosas por adsorción (Sultana et al., 2022).	Se recolectó un total de 5 Kg de cáscara de quinua para preparar carbón activado, inicialmente se realizó el lavado y secado a 80°C por 6 horas, para luego pasar a sumergir en H3PO4, y luego se carboniza por 3 horas a 300°C; para su modificación se utilizó EDTA; se reposará por un tiempo de 24 horas para luego volver a el secado a 80°C por 12 horas y finalmente pasar al enfriado para ser utilizado como adsorbente.	Condiciones de operación de la Adsorción	pH de la solución	Unidad de pH
												Variación de la Concentración	Concentración inicial
<b>PE3:</b> ¿Cuáles son las propiedades cinéticas y de adsorción del carbón activado modificado de la cáscara de quinua que logra una remoción eficiente de colorantes?	<b>OE3:</b> Hallar las propiedades cinéticas y de adsorción del carbón activado modificado de la cáscara de quinua para una remoción eficiente de colorantes.	<b>HE3:</b> Las propiedades cinéticas y de adsorción del carbón activado modificado de la cáscara de quinua logran una remoción eficiente de colorante.	<b>D E P E N D I E N T E</b>	Remoción de colorantes.	Se refiere a procesos de tratamiento, ya sean fisicoquímicos o biológicos que se utilizan cuando hay presencia de colorantes contaminantes; se emplean tratamientos convencionales como oxidación, intercambio	Para determinar la remoción del colorante, se realizaron pruebas de adsorción tomando en cuenta las condiciones de modificación y las propiedades cinéticas y de adsorción.					Concentración final		mg/l
											Remoción	% Remoción	%

**Anexo 2: Determinación de la curva de calibración RR195**

Curva de Calibración para determinar el colorante Rojo reactivo 195 Espectrofotómetro UV visible				
Código	Concentración mg/l	enrase con agua desionizada	Abs	factor de dilución *
Blanco	0	25ml	0	0
I	10	25ml	0.206	0.5
II	20	25ml	0.4	0.5
II	30	25ml	0.592	0.5
IV	40	25ml	0.822	0.5
V	50	25ml	0.998	2.5



**Anexo 3: Lavado y secado de la cáscara de quinua**



**Anexo 4: Impregnación del carbón**

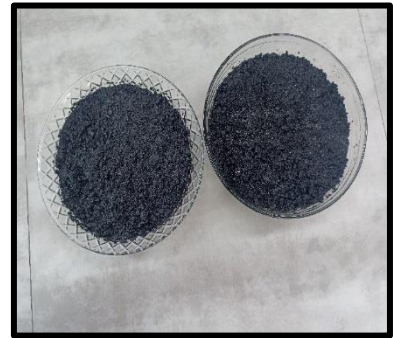


**Anexo 5: Lavado y secado del carbón activado con  $H_3PO_4$**

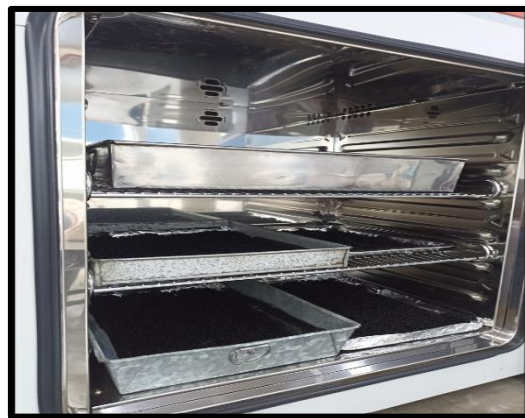




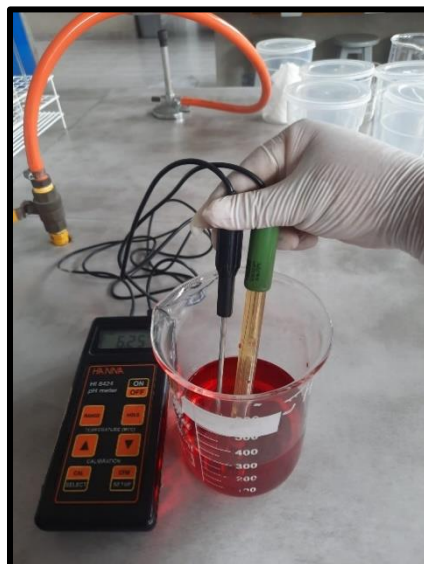
**Anexo 6:** *Impregnación para la modificación del carbón activado*



**Anexo 7:** *Lavado y secado del carbón activado modificado*



**Anexo 8:** *Proceso de adsorción empleando el carbón activado modificado en los distintos factores*





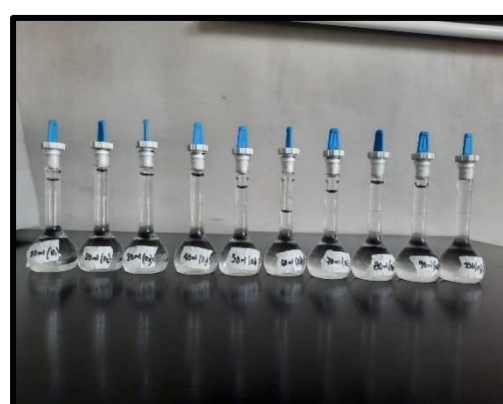
**Anexo 9: Condiciones de operación para determinar la remoción de Rojo reactivo**  
195 – 1° Repetición

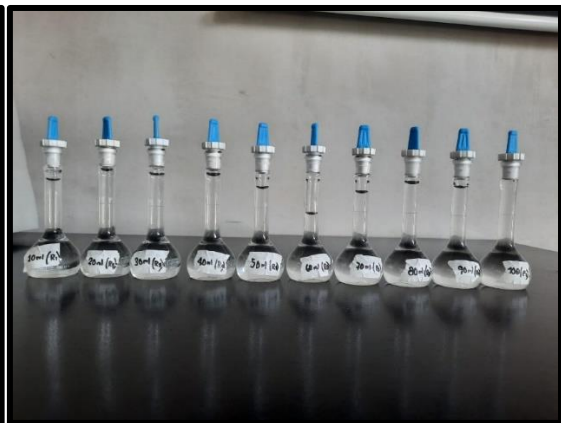
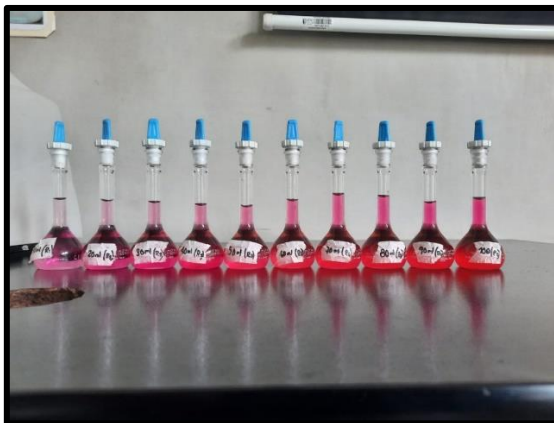
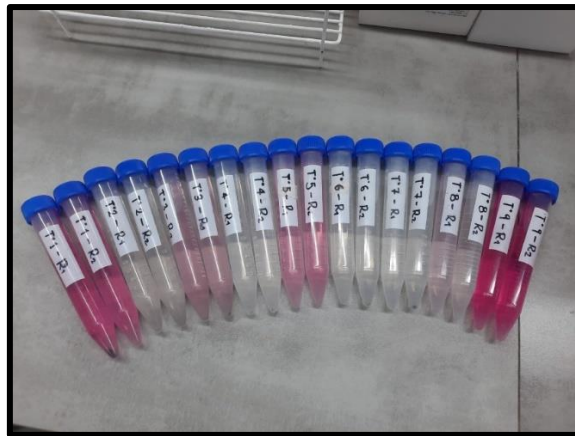
N° Trat.	Conc. Inicial mg/l	pH de la solución	Dosis del carbón g/l (CAM)	Tiempo de contacto	1° REPETICIÓN			
					Absorbancia	Conc. final mg/l	Cantidad adsorbida de colorante (mg)	% de Remoción
1	84.7	3	1.5	45	0.315	15.64	4604	<b>81.53</b>
2	108.83	7	3.5	45	0.006	0.27	3377.2	<b>99.68</b>
3	127.11	11	2.5	45	0.002	0.07	2418	<b>99.91</b>
4	84.7	7	2.5	80	0.014	0.67	3090.3	<b>99.38</b>
5	108.83	11	1.5	80	0.132	6.54	6819.3	<b>93.99</b>
6	127.11	3	3.5	80	0.041	2.01	4272.8	<b>98.15</b>
7	84.7	11	3.5	120	0.078	3.85	4930.4	<b>96.97</b>
8	108.83	3	2.5	120	0.006	0.27	3624	<b>99.78</b>
9	127.11	7	1.5	120	0.523	25.99	6741.3	<b>79.55</b>

**Anexo 10: Condiciones de operación para determinar la remoción de Rojo reactivo 195 – 2° Repetición**

N° Trat.	Conc. Inicial mg/l	pH de la solución	Dosis del carbón g/l (CAM)	Tiempo de contacto	2° REPETICIÓN			
					Absorbancia	Conc. Final mg/l	Cantidad adsorbida de colorante (mg)	% de Remoción
1	84.7	3	1.5	45	0.24	11.91	4852.7	<b>85.93</b>
2	108.83	7	3.5	45	0.005	0.22	3379.2	<b>99.74</b>
3	127.11	11	2.5	45	0.001	0.02	2419.4	<b>99.97</b>
4	84.7	7	2.5	80	0.027	1.31	3072	<b>98.79</b>
5	108.83	11	1.5	80	0.172	8.53	6686.7	<b>92.16</b>
6	127.11	3	3.5	80	0.009	0.42	4336.4	<b>99.61</b>
7	84.7	11	3.5	120	0.093	4.6	4900.4	<b>96.38</b>
8	108.83	3	2.5	120	0.008	0.37	3621.1	<b>99.7</b>
9	127.11	7	1.5	120	0.521	25.89	6748	<b>79.63</b>

**Anexo 11: Muestras del proceso de adsorción medidas en el Espectrofotómetro UV visible**







**Anexo 12: Solicitud de validación de instrumentos de recojo de información**

**SOLICITUD:** Validación de instrumento de recojo de información.

Sr.: **Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald**

Nosotras, **Paliza Leandro, Yennifer Lucero** con **DNI N.º 47482397** y **Palomino Laura, Lucero** con **DNI N.º 73543796** y, respectivamente, alumnos(a) de la EP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando cuyo título "**Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima - Perú 2023**", solicito a Ud. se sirva validar los instrumentos que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Instrumentos
- Fichas de validación de instrumentos

Por lo tanto:

A usted, rogamos acceder nuestra petición.

Lima, 18 de diciembre de 2023

**SOLICITUD:** Validación de  
instrumento de recojo de información.

Sr.: **Dr. Lorgio, Valdiviezo Gonzales**

Nosotras, **Paliza Leandro, Yennifer Lucero** con **DNI N.º 47482397** y **Palomino Laura, Lucero** con **DNI N.º 73543796**, respectivamente, alumnos(a) de la EP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando cuyo título "**Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima - Perú 2023**", solicito a Ud. se sirva validar los instrumentos que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Instrumentos
- Fichas de validación de instrumentos

Por lo tanto:

A usted, rogamos acceder nuestra petición.

Lima, 18 de diciembre de 2023

**SOLICITUD:** Validación de instrumento de recolección de información.

Sr.: **Dr. Fernando Antonio, Sernaque Auccahuasi**

Nosotras, **Paliza Leandro, Yennifer Lucero** con **DNI N.º 47482397** y **Palomino Laura, Lucero** con **DNI N.º 73543796**, respectivamente, alumnos(a) de la EP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando cuyo título "**Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima - Perú 2023**", solicito a Ud. se sirva validar los instrumentos que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:


- Matriz de operacionalización de variables
- Instrumentos
- Fichas de validación de instrumentos

Por lo tanto:

A usted, rogamos acceder nuestra petición.

Lima, 18 de diciembre de 2023

**Anexo 13: Ficha de ubicación y recolección de la materia prima**

 Universidad César Vallejo	<b>FICHA DE UBICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA</b>	<b>INSTRUMENTO N°1</b>
<b>Título</b>	Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima - Perú 2023	
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de Recursos Naturales	
<b>Facultad</b>	INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
<b>Responsables</b>	Paliza Leandro, Yennifer Lucero	
	Palomino Laura, Lucero	
<b>Asesor</b>	Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline	
<b>Datos del lugar de estudio</b>		
<b>Ubicación</b>		<b>Distrito</b>
		<b>Departamento</b>
<b>Código</b>		<b>Fecha</b>
		<b>Hora</b>
<b>Coordenadas UTM</b>		<b>Masa (m)</b>
<b>Norte</b>	<b>Este</b>	
		<b>Observaciones</b>

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Director de la escuela de Ingeniería Ambiental/UCV Campus LIMA- ESTE**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación y recolección de la materia prima**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MIRIAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

.

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %



DNI: 40231227

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Fernando Antonio, Sernaque Auccahuasi**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/Investigador I/UCV Campus LIMA- ESTE**
- I.3. Especialidad o línea de investigación:
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación y recolección de la materia prima**
- I.5. Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

#### III.

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

#### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

#### V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %



DNI: 07268863

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Lorgio, Valdiviezo Gonzales**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Campus LIMA- ESTE**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación y recolección de la materia prima**
- I.5. Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

#### III.

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>90 %</b>
-------------



Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzales  
DNI 40125063

**Anexo 14: Ficha de observación de las características del carbón activado**

	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CARBÓN ACTIVADO</b>	<b>INSTRUMENTO N°2</b>	
<b>Título</b>	Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima - Perú 2023		
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de Recursos Naturales		
<b>Facultad</b>	INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
<b>Responsables</b>	Paliza Leandro, Yennifer Lucero		
	Palomino Laura, Lucero		
<b>Asesor</b>	Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline		
<b>Caracterización</b>		<b>Fecha</b>	
<b>Código</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Escala de medición / Unidades</b>	<b>Resultados</b>
	Densidad	(g/ml)	
	Humedad	(%)	
	Cenizas totales	(%)	
	Potencial de Hidrógeno	(pH)	



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan**

1.2 Cargo e institución donde labora: **Director de la escuela de Ingeniería Ambiental/UCV Campus LIMA- ESTE**

1.3 Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**

1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de las características del carbón activado**

1.5 Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------



DNI: 40231227

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. Fernando Antonio, Sernaque Auccahuasi**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente/Investigador de la escuela de Ingeniería Ambiental/UCV Campus LIMA- ESTE**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de las características del carbón activado**  
 1.5 Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %



DNI: 07268863

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. Lorgio, Valdiviezo Gonzales**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Campus LIMA- ESTE**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de las características del carbón activado**  
 1.5 Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

.

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %



Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzales  
DNI 40323063

**Anexo 15: Ficha de observación de la condición de operación del carbón activado modificado**

 Universidad César Vallejo	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA CONDICIÓN DE OPERACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO MODIFICADO</b>	<b>INSTRUMENTO N°3</b>	
<b>Título</b>	Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima - Perú 2023		
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de Recursos Naturales		
<b>Facultad</b>	INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
<b>Responsables</b>	Paliza Leandro, Yennifer Lucero		
	Palomino Laura, Lucero		
<b>Asesor</b>	Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline		
<b>Características</b>		<b>Fecha</b>	
<b>Código</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición / Unidades</b>	<b>Resultados</b>
	Tiempo de contacto	(Min)	
	Dosis de adsorbente	(g)	
	PH de la solución	Unidad de pH	

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Director de la escuela de Ingeniería Ambiental/UCV Campus LIMA- ESTE**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**  
 1.4 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de la condición de operación del carbón activado**  
 1.5 Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

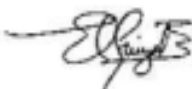
### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %



DNI: 40231227

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. Fernando Antonio, Bernaque Auccahuasi**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente/Investigador de la escuela de Ingeniería Ambiental UCV Campus LIMA- ESTE**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de la condición de operación del carbón activado**  
 1.5 Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %



DNI: 07268863

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. Lorgio, Valdiviezo Gonzales**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Campus LIMA- ESTE**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de la condición de operación del carbón activado**  
 1.5 Autor(A) de Instrumento: **Paliza Leandro, Yennifer Lucero – Palomino Laura Lucero**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
----

-
---

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------



Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzales  
DNI 40323063

## Anexo 16: Certificados de los equipos utilizados en laboratorio de Biotecnología



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PM-049-2022

Página 1 de 3

Expediente : 07P22-806  
Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
Dirección : AV. PARQUE N° 648 - SAN JUAN DE LURIGANCHO  
Instrumento : BALANZA ANALITICA (0.0001 g)  
Funcionamiento : NO AUTOMÁTICO  
Alcance de Indicación : 0 g a 220 g  
Div. Min. de Escala (d) : 0.0001 g  
Div. de Verificación (v) : 0.001 g (\*)  
Clase de Exactitud : CLASE II (\*\*)  
Capacidad Mínima : 10 E (\*\*\*)  
Marca : SARTORIUS  
Modelo : QUINTIX224 -1S  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Procedencia : ALEMANIA  
Número de Serie : 34550293  
Código de Identificación : D0786634  
Ubicación : BIOTECNOLOGIA  
Fecha de Calibración : 2022 - 11 - 30  
Fecha de Emisión : 2022 - 12 - 01

#### Método de Calibración Empleada

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones utilizando el procedimiento INACAL-DM PC-011: 2019 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II".

#### Observaciones

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

Se adhirió una etiqueta "Calibrado" a la balanza indicando la fecha de realización.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(\*) El valor de división de verificación (v) se escogió de acuerdo PC-011 Ed. 2019, ver 10.1 o manual de fabricante.

Se calibró hasta el alcance de 220 g



HCPP03-01

AV. PERU NRO. 236 URB. HUAQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PM-049-2022**

Página 2 de 3

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Instituto Nacional de Calidad INACAL-DM en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Patrón de Trabajo Pesas Acero Inoxidable (Clase de Exactitud E2)	Patrón de Pesación Certif./Inf. Calibración KDESSOMET PE21-C-1136
--	--

**Resultados de Calibración**

**Inspección Visual**

Ajuste de Cero	TIENE
Oscilación Libre	TIENE
Plataforma	TIENE
Sistema de Traba	NO TIENE

Escala	NO TIENE
Cursor	NO TIENE
Rivelación	TIENE

**Ensayo de Repetibilidad**

Condiciones Ambientales	Inicio	Fin
Temperatura	25.0 °C	25.8 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

Nº Evento	Carga (g)	I (g)	E (g)
1	110.0000	110.0001	0.00010
2		110.0000	0.00000
3		110.0000	0.00000
4		109.9999	-0.00010
5		109.9999	-0.00010
6		110.0000	0.00000
7		110.0001	0.00010
8		110.0000	0.00000
9		110.0000	0.00000
10		110.0000	0.00000
E. Máx. - E. Mín.		0.0003	g
e.m.p	±	0.0020	g

Nº Evento	Carga (g)	I (g)	E (g)
1	220.0000	220.0001	0.0001
2		220.0001	0.0001
3		220.0000	0.0000
4		219.9999	-0.0001
5		220.0001	0.0001
6		220.0001	0.0001
7		219.9999	-0.0001
8		220.0000	0.0000
9		220.0001	0.0001
10		220.0000	0.0000
E. Máx. - E. Mín.		0.0003	g
e.m.p	±	0.0030	g

HCPP03-01

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
PM-049-2022**

Página 3 de 3

**Ensayo de Pesaje**

Condiciones Ambientales	Inicio	Fin
Temperatura	26.0 °C	26.7 °C
Humedad Relativa	64 %	65 %

N° Evento	Carga (g)	Prueba de Acenso			Prueba de Descenso			e.m.p. (±g)
		I (g)	E (g)	Eo (g)	I (g)	E (g)	Eo (g)	
0	0.0010	0.0009	-0.0021					
1	0.1000	0.1001	0.0001	0.0002	0.1000	0.0000	0.0004	0.001
2	1.0000	1.0002	0.0002	0.0003	1.0006	0.0006	0.0007	0.001
3	5.0000	5.0003	0.0003	0.0004	5.0007	0.0007	0.0008	0.001
4	10.0000	10.0004	0.0004	0.0006	10.0008	0.0008	0.0009	0.001
5	25.0000	25.0002	0.0002	0.0003	24.9997	-0.0003	-0.0002	0.001
6	50.0000	50.0000	0.0000	0.0001	50.0000	0.0000	0.0001	0.001
7	110.0000	110.0001	0.0001	0.0002	110.0002	0.0002	0.0003	0.002
8	120.0000	120.0001	0.0001	0.0002	120.0000	0.0000	0.0001	0.002
9	150.0000	149.9999	-0.0001	0.0000	150.0000	0.0000	0.0001	0.002
10	180.0000	179.9999	-0.0001	0.0000	180.0001	0.0001	0.0002	0.002
11	200.0000	200.0000	0.0000	0.0000	199.9999	-0.0001	0.0000	0.002
12	220.0000	220.0001	0.0001	0.0002	220.0001	0.0001	0.0002	0.003

**Ensayo de Excentricidad**

Condiciones Ambientales	Inicio	Fin
Temperatura	26.4 °C	26.0 °C
Humedad Relativa	65 %	64 %

Posic. Carga	Carga (g)	Determinación de Error Eo			Determinación de Error Corregido Ec			e.m.p. (±g)
		I (g)	E (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	E (g)	
0	0.0010	0.0010	0.0000		70.0000	0.0001	0.0001	0.002
1	0.0010	0.0009	0.0000	70.0000	70.0000	0.0000	0.0000	
2		0.0010	0.0000		70.0000	0.0001	0.0001	
3		0.0010	0.0000		70.0000	0.0001	0.0001	
4		0.0010	0.0000		70.0000	0.0000	-0.0001	

Donde: e.m.p. Error Máximo Permitido para Balanzas de Funcionamiento No Automático con Clase de Exactitud

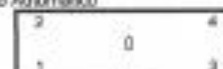
I, R: Indicación o lectura de la balanza en gramos (g)

AL: Carga agregada

E: Error encontrado

Eo: Error en cero

Ec: Error corregido



Vista frontal

Lectura Corregida

$$R_c = R - 0.617 \times 10^{-7} \times R$$

Incert. de Medición

$$U = 2 \times \sqrt{3.405 \times 10^{-8} \text{ g}^2 + 0.617 \times 10^{-12} \times R^2}$$

**Incertidumbre**

La Incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración

HCPP03-01

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT-029-2022**

Página 1 de 3

Expediente : OTF22-003  
 Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
 Dirección : AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Equipo de Medición : ESTUFA DE SECADO DIGITAL  
 Marca : BINDR  
 Modelo : ED 115 E3  
 Procedencia : UK  
 Código de Identificación : D07006642  
 Número de Serie : 15 - 10040  
 Temperatura de trabajo : 300°C  
 Ventilación : FORZADO  
 Lugar de Calibración : LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA  
 Carga : 5%

Instrumento de Medición :

Nombre	Marca/Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
BINDR	ED 115 E3	D07006642	Amb. + 5 °C a 300 °C	1 °C	Digital

Fecha de Calibración : 2022-11-30  
 Fecha de Emisión : 2023-02-01

**Método de Calibración Empleado**

La calibración se realizó empleando el Método de Comparación Directa entre las indicaciones de lectura del controlador de temperatura del equipo a calibrar y un termómetro digital con un termopar Potón, utilizando como referencia el Procedimiento de INDECOPVSMN "PC-016/Ed. 02 - Junio 2009: Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como Medio Termostático".

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,2	20,4
Humedad (%)	65	66

**Observaciones**

- Se programó el controlador del equipo en 300 °C para temperatura de trabajo.
  - El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de aproximadamente 2 horas.
- Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.
- PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
- El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



HCT-02 Rev.00

AV. PERU NRO. 236 URB. HUAGUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
PT-029-2022**

Página 2 de 3

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Temperatura del Instituto Nacional de Calidad INACAL-DM en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

Patrón de Referencia	Certificado / Informe de Calibración	Patrón Utilizado PREITEC	Certificado / Informe de Calibración
Termómetro de indicación Digital con incertidumbre del orden de 1,2 °C	INACAL-DM LT-170-2021 / LT-171-2021	Indicador Digital (PT-04) con incertidumbre del orden de 3 °C	UNIMETRO S.A.C CT-012-2022

**Resultados de la calibración:**

**CALIBRACIÓN PARA 300 °C ± 5 °C**

TIEMPO (min.)	Temperatura Termómetro del equipo (°C)	Temperatura Patrón (°C)	Corrección (°C)
0	300	300	0.0
1	300	300	0.0
2	300	300	0.0
3	300	300	0.0
4	300	300	0.0
5	300	300	0.0
6	300	300	0.0
7	300	300	0.0
8	300	300	0.0
9	300	300	0.0
10	300	300	0.0
11	300	300	0.0
12	300	300	0.0
13	300	300	0.0
14	300	300	0.0
15	300	300	0.0
16	300	300	0.0
17	300	300	0.0
18	300	300	0.0
19	300	300	0.0
20	300	300	0.0
21	300	300	0.0
22	300	300	0.0
23	300	300	0.0
24	300	300	0.0
25	300	300	0.0
26	300	300	0.0
27	300	300	0.0
28	300	300	0.0
29	300	300	0.0
30	300	300	0.0
T PROM	300.0	300.0	0.0
T MAX	300.0	300	
T MIN	10.0	300	
DTT	300.0	0	

HCT-02 Rev 00

AV. PERU NRO. 226 URB. HUACQUILLAY LIMA LIMA COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT-029-2022**

Página 3 de 3

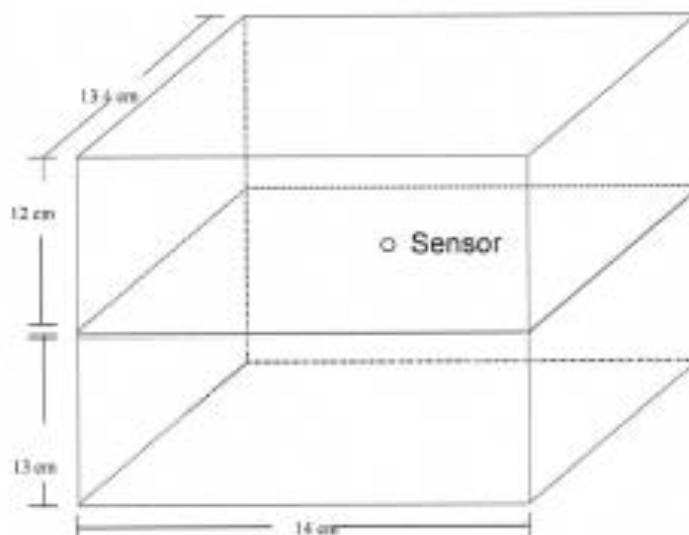
PARÁMETRO	Valor ( °C )
Máxima Temperatura Medida	300
Mínima Temperatura Medida	200.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0
Estabilidad Medida	± 0.0

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
 T.prom : Promedio de la temperatura de medición para un instante dado.  
 T.MAX : Temperatura máxima.  
 T.MIN : Temperatura mínima.  
 DTT : Desviación de Temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

**Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del medio isotermo: 3.8°C**

**DISTRIBUCIÓN DEL TERMOPAR**



El Termopar o sensor de alta está ubicado en el centro de la muña.

**Incertidumbre**

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en-2008 (JCGM 100:2008) y OIML G1-101-en-2008 (JCGM 101:2008) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones", La cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del certificado de calibración

HCT-02 Rev.00

AV. PFRÍ NRO. 236 IIRB. HUACQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS. TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
PFQ-024-2022**

Página 1 de 2

<b>Expediente</b>	: 0TF22-003
<b>Solicitante</b>	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.
<b>Dirección</b>	: AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO
<b>Instrumento</b>	: Medidor de pH de mesa
<b>Alcance de Indicación</b>	: 0.00 pH a 14.0 pH
<b>Div. Min. de Escala (d) (*)</b>	: 0.01 pH
<b>Clase de Exactitud</b>	: No Indica
<b>Marca</b>	: CRISON
<b>Modelo</b>	: BASIC 20
<b>Tipo de Indicación</b>	: Digital
<b>Procedencia</b>	: No Indica
<b>Número de Serie</b>	: 234053
<b>Código de Identificación</b>	: D07006138
<b>Ubicación</b>	: BIOTECNOLOGIA
<b>Fecha de Calibración</b>	: 2022 - 11 - 30
<b>Fecha de Emisión</b>	: 2022 - 12 - 01

**Método de Calibración:** Empleado

Método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del instrumento y disoluciones patrón. Tomando como referencia el procedimiento INDECOPUSNM PC-020, 2010 "Procedimiento de calibración de medidores de pH"

**Observaciones**

(\*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) del equipo.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(\*\*) Se adhirió una etiqueta "Calibrado" al equipo indicando la fecha de realizado.



HCPFQ-05-Rev 00

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PFQ-024-2022**

Página 2 de 2

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del National Institute of Standards and Technology (NIST) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad		Patrón de PRESITEC	
Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certif. / Inf. Calibración	
Dilución Tampón 4.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI. 190265/A U(k=2) ±0.14	SI Analytica GmbH DIN 55 350	
Dilución Tampón 7.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI. 1160115/A U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH DIN 55 350	
Dilución Tampón 10.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI. 170124/A U(k=2) ±3	SI Analytica GmbH DIN 55 350	
Dilución Tampón 12.85 m5 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI. 170124/A U(k=2) ±3	SI Analytica GmbH DIN 55 350	

**Condiciones Ambientales**

Condiciones Ambientales	Mínima	Máxima
Temperatura	20.3 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	88 %	89 %

**Resultados de Calibración**

Temperatura de Ensayo (°C)	Valor Certificado pH	Lectura de equipo pH	Error pH	Incertidumbre pH (k=2)
25.0	4.00	3.99	-0.01	0.14
24.3	7.00	7.01	0.01	0.14
24.8	10.01	10.02	0.01	0.15

**Incertidumbre**

La Incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración

HCPFO-05-Rev 00

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Y TRAZABILIDAD

**N° PF-005-2022**

Fecha de emisión: 2022-11-30  
Expediente: 001-2022

<b>UNIDAD BAJO PRUEBA:</b>	<b>FLOCULADOR PROGRAMABLE</b>		
Marca:	VELP	Alcance de indicación:	0 rpm a 300 rpm
Modelo:	F105 AO 100	División de escala:	1 rpm
Serie:	227324	Procedencia:	NO INDICA
Identificación:	D07006636		
Ubicación:	BIOTECNOLOGIA		

**SOLICITANTE:** UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
Dirección: AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO

**DE LA CALIBRACIÓN:** Fecha: 2022-11-30  
Lugar: BIOTECNOLOGIA - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
Método: Comparación directa con tacómetro patrón.

**CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,2 °C
Humedad Relativa	69 %	63 %

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
NIST	Tacómetro Digital	LTF-C125-2021 INACAL DM

**RESULTADO DE LAS MEDICIONES:**

VALOR NOMINAL DEL EQUIPO (rpm)	INDICACION DEL PATRÓN	CORRECCIÓN (rpm)	INCERTIDUMBRE (rpm)
10	9,9	-0,1	1
150	150,6	-0,6	1
300	301,0	1,0	1

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

**OBSERVACIONES:**

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - 019 - 2022**

Página 1 de 5

Expediente : OTF23-002  
 Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
 Dirección : AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO  
 Equipo de Medición : D.B.O. Incubadora Refrig  
 Marca : YELP  
 Modelo : F10400143  
 Procedencia : No Indica  
 Código de Identificación : D07006639  
 Número de Serie : 203914  
 Temperatura de trabajo : 43°C  
 Ventilación : NATURAL  
 Lugar de Calibración : BIOTECNOLOGIA  
 Carga : 0%  
 Instrumento de Medición :

Nombre	Marca/Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
D.B.O. Incubadora Refrig	YELP	D07006639	3 °C a 60 °C	0,1 °C	Digital

Fecha de Calibración : 2022-11-30  
 Fecha de Emisión : 2022-12-01

**Método de Calibración Empleado**

La calibración se realizó empleando el Método de Comparación Directa entre las indicaciones de lectura del controlador de temperatura del equipo a calibrar y un termómetro digital con 10 termopares, utilizando el Procedimiento de INDECOPUGNM "PC-018 Ed. 02 - Junio 2009: Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medida Isotermos con Aire como Medio Termostático".

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20.2	20.4
Humedad (%)	66	66

**Observaciones**

- Se programó el controlador del equipo en 43.0 °C para temperatura de trabajo.
  - El tiempo de calentamiento fue de 83 minutos y estabilización del equipo fue de aproximadamente 60 minutos.
  - La tolerancia usada es de 1.0 °C según proceso indicado por el usuario.
- Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.
- PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
- El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



HCT-02 Rev.00

AV. PERU NRO. 236 URR. HUIAQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TEL.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - 019 - 2022**

Página 2 de 5

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Temperatura del Instituto Nacional de Calidad INACAL-OM en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

Patrón de Referencia	Certificado / Informe de Calibración	Patrón Utilizado PRESITEC	Certificado / Informe de Calibración
Termómetro de Indicación Digital con incertidumbre del orden de 0.021 °C a 0.07 °C	INACAL-OM LT-2017-2021	Indicador Digital (PT-04) G&Slogger 10 sensores (K 1-10) con incertidumbre del orden de 0.3 °C	PROYECTOS PESACON PM-005-2022

**Resultados de la calibración:**

**CALIBRACIÓN PARA 43 °C**

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom. (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	43.0	43.1	43.0	43.1	43.0	43.2	42.7	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.60
2	43.0	43.1	43.0	43.0	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.60
4	43.0	43.1	43.0	43.1	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.60
6	43.0	43.0	43.0	43.1	43.0	43.2	42.6	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.65
8	43.0	43.1	43.0	43.1	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.65
10	43.1	43.1	43.0	43.0	43.0	43.2	42.7	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.60
12	43.1	43.1	43.0	43.1	43.0	43.2	42.7	43.4	43.1	42.8	43.0	43.0	0.70
14	43.1	43.1	43.0	43.1	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.60
16	43.1	43.0	43.0	43.1	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.60
18	43.0	43.0	43.0	43.1	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.7	43.0	43.0	0.65
20	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.2	42.7	43.3	43.1	42.7	43.0	43.0	0.60
22	43.0	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1	42.7	43.3	43.2	42.8	42.9	43.0	0.60
24	43.0	43.1	43.1	43.1	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.8	43.0	43.0	0.55
26	43.0	43.0	43.0	43.1	43.0	43.1	42.7	43.2	43.1	42.8	43.0	43.0	0.60
28	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.1	42.8	43.3	43.1	42.8	42.9	43.0	0.65
30	42.9	43.0	42.9	43.0	42.9	43.1	42.8	43.2	43.1	42.7	42.9	42.9	0.55
32	42.9	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	42.8	43.1	43.0	42.7	42.9	42.9	0.50
34	42.9	43.0	43.0	43.0	42.9	43.0	42.8	43.2	43.0	43.1	42.9	42.9	0.60
36	42.9	42.9	42.9	43.0	42.9	43.0	42.8	43.1	43.0	42.7	42.9	42.9	0.55
38	43.0	42.9	42.9	43.0	42.9	43.0	42.8	43.1	43.0	42.8	42.9	42.9	0.60
40	43.0	43.0	42.9	43.0	42.9	43.2	42.8	43.1	42.9	42.7	43.0	42.9	0.65
42	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	42.8	43.2	43.0	42.7	42.9	42.9	0.60
44	43.0	43.0	43.0	43.1	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.8	42.9	43.0	0.60
46	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.1	42.7	43.3	43.0	42.8	42.9	43.0	0.60
48	42.9	43.0	42.9	42.9	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.8	42.9	43.0	0.65
50	42.9	43.1	43.0	43.0	43.0	43.1	42.8	43.3	43.0	42.8	42.9	43.0	0.70
52	42.9	43.1	43.0	43.0	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.7	42.9	43.0	0.60
54	42.9	43.1	43.0	43.0	43.0	43.1	42.7	43.3	43.1	42.7	42.9	43.0	0.65
56	42.9	43.1	43.0	43.0	43.0	43.1	42.7	43.4	43.1	42.8	42.9	43.0	0.70
58	42.9	43.1	43.0	43.0	43.0	43.1	42.7	43.4	43.1	42.8	42.9	43.0	0.70
60	42.9	43.0	43.0	43.0	43.0	43.1	42.7	43.3	43.2	42.8	42.9	43.0	0.65
T.PROM	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.1	42.8	43.3	43.1	42.7	42.9	43.0	
T.MAX	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1	43.2	42.7	43.4	43.2	42.8	43.0		
T.MIN	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	43.0	42.8	43.1	42.9	42.6	42.9		
DTT	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	

HCT-02 Rev 00

AV. PERU NRO. 236 URB. HUAQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS. TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - 019 - 2022**

Página 3 de 5

PARÁMETRO	Valor ( °C )	Incertidumbre Expandida ( °C )
Máxima Temperatura Medida	43.4	0.2
Mínima Temperatura Medida	42.5	0.2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0.25	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	0.6	0.3
Estabilidad Medida	± 0.1	0.04
Uniformidad Medida	0.7	0.3

T PROM - Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
 T prom - Promedio de la temperatura en las diez posiciones de medición para un instante dado.  
 T MAX - Temperatura máxima.  
 T MIN - Temperatura mínima.  
 DTT - Desviación de Temperatura en el tiempo.

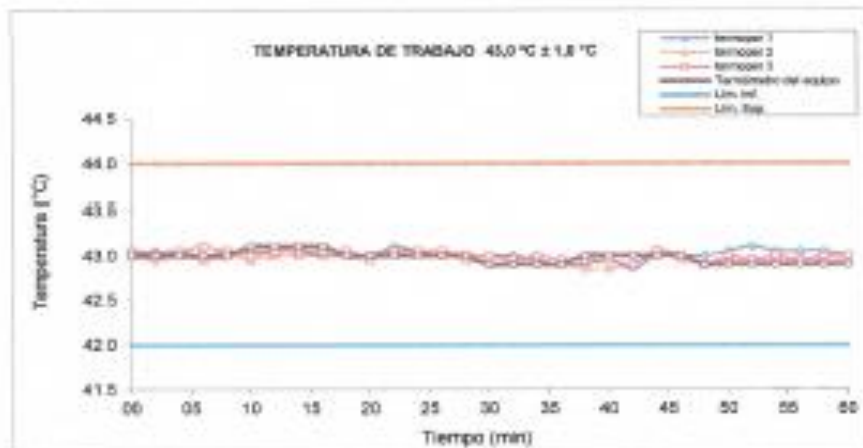
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del medio (isotermo): **0.8 °C**

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  máx. DTT.



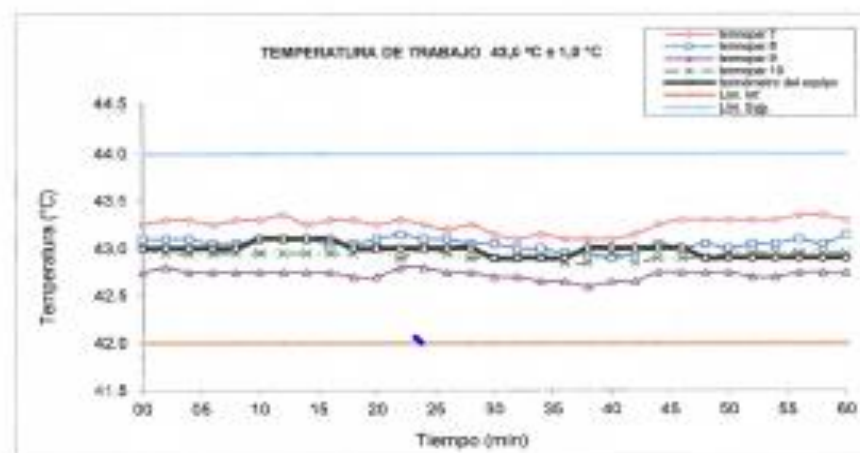
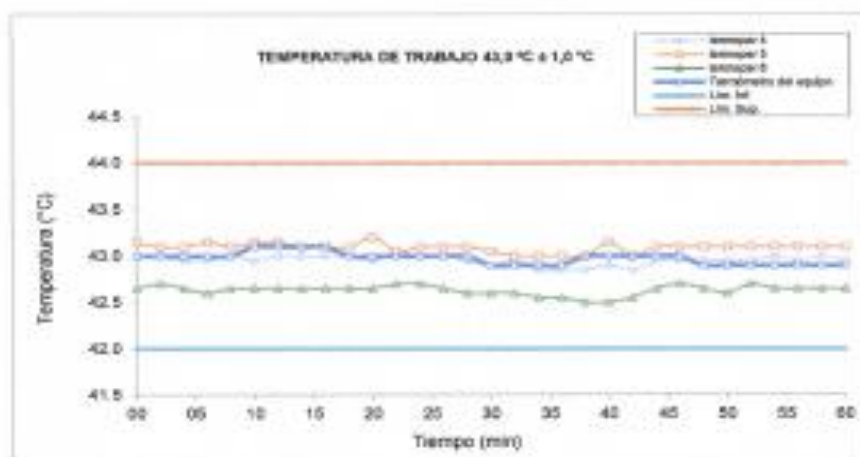
HCT-02 Rev.00

AV. PERU NRO. 236 URB. HUAQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - 019 - 2022**

Página 4 de 5



HCT-02 Rev.00

AV. PERU NRO. 236 URB. HUAQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

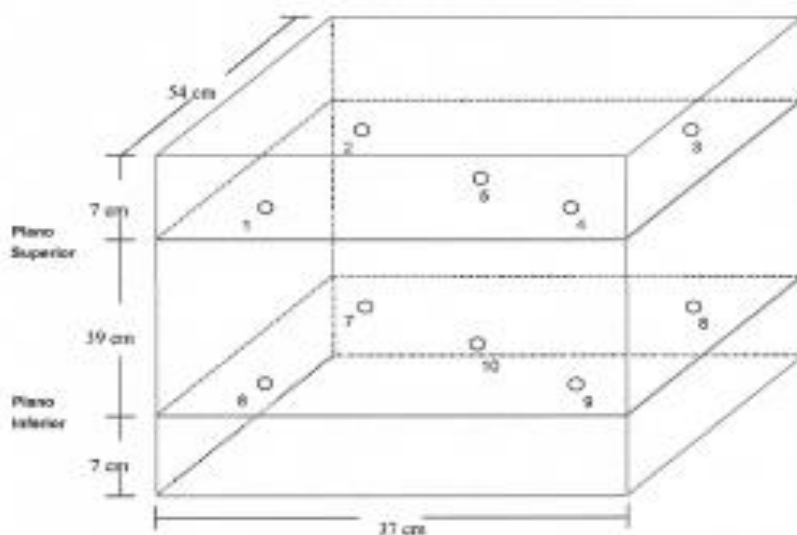
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
PT - 019 - 2022**

Página 5 de 5

**DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES**



Los termopares del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la bandeja superior.  
Los termopares del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la bandeja superior.  
Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro del plano superior e inferior, respectivamente.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 4 cm de las paredes laterales y a 4 cm del frente y fondo de la incubadora.

**Incertidumbre**

La incertidumbre de medición reportada ha sido obtenida de acuerdo con la guía OIML G1-100 en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML G1-101 en: 2009 (JCGM 101:2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones". La cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor  $k=2$  para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del certificado de calibración

HCT-02 Rev.00

AV, PERU NRO. 236 URB. HUAQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PQ-00134-2022**

Página 1 de 2

Explente : OTF22-003  
Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
Dirección : AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO  
Instrumento : ESPECTOFOTOMETRO UV / VISIBLE  
Ancho de banda espectral : 1.8 NM 5.1 MN  
Rango : 190 A 1100 NM  
Marca : THERMO Fisher SCIENTIFIC  
Modelo : G10S UV - V/te  
Tipo de Indicación : Digital  
Procedencia : USA  
Número de Serie : 2L5R059149  
Código de Identificación : D07006633  
Ubicación : LABORATORIO BIOTECNOLOGIA  
Fecha de Calibración : 2022 - 11 - 30  
Fecha de Emisión : 2022 - 12 - 01

**Método de Calibración** Empleado

Método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del instrumento y disoluciones patrón.

**Observaciones**

(\*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) del equipo.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(\*\*) Se adhirió una etiqueta "Calibrado" al equipo indicando la fecha de realizado.



HCPFQ-05-Rev 00

AV. PERU NRO. 236 URB. HUAQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PQ-00134-2022**

Página 2 de 2

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del National Institute of Standards and Technology (NIST) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

Trazabilidad	Patrón de PRESITEC		
	Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Calif. / Int. Calibración
PATRON DE FLURECENCIA		LIG 258 2021	UJHY 25476 2021

**Condiciones Ambientales**

	Minima	Máxima
Temperatura	20.3 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	66 %	69 %

**Resultados de Calibración**

RANGO DE LINEALIDAD	Valor Certificado	Lectura de equipo	Error	Incertidumbre o (k=2)
	0	0	0	
3 nm	3 nm	3 nm	0.00	0.00
50 nm	50 nm	50 nm	0.00	0.00
200 nm	200 nm	200 nm	0.00	0.00
340 nm	340 nm	340 nm	0.00	0.00

**Incertidumbre**

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La incertidumbre de medición reportada se denomina incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

.....  
 Fin del Certificado de Calibración

HCPFQ-05-Rev 00

AV, PERU NRO. 236 URB. HUAGUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN