

PROVEIDO 001965-2026-UNH/FCI

EXPEDIENTE : 2026-0021297

ASUNTO: DESIGNACIÓN DE ASESOR, APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE PROYECTO DE TESIS, MEDIANTE ACTO RESOLUTIVO

REFERENCIA : OFICIO N° 000604-2026-EPIAS DESIGNACIÓN DE ASESOR, APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE PROYECTO DE TESIS, MEDIANTE ACTO RESOLUTIVO

FECHA

16/10/2026

Atender en 0 días

SANCHEZ ARAUJO VICTOR GUILLERMO
DECANO(A)



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCVELICA

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



Firmado digitalmente por DUEÑAS
JURADO Carlos FAU 20168014962
soft
Cargo: Director(A) De Escuela
Profesional
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14.10.2026 13:47:55 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 14 de Octubre del 2026

OFICIO N° 000604-2026-UNH/EPIAS

Señor (a):

VICTOR GUILLERMO SANCHEZ ARAUJO
DECANO(A)

Presente. -

**Asunto: DESIGNACIÓN DE ASESOR, APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE
PROYECTO DE TESIS, MEDIANTE ACTO RESOLUTIVO.**

Referencia: INFORME 000008-2026-UNH/DAIAS-BCR (13OCT2026)

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para hacerle llegar el saludo cordial a nombre de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria y el mío propio, en atención al documento de la referencia, solicito aprobación mediante acto resolutivo la designación de Asesor, Aprobación e Inscripción de Proyecto de Tesis, el cual adjunto al presente los documentos de la referencia:

ASESOR:

Mg. BRAULIO CCORA REPUELLO

PROYECTO DE TESIS:

**“EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DE DIFERENTES DEL CARBÓN ACTIVADO *Vicia faba* EN LA
REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ACORIA, 2026”**

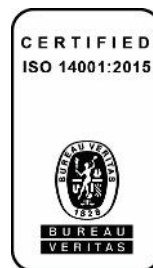
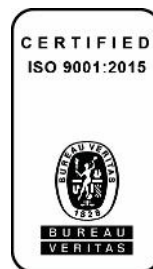
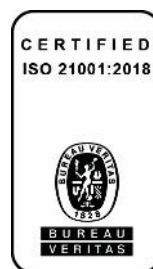
PRESENTADO POR:

JUNIOR PORFIRIO TICLLACURI SORIANO

CLEVER PAITAN CARBAJAL

Hago propicia la oportunidad para expresarle el testimonio de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



Documento Firmado Digitalmente

CARLOS DUEÑAS JURADO
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
«ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA»

CDJ/hcq
cc.:

N° Expediente: 2026-0021297



Escanea para verificar

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.

Dirección web: <https://sgd2.unh.edu.pe/verifica/inicio.do>
Código de Verificación: **9WRH0SN**

Ubicación:

Jr. Victoria Garma N° 330
y Jr. Hipólito Unanue N° 209
Local Central - Huancavelica

(www.unh.edu.pe)



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCAVELICA

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

N° Expediente: 2026-0021297



Escanea para verificar

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.

Dirección web: <https://sgd2.unh.edu.pe/verifica/inicio.do>

Código de Verificación: **9WRH0SN**

Ubicación:

Jr. Victoria Garma N° 330
y Jr. Hipólito Unanue N° 209
Local Central - Huancavelica

(www.unh.edu.pe)



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCVELICA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



Firmado digitalmente por CCORA
REPUELLO Braulio FAU
20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.10.2026 01:09:00 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 13 de Octubre del 2026

INFORME N° 000008-2026-UNH/DAIAS-BCR

A: **CARLOS DUEÑAS JURADO**
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

ASUNTO: **INFORME DE ASESOR DE PROYECTO DE TESIS.**

Referencia: MEMORANDO 000071-2026-UNH/EPIAS (29SEP2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 13 de Octubre de 2026

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente, asimismo en atención al documento de la referencia de designación como asesor del Proyecto de Tesis "EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DE DIFERENTES DEL CARBÓN ACTIVADO Vicia faba EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ACORIA, 2026" presentado por los estudiantes: TICLLACURI SORIANO Junior Porfirio y PAITAN CARBAJAL Clever. Para asesoramiento emito el INFORME de acuerdo a la FICHA DE EVALUACIÓN DE PROYECTO DE TESIS/TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO ACADÉMICO, para los fines que estime convenientes.

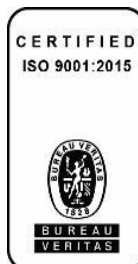
Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

BRAULIO CCORA REPUELLO
DOCENTE CONTRATADO
«DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA»

BCR
CC.:



N° Expediente: 2026-0021297



Escanea para verificar

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.

Dirección web: <https://sgd2.unh.edu.pe/verifica/inicio.do>
Código de Verificación: **ZC5ZGID**

Ubicación:
Jr. Victoria Garma N° 330
y Jr. Hipólito Unanue N° 209
Local Central – Huancavelica

Visítanos: www.unh.edu.pe

	Reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica	Código:	RE-VRAC-PO01-1-1
		Versión:	1
		Página:	Página 63 de 95

Anexo 02

Ficha de evaluación de proyecto de tesis/trabajo de investigación/trabajo académico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIA DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

FICHA DE EVALUACIÓN DE PROYECTO DE TESIS/TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO ACADÉMICO

Título del proyecto	Eficiencia de adsorción de diferentes del carbón activado Vicia faba en la remoción de materia orgánica del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, 2026.
Investigador	Junior Ticllacuri Soriano; Clever Paitan Carbajal
Asesor(a)	Braulio Ccora Repuello

INCOMPLETO (1)	BUENO (2)	MUY BUENO (3)
----------------	-----------	---------------

TITULO		ESCALA		
		1	2	3
1	El título presenta: claridad, precisión y coherencia (mínimo 15 y máximo 20 palabras)	X		
2	Delimitación adecuada		X	
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		1	2	3
3	Delimita y contextualiza el problema.		X	
4	La redacción del planteamiento del problema es coherente.	X		
5	Argumentación con referencias bibliográficas.		X	
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA		1	2	3
6	La formulación del problema está redactada con claridad y precisión.	X		
7	El problema presenta variable(s) y tiene relación con el título.		X	
8	Los problemas específicos se relacionan con el problema general.		X	
OBJETIVOS		1	2	3
9	El objetivo general evidencia el propósito del estudio		X	
10	Los objetivos específicos se derivan del objetivo general y son factibles de alcanzar.		X	
11	Los objetivos responden al problema de investigación.		X	
JUSTIFICACIÓN		1	2	3
12	Se exponen las razones ¿por qué?, ¿para qué? y la viabilidad del estudio.		X	
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO				
ANTECEDENTES		1	2	3
13	Presenta los antecedentes y los integra en relación con el problema de investigación.		X	

14	En los antecedentes se mencionan el problema, objetivo(s), metodología, población, resultados y conclusiones.				X
BASES TEÓRICAS			1	2	3
15	La organización de las bases teóricas es coherente y corresponde a las variables de estudio.			X	
16	Las bases teóricas fundamentan las variables de estudio.			X	
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS			1	2	3
17	Define los conceptos más relevantes del estudio.			X	
18	Utiliza 10 conceptos como mínimo con fuentes en orden alfabético.				X
HIPÓTESIS			1	2	3
19	La hipótesis se enuncia de manera clara y precisa.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente	Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación		X
20	Si no plantea hipótesis las investigaciones tecnológicas obtienen la ponderación máxima				X
21	La hipótesis responde al problema de investigación.				X
VARIABLES			1	2	3
22	Identifica(n) con precisión la(s) variable(s) de estudio			X	
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			1	2	3
23	La operacionalización presenta definición conceptual y operacional de la(s) variable(s) o también presenta dimensiones (si es pertinente), indicadores, ítems o instrumentos.			X	
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA			1	2	3
24	Identifica el ámbito de estudio.				X
25	Selecciona y fundamenta el tipo y nivel de investigación.				X
26	Existe correspondencia entre nivel y diseño de investigación.				X
27	Señala la población y muestra de estudio.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente	Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación		X
28	Selecciona y fundamenta el tipo de muestreo a utilizar.				X
29	Selecciona y fundamenta las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio.				X
30	Precisa los procedimientos para la recolección de datos.			X	
31	Especifica y fundamenta la(s) técnica(s) y procedimientos estadísticos(s) para el análisis de datos.			X	
CAPÍTULO IV: ASPECTO ADMINISTRATIVO			1	2	3
32	Se señala el recurso humano y los recursos materiales y equipos		X		
33	El presupuesto, financiamiento y cronograma de actividades son coherentes.			X	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS			1	2	3
34	Las citas y referencias se corresponden con el estilo de redacción.				X
35	Todas las citas están referenciadas y validadas.			X	
ANEXOS			1	2	3
36	La matriz de consistencia expresa la relación del problema, objetivos, hipótesis, variables y metodología de estudios.			X	



	4	24	8
--	---	----	---

CONTEO TOTAL DE MARCAS	A	B	C
(realice el conteo de marcas en cada una de las tres categorías de la escala y anote)			

$$Puntaje\ Total = 1(A) + 2(B) + 3(C) = 1(4) + 2(24) + 3(8) = 76$$

Para el resultado final, ubicar el puntaje obtenido en la siguiente tabla:

RESULTADO	INTERVALO
Desaprobado 	[1 – 36]
Replantear 	(36 – 72]
Aprobado 	(72 – 108]

Nombre del asesor: Braulio Ccora Repuello

Huancavelica, 12 de octubre de 2026


Firmado digitalmente por CCORA
REPUELLO Braulio FAU
20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.10.2026 01:01:00 -05:00

Asesor

Nota:

* Con dos veces desaprobado se cambia automáticamente nuevo proyecto de investigación.

** El presente formato de acta es flexible, debiendo contener mínimamente la información descrita.



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCVELICAESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

Firmado digitalmente por DUEÑAS
JURADO Carlos FAU 20168014962
soft
Cargo: Director(A) De Escuela
Profesional
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.09.2026 09:35:32 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 29 de Septiembre del 2026

MEMORANDO N° 000071-2026-UNH/EPIAS

A: **BRAULIO CCORA REPUELLO**
DOCENTE CONTRATADO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

ASUNTO: **DESIGNACIÓN DE ASESOR PARA PROYECTO DE TESIS.**

Referencia: **INFORME 000073-2026-UNH/UFGT-EPIAS (22SEP2026)**

Fecha elaboración: Huancavelica, 28 de Setiembre de 2026

Por medio del presente me dirijo a Usted, de mi especial consideración y estima personal, asimismo en atención al documento de la referencia se designa como asesor del Proyecto de Tesis **"EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DE DIFERENTES DEL CARBÓN ACTIVADO *Vicia faba* EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ACORIA, 2026"** presentado por los estudiantes: **TICLLACURI SORIANO Junior Porfirio y PAITAN CARBAJAL Clever**. Para su respectivo asesoramiento de acuerdo al del Reglamento de Grados y Títulos de la UNH.

-SEGUN EL ART. 17.4 DEL REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS, EL DIRECTOR DERIVA AL ASESOR PARA REVISIÓN DEBIENDO EMITIR UN INFORME AL DIRECTOR EN UN PLAZO MÁXIMO DE 10 DÍAS, CON EL RESULTADO DE LA EVALUACIÓN UTILIZANDO EL ANEXO 02 Y ADJUNTAR EL PROYECTO DE TESIS EN MEDIO DIGITAL.

-ADJUNTO ANEXO 02

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

CARLOS DUEÑAS JURADO
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

CDJ/hcq
cc.:

N° Expediente: 2026-0021297



Escanea para verificar

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.

Dirección web: <https://sgd2.unh.edu.pe/verifica/inicio.do>
Código de Verificación: **O3UVBHY**

Ubicación:
Jr. Victoria Garma N° 330
y Jr. Hipólito Unanue N° 209
Local Central - Huancavelica

(www.unh.edu.pe)



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCAMELICA

UNI. FUN. GESTIÓN DE GRADOS Y
TÍTULOS - EPI AMBIENTAL



Firmado digitalmente por ENRIQUEZ
NATEROS Nilo Abelardo FAU
20168014962 soft
Cargo: Coordinador De Gestion De
Grados Y Titulos
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.09.2026 02:01:44 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 22 de Septiembre del 2026

INFORME N° 000073-2026-UNH/UFGT-EPIAS

A: **CARLOS DUEÑAS JURADO**
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

ASUNTO: **PROPUESTA DE DESIGNACIÓN DE ASESOR PARA PROYECTO DE TESIS.**

Referencia: PROVEIDO 000736-2026-UNH/EPIAS (13AGO2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 14 de Setiembre de 2026

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarle cordialmente, y a la vez remitir la propuesta de asesor de acuerdo al documento en referencia, proponiendo a los docentes Mg. Braulio CCORA REPUELLO, y Dr. Jorge Luis HUERE PEÑA del proyecto de tesis titulado: **"EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DE DIFERENTES DEL CARBÓN ACTIVADO VICIA FABA EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ACORIA, 2026"** presentado por los estudiantes **TICLLACURI SORIANO Junior Porfirio** y **PAITAN CARBAJAL Clever**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, a fin de que su despacho remita a quien corresponda para su posterior trámite.

Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

NILO ABELARDO ENRIQUEZ NATEROS
COORDINADOR DE GESTION DE GRADOS Y TITULOS
UNI. FUN. GESTIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS - EPI AMBIENTAL

NEN
cc.:

N° Expediente: 2026-0021297



Escanea para verificar

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.

Dirección web: <https://sgd2.unh.edu.pe/verifica/inicio.do>
Código de Verificación: **ANLZJ0H**

Ubicación:

Jr. Victoria Garma N° 330
y Jr. Hipólito Unanue N° 209
Local Central – Huancavelica

(www.unh.edu.pe)

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

PROVEIDO 000736-2026-UNH/EPIAS

EXPEDIENTE : **2026-0021297**

ASUNTO: SEGUN EL ART. 17.3 DEL REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS, EL DIRECTOR DERIVA A LA UNIDAD FUNCIONAL DE GRADOS Y TÍTULOS, A FIN DE QUE EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 DÍAS PROPOGA DOS DOCENTES Y EL DIRECTOR DESIGNA A UNO COMO ASESOR.

REFERENCIA : SOLICITUD Nº 001

SOLICITO DESIGNACION DE ASESOR

FECHA

13/08/2026

Atender en 0 días

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
UNI. FUN. GESTIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS - EPI AMBIENTAL ENRIQUEZ NATEROS NILO ABELARDO	ATENDER	NORMAL	

DUEÑAS JURADO CARLOS
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL

SOLICITO: DESIGNACION DE ASESOR

SEÑOR DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

Yo, **TICLLACURI SORIANO, Junior Porfirio**, identificado con **DNI N.º 70884104**. condición **ESTUDIANTE** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria solicito la designación de asesor para el desarrollo de mi proyecto de tesis titulado.

Yo, **PAITAN CARBAJAL, Clever**, identificado con **DNI N.º 71229962**. condición **ESTUDIANTE** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria solicito la designación de asesor para el desarrollo de mi proyecto de tesis titulado.

“Que, teniendo la necesidad de realizar nuestro proyecto de tesis, solicitamos la asignación de asesor.”.

Sugiriendo como asesor al docente: Mg. Nelson Silvestre Soto.

En cumplimiento de las disposiciones reglamentarias, declaro que todas las comunicaciones, resoluciones y notificaciones relacionadas con el proceso de obtención del título profesional mediante sustentación de tesis serán remitidas al siguiente correo institucional:

- Correo electrónico institucional para notificaciones oficiales:
- **2022161027@unh.edu.pe**
- **2022161049@unh.edu.pe**

Asimismo, me comprometo a revisar permanentemente el correo institucional y a dar respuesta o cumplimiento a las observaciones y disposiciones que se me notifiquen, reconociendo la plena validez legal de las notificaciones digitales emitidas con firmas digitales institucionales.

Huancavelica, 12 de agosto de 2026



**TICLLACURI SORIANO, Junior
Porfirio**

DNI: 70884104
Cel: 921508005



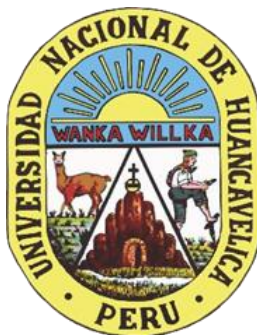
PAITAN CARBAJAL, Clever
DNI: 71229962

Cel: 916340609

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N° 25264)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SANITARIA**



(PROYECTO DE TESIS)

Eficiencia de adsorción de diferentes del carbón activado *Vicia faba* en la remoción de materia orgánica del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, 2026.

LINEA DE INVESTIGACION

Ciencias de la construcción, minería y medio ambiente sostenible

PRESENTADO POR:

Junior Ticllacuri Soriano

Clever Paitan Carbajal

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental y Sanitaria

HUANCABELICA - PERÚ

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema.

La calidad del agua residual tratada se evalúa mediante parámetros fisicoquímicos como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Estas estrategias buscan optimizar los procesos de tratamiento de aguas residuales con especial énfasis en la remoción de indicadores de calidad biológica y química como la DBO, la DQO y los SST (Gaspar et al., 2025). La determinación de la DBO₅ y la DQO constituye el procedimiento analítico estándar para evaluar la calidad del agua residual, cuantificando la demanda de oxígeno asociada a la materia orgánica presente en el efluente (Diwyanjalee et al., 2024). En este contexto, el carbón activado forma una elección tecnológica ampliamente respaldada para el tratamiento avanzado de aguas residuales. Las unidades de carbón activado granular aplicadas como etapa terciaria permiten minimizar las concentraciones de DQO y DBO entre un 80 % y 94 %, dado que el tratamiento secundario convencional solo logra reducir el 47 % de la carga orgánica residual (Nabavi et al., 2022).

El incremento del área superficial del carbón activado potencia su capacidad de adsorción al aumentar los sitios activos disponibles y la cinética de retención de la carga orgánica del agua residual (Almadani, 2023). Asimismo, el carbón activado comercial es el material más utilizado en la remoción de contaminantes por adsorción, pero su principal desventaja radica en que no puede ser regenerado tras la adsorción, por tal razón existe un interés creciente en adsorbentes derivados de residuos de leguminosas derivados, cultivos ricos en nutrientes y con alto contenido proteico, especialmente en regiones donde los productos cárnicos y lácteos no son accesibles por razones geográficas o económicas (Nindjio et al., 2022).

De acuerdo con el Banco Mundial (2013) menos del 15% de las aguas residuales domésticas reciben tratamiento, ya que las aguas negras suelen contaminar las aguas superficiales, lo que genera importantes problemas para la salud humana, la ecología y la vida silvestre. Para mejorar y reducir la población del planeta, es fundamental considerar las condiciones de salud, las prácticas de higiene y la calidad del agua. Reconocido por la Organización Mundial de la Salud (2017), en 2016, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó que el acceso a agua potable segura y saneamiento adecuado es una necesidad humana fundamental. Acción Contra el Hambre (2017) sostiene que, debido a la falta de acceso a agua, salud e higiene, cada año 361,000 niños y niñas menores de 5 años se ven afectados. En consecuencia, señalamos que más del 80% de las aguas residuales se generan en el ecosistema sin ningún tratamiento adecuado. Si no se gestionan correctamente, estas aguas residuales pueden impactar gravemente aspectos críticos de la vida humana y planetaria: el ecosistema, la salud y la nutrición.

A nivel internacional, diversos estudios evidencian que la presencia de contaminantes orgánicos, micro contaminantes emergentes, aceites y colorantes en aguas residuales y agua potable forma parte de un problema ambiental vigente, debido a su impacto en la calidad del agua y la salud pública. Frente a este panorama, el carbón activado ha emergido como una de las tecnologías de una mayor eficacia para el tratamiento terciario de aguas residuales en una (PTAR). El carbón activado es muy utilizado en el tratamiento avanzado de aguas residuales para remover contaminantes orgánicos, incluyendo fármacos, que eluden los procesos biológicos convencionales; sin embargo, los carbones activados de base fósil generan emisiones sustanciales de CO₂ y entran en conflicto con los objetivos de la bioeconomía circular. Esto ha impulsado la búsqueda de fuentes alternativas de biomasa para la producción de carbón activado sostenible y de bajo costo (Kaetzl et al., 2025a). De acuerdo con este contexto, investigaciones recientes han evaluado la preparación de biocarbón a partir de tallos de *Vicia faba* mediante pirólisis directa a 600 °C, reportando una eficiencia de remoción de fenol del 88.86%, un contenido de carbono del 83.1% y una superficie específica de 144.34 m²/g (Barbari et al., 2025a).

A nivel nacional, la deficiencia en el tratamiento de aguas residuales es un dilema estructural que compromete la calidad de los cuerpos receptores. Según la SUNASS, entre 2016 y 2020 la cobertura de tratamiento en el ámbito de las EPS se incrementó del 66,4 % al 77,7 %; no obstante, muchas PTAR aún enfrentan problemas técnicos, falta de mantenimiento o capacidad limitada para tratar el volumen generado (CEPLAN, 2022). Esta situación se agrava considerando que aproximadamente cinco millones de personas no cuentan con agua potable, cerca de once millones carecen de alcantarillado y solo el 62 % del desagüe captado por las EPS se procesa en plantas de tratamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2024) . En el Perú, uno de los ríos más contaminados es el río Mantaro, que constituye un cuerpo receptor de efluentes líquidos provenientes de la actividad minera desde la naciente de su cuenca; las concentraciones de cadmio, cobre, plomo y zinc superan los ECA para agua y los Límites Máximos Permisibles, y se registran niveles elevados de coliformes termo tolerantes y alta presencia de materia orgánica (Mallqui Perez et al., 2022). Asimismo, parámetros como la DQO han alcanzado valores de hasta 548 mg/L, muy por encima del límite ECA de 30 mg/L, y los coliformes termo tolerantes han llegado a 490 000 000 NMP/100 ml (Zambrano Delgadillo et al., 2024), evidenciando la necesidad urgente de tecnologías de tratamiento complementario que reduzcan la carga orgánica de los efluentes antes de su disposición final.

En cuanto a las plantas de tratamiento, los datos son preocupantes. Una investigación sobre el efecto del vertimiento de aguas residuales en la calidad del agua en el río Ilave reportó valores de DQO de 610.5 mg/L y DBO de 244.22 mg/L, superando los límites establecidos por el ECA-Agua para conservación del medio acuático; asimismo, la PTAR de Ilave presentó una eficiencia promedio de solo 43.07% en remoción de materia orgánica, lo que indica un tratamiento insuficiente (Oliver Chata Calli, 2026). Situación que evidencia la obligación urgente de implementar etapas de tratamiento terciario mediante adsorbentes eficientes en las PTAR del país.

A nivel local, investigaciones desarrolladas en contextos regionales similares evidencian que las aguas residuales provenientes de actividades mineras, agroindustriales e industriales continúan presentando concentraciones significativas. Estudios realizados en el sur del país han demostrado que el uso de carbón activado obtenido a partir de residuos vegetales constituye una alternativa viable y sostenible para la remoción de contaminantes en aguas residuales, evidenciando la necesidad de evaluar su aplicación en contextos locales específicos con el fin de mejorar la calidad del efluente y reducir el impacto ambiental generado por estos vertimientos (Ortiz et al., 2022). En la región de Huancavelica exactamente en la microcuenca del Río Ichu, investigaciones realizadas muestran que no cumple con el ECA para agua, categoría 4 de conservación del ambiente acuático (Luz Luisa Huamaní Astocaza, 2022).

La investigación se desarrolla en región de Huancavelica, distrito de Acoria, PTAR de este distrito y se orienta a evaluar el tratamiento de aguas residuales a través del uso de carbón activado. Los principales involucrados son las entidades responsables de la gestión del tratamiento y la población beneficiaria del servicio. El estudio se realiza con el propósito de aumentar la efectividad del tratamiento y contribuir a la mejora de la calidad del efluente. La limitada eficiencia de los tratamientos convencionales constituye la causa principal de la permanencia de contaminantes en el efluente tratado, generando como efecto una calidad de agua insuficiente para su adecuada disposición. Frente a esta problemática, la presente investigación aporta una alternativa técnica orientada a mejorar la remoción de contaminantes mediante el uso de carbón activado, contribuyendo al fortalecimiento del tratamiento de aguas residuales en el distrito de Acoria.

1.1.1. Formulación del problema.

1.1.2. Problema general

¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de carbón activado obtenido de cascara de haba *Vicia faba* en la eliminación de materia orgánica de la planta de tratamiento de aguas residuales del lugar de distrito de Acoria, 2026?

1.1.3. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de carbón activado obtenido de cascara de haba *Vicia faba* en la remoción de DBO₅ del efluente de la PTAR del distrito de Acoria, 2026?
- ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de carbón activado de cascara de haba *Vicia faba* en la remocion de SST del efluente de la PTAR del distrito de Acoria, 2026?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de las diferentes dosis de carbón activado obtenido de cáscara de haba *Vicia faba* en la remoción de materia orgánica del efluente de la PTAR del distrito de Acoria, 2026.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de las diferentes dosis de carbón activado obtenido de cáscara de haba *Vicia faba* en la remoción de DBO₅ del efluente de la PTAR del distrito de Acoria, 2026.

Determinar el efecto de las diferentes dosis de carbón activado obtenido de cáscara de haba *Vicia faba* en la remoción de SST del efluente de la PTAR del distrito de Acoria, 2026.

1.3. Justificación.

El agua simboliza el recurso esencial para la vida y el sustento de las comunidades; sin embargo, actualmente se produce un proceso continuo de contaminación debido al vertido de aguas residuales sin tratar o tratadas de forma inadecuada. En la zona de Acoria, la planta de tratamiento de aguas residuales debe cumplir con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental, lo que conlleva un deterioro de la calidad del agua y afecta directamente la salud de la comunidad y el equilibrio ecológico de los receptores humanos.. Esta problemática no es ajena a la realidad que viven muchas comunidades rurales del país, donde la infraestructura de saneamiento ha crecido más lento que la demanda poblacional, dejando a familias enteras expuestas a fuentes de agua comprometidas. En Acoria, los pobladores que dependen de las quebradas y ríos cercanos como fuente de abastecimiento son quienes enfrentan con mayor crudeza las consecuencias de un efluente que no alcanza los estándares mínimos de calidad. Esta realidad obliga a replantear no solo los procesos técnicos de la planta, sino también la forma en que se priorizan las inversiones en saneamiento básico a nivel local y regional.

Ante esta situación, es necesario evaluar terapias alternativas que mejoren la eficacia de la eliminación de materia orgánica. En este contexto, el uso de carbón activado ofrece una solución viable y sostenible, gracias a su capacidad de adsorción y a su habilidad para mejorar la calidad de los efluentes producidos por la planta de tratamiento de aguas residuales de Acoria. Debido a sus altos costos o a las dificultades de mantenimiento, el carbón activado puede integrarse en los procesos actuales sin necesidad de una renovación completa de la planta, lo que lo convierte en una opción particularmente viable en situaciones con aplicaciones restringidas. Su implementación no solo cumple con una obligación regulatoria, sino que también representa una acción tangible que protege el ecosistema acuático local y mejora las condiciones de vida de la comunidad de Acoria.

1.3.1. Justificación Académico

El estudio emplea un enfoque metodológico, ya que utiliza un diseño experimental centrado en la variación de la dosis de carbón activado y el tiempo de contacto, lo que permite obtener resultados cuantitativos que identifican las mejores condiciones para la eliminación de la materia orgánica. Esto proporcionará datos fiables y replicables, que podrán utilizarse en futuras investigaciones y servirán como base metodológica para la implementación de tecnologías de adsorción en plantas de procesamiento similares.

1.3.2. Justificación Social

La justificación práctica radica en que el estudio proporciona datos relevantes sobre la dosificación y la duración del contacto con carbón activado, lo que garantiza una eficacia significativa en la eliminación de sustancias orgánicas. Estos resultados nos permiten optimizar los procesos de Acoria PTAR, facilitando la implementación técnica de las acciones por parte de las autoridades locales y los operadores de la planta. De esta manera, fomentamos una gestión más eficaz de las aguas residuales y garantizamos el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

1.3.3. Justificación Ambiental

El presente estudio pone de relieve varias limitaciones que deben tenerse en cuenta al evaluar las circunstancias. Para empezar, carecemos de un laboratorio acreditado, de los gastos necesarios para las evaluaciones ambientales y de factores externos como las complicaciones derivadas del cambio climático, las inundaciones imprevistas y los vertidos esporádicos de aguas residuales sin control.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Internacionales.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Barbari et al.(2025) en su investigación titulado *Análisis cinético e isotérmico de la eliminación de fenol mediante biocarbón procedente de tallos de Vicia faba* cuyo objetivo fue preparar biocarbón a partir de tallos de Vicia faba mediante pirólisis y la metodología consistió la caracterización del biocarbon de VFS mediante el análisis de Brunauer-Emmett-Teller (BET) para determinar el área superficial, espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar grupos utilizados, difracción de rayos X (XRD) a las muestras de soluciones acuosas sintéticas de fenol(10-100mg/L); pH 2–12; dosis de adsorbente de 0,5–4 g/L; temperatura 25 °C; n = 108 ensayos en lote y el análisis de los resultados del biocarbon de Vicia faba presentó área BET de 144,34 m²/g, contenido de carbono de 83,1 % y estructura porosa laminar. La eficiencia máxima de remoción de fenol fue 88,86 % a pH 6 y equilibrio en 3 h. teniendo como resultados que de los tallos de Vicia faba es un adsorbente efectivo y de bajo costo para contaminantes orgánicos como el fenol.

El Gamal & Gomaa, (2025) en su investigación presentada titulado *Carbón activado procedente de residuos agrícolas para la adsorción de contaminantes orgánicos* tubo como objetico evaluar el carbón activado derivado de residuos agrícolas de borla de maíz (MTAC) como adsorbente sostenible y de bajo costo para la remoción de contaminantes orgánicos y reducción de la demanda química de oxígeno (DQO), para la síntesis de MTAC por carbonización química; caracterización por BET a las muestras de efluentes industriales sintético y real con DBO inicial: 300–800 mg/L; pH 2–10; temperatura 20–40 °C; dosis de MTAC: 0,5–4 g/L; en los resultados se alcanzó una capacidad máxima de adsorción de 464 mg/g y una remoción de DQO del 92,8 % bajo

condiciones óptimas de pH 6 y 30 °C, concluyendo que el MTAC representa una solución altamente eficiente, sostenible y escalable para el tratamiento de efluentes con alta carga orgánica, siendo el pH el factor más determinante en la capacidad de adsorción.

Kaetzl et al., (2025) en su artículo titulado *Carbones activados biogénicos procedentes de biomasa de pastizales de conservación para la eliminación de microcontaminantes orgánicos en aguas residuales municipales* cuyo objetivo fue evaluar carbones activados biogénicos producidos de biomasa de praderas de conservación para la remoción de micro contaminantes orgánicos en efluentes de PTAR Municipales, comparando su desempeño con carbones comerciales de origen fósil, donde la metodología aplicada incluyó pretratamiento, pirólisis y activación del biocarbón, experimentos de adsorción en lote con UVA₂₅₄, y análisis comparativo de emisiones de gases de efecto invernadero sobre efluente secundario de una PTAR alemana; en los resultados se alcanzó el 50 % de remoción de MCOs a 13 mg/L, comparable a carbones comerciales , con correlación fuerte entre UVA₂₅₄ y remoción de MCOs y una reducción de emisiones de GEI del 94 %) frente al carbón fósil; concluyendo que los carbones biogénicos de praderas constituyen alternativas sostenibles con desempeño equivalente al carbón comercial y huella ambiental drásticamente menor, y que el UVA₂₅₄ permite monitoreo en tiempo real de la eficiencia de remoción en PTAR.

Hashem et al., (2024) en su artículo titulado *Rendimiento del carbón activado de cáscaras de maní para la eliminación simultánea de azul de metileno y plomo de aguas contaminadas* cuyo objetivo fue preparar carbón activado de bajo costo a partir de cáscaras de maní mediante activación química con NaOH, ZnCl₂ y vapor, evaluando su capacidad para la remoción simultánea de azul de metileno y plomo de aguas contaminadas, donde la metodología aplicada incluyó caracterización por SEM, FTIR y fisisorción de N₂, difusión intraparticular y de película, isothermas de Langmuir y Freundlich, y análisis termodinámico sobre 96 ensayos en lote con concentraciones de 10–200 mg/L a pH (2–12) y temperaturas de (25–45) °C; en los resultados se determinó que la activación con ZnCl₂ generó el carbón con mayor área superficial y eficiencia,

confirmando adsorción espontánea y termodinámicamente favorable; concluyendo que las cáscaras de maní generan carbón activado altamente eficiente para la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, con alta eficiencia de aplicación en sistemas de tratamiento de aguas residuales de bajo costo.

Piai et al., (2024) en su artículo titulado *Efectos de la materia orgánica en el agua potable y las aguas residuales sobre la adsorción de microcontaminantes al carbón activado* cuyo objetivo fue investigar los efectos de la materia orgánica natural presente en efluentes municipales y agua potable sobre la adsorción de micro contaminantes en carbón activado granular se utilizaron como fuentes de materia orgánica el afluyente de filtros de carbón activado de una planta de agua potable y el efluente de aguas residuales, y se analizó su efecto sobre la afinidad de los microcontaminantes por el carbón activado y la efectividad de adsorción a las mismas concentraciones de carbono orgánico disuelto. Se combinaron métodos de caracterización de la materia orgánica (matrices de excitación-emisión) y análisis de factor paralelo y de fraccionamiento, basados en el tamaño y la hidrofobicidad, para evaluar la efectividad de componentes específicos que afectan la eliminación de microcontaminantes en los resultados muestran que tanto la concentración como la composición de la materia orgánica determinan su efecto sobre la afinidad de los microcontaminantes por el carbón activado y la tasa de adsorción concluyendo que la materia orgánica natural es el principal factor limitante en la adsorción de microcontaminantes sobre el carbon activado granular en efluentes, siendo esenciales las estrategias de pretratamiento previas al paso por carbón activado para maximizar la eficiencia y vida útil del adsorbente en PTAR.

Bih et al., (2024) en su artículo titulado *Adsorción de contaminantes como fenol y azul de metileno sobre carbón activado catalítico de alto rendimiento procedente de residuos de biomasa* cuyo objetivo fue sintetizar carbón activado de alta área superficial a partir de cáscaras de *Moringa oleifera*, sésamo y baobab, y evaluar su eficiencia para la remoción simultánea de fenol y azul de metileno en sistemas mono y binarios, donde la metodología aplicada incluyó carbonización con H_3PO_4 ; en los resultados se obtuvieron

áreas BET de 1902 m²/g (Moringa), 1412 m²/g (baobab) y 1116 m²/g (sésamo), con capacidad máxima de Langmuir para fenol de 312 mg/g, y una reducción del 18–25 % en la capacidad individual en sistema binario por competencia entre contaminantes; concluyendo que las cáscaras de biomasa producen carbones activados con excepcional área superficial y que la competencia entre contaminantes en sistemas binarios es crítica para el diseño de tratamientos de efluentes reales con mezclas de contaminantes.

Cho et al., (2023) en su investigación titulada *Uso estratégico de biocarbones de residuos de cultivos para la eliminación de compuestos peligrosos en aguas residuales* cuyo objetivo fue revisar las aplicaciones de biocarbones de residuos agrícolas en la adsorción de contaminantes no degradables como colorantes sintéticos, antibióticos, herbicidas y metales pesados donde en la metodología se analizaron las relaciones entre las propiedades fisicoquímicas (porosidad, grupos funcionales, heteroátomos y óxidos metálicos) y la capacidad de adsorción y los resultados se encontraron que los residuos de cultivos, al ser materiales lignocelulósicos ricos en carbono e ingredientes activos, pueden convertirse mediante valorización termoquímica en biocarbones con alta capacidad adsorbente, logrando eficiencias de remoción superiores al 85% para diversos contaminantes orgánicos e inorgánicos en el estudio se concluyó que los biocarbones de residuos agrícolas representan una solución prometedora para el tratamiento de aguas residuales, aunque se requieren más investigaciones para superar los desafíos actuales y establecer directrices para el desarrollo de adsorbentes eficientes a escala industrial

Krenz et al., (2023) en su artículo titulado *Valorization of faba bean (Vicia faba) by-products* cuyo objetivo fue revisar y valorizar los subproductos de la planta de haba (tallos, vainas y cáscaras de semilla) evaluando su composición fisicoquímica y potencial como agentes de biosorción para la remoción de metales pesados y colorantes sintéticos de efluentes industriales como alternativa al carbón activado convencional, donde la metodología aplicada consistió en una revisión bibliográfica sistemática con análisis de composición de biomasa, biosorción en lote con subproductos triturados, activación térmica a 200–400 °C, análisis BET, FTIR y SEM, y modelos de Langmuir y Freundlich

sobre 96 ensayos con concentraciones de Cr(VI) de (5–50)mg/L a pH 3–8; en los resultados se obtuvo una capacidad límite de adsorción (Q_m) de Cr(VI) de 19,4 mg/g sin activación y 35,2 mg/g con activación térmica, frente a 82–120 mg/g del carbón activado comercial, con un costo del biosorbente de *Vicia faba* 15–20 veces inferior; concluyendo que los subproductos de *Vicia faba* son biosorbentes de bajo costo y tecnología simple con capacidad adsorptiva moderada, cuya eficiencia podría incrementarse significativamente mediante activación química, justificando investigación adicional orientada a su escalamiento.

Jagaba et al., (2024) en su investigación titulada *Optimización paramétrica y modelado cinético para la eliminación de materia orgánica de aguas residuales de biorrefinerías de envases de papel derivados de residuos agrícolas* cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia del sistema de lodos activados de aireación prolongada (EAAS) complementado con este biosorbente y en la metodología se analizaron variables como el tiempo de retención hidráulica (1-3 días) y la concentración del agua residual (40-60%), y en los resultados se encontraron que el sistema logro reducciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) entre 95 y 98.2% y de Demanda Química de Oxígeno (DQO) entre 90.62 y 94.96%, alcanzando las máximas remociones de materia orgánica a los 2 días de retención hidráulica y con una concentración del 60% de agua residual; en el estudio se concluyó que el carbón activado de paja de arroz, obtenido a partir de residuos agroindustriales, es un biosorbente esencial y eficiente para la remoción de materia orgánica, representando una opción de tratamiento ecológica, sostenible y económicamente viable en comparación con materiales químicos convencionales.

Olufemi & Otolurin, (2017) en su trabajo de investigación denominado *Adsorción comparativa de petróleo crudo utilizando cáscara de mango (Mangnifera indica) y carbón activado de cáscara de mango* tuvo como objetivo comparar la capacidad de adsorción de cáscara de mango cruda (MS) frente a carbón activado derivado de esa cáscara (MSAC) para remover petróleo crudo en agua; prepararon el MSAC por carbonización y activación química (H_3PO_4), caracterizaron los materiales (FT-IR,

porosidad) y evaluaron efectos de dosis, tiempo, pH y temperatura concluyendo que el carbón activado mejoró significativamente la remoción de petróleo respecto a la cáscara cruda.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Chambi Hancoco (2018) en su trabajo de investigación titulado *Tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de coagulación-floculación y adsorción* tuvo como objetivo determinar la eliminación de sólidos en suspensión y detergentes mediante el uso de policloruro de aluminio y sulfato de aluminio, complementado con carbón activado de cuesco de palma, la metodología se desarrolló una investigación experimental secuencial que combinó coagulación-floculación y adsorción, primero, caracterizó el agua residual de lavanderías determinando sólidos en suspensión, detergentes, pH y DQO, luego, preparó carbón activado a partir de cuesco de palma mediante secado, trituración, tamizado y activación térmica o química, caracterizándolo con BET y FTIR, para la coagulación-floculación, realizó ensayos de jarras test utilizando policloruro de aluminio y sulfato de aluminio, evaluando diferentes dosis y pH, para posteriormente, sometió el efluente a adsorción en sistemas por lote con el carbón activado, evaluando pH (óptimo 6), dosis de adsorbente y tiempo de contacto (60 minutos óptimo), finalmente, cuantificó los contaminantes residuales (sólidos por gravimetría y detergentes por espectrofotometría), calculando eficiencias de remoción superiores al 94 % para sólidos y hasta 93,43 % para detergentes y los resultados indicaron una eficiencia de remoción de sólidos en suspensión superior al 94 % y una eliminación de detergentes de hasta 93,43 % a pH 6 con 60 minutos de adsorción, concluyendo que el carbón activado mejora significativamente la calidad del efluente para cumplir estándares ambientales.

Gutiérrez & Prado (2024) en su artículo titulada *Eficacia del carbón activado y reactivo Fenton en el tratamiento de aguas residuales del procesamiento de aceituna verde*, tuvo como meta principal evaluar la efectividad de dos tratamientos, adsorción con carbón activado y además con el reactivo Fenton, para reducir parámetros como la demanda biológica de oxígeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO) en aguas

residuales de la industria olivícola (IO), donde investigaron la industria olivícola (IO) que genera grandes cantidades de aguas residuales contaminadas, especialmente durante el tratamiento alcalino de aceitunas verdes, esto representa un problema ambiental, ya que estos efluentes contienen altos niveles de materia orgánica, compuestos fenólicos y sales. Se evalúa en tres regiones impactadas en Tacna, Perú, y se aplica a numerosos tratamientos con concentraciones variables de reactivos. El análisis muestra los niveles de DBO5 y DQO antes y después de los tratamientos, realizados a mitad del proceso para evaluar los resultados y confirmar los hallazgos. A partir de este análisis, se observó que ambos tratamientos lograron reducir significativamente los niveles de DBO5 y DQO; sin embargo, el reactor de Fenton se pierde debido a su mayor eficiencia en la reducción de DQO en todas las áreas evaluadas. Por diferentes razones, el carbón activado exhibe una mayor reducción en DBO5, particularmente en regiones con carga orgánica significativa, como si cada tratamiento estuviera funcionando de manera óptima: uno es muy eficiente en eliminar sustancias orgánicas difíciles de degradar, mientras que el otro maneja eficazmente altos niveles de materiales biodegradables simultáneamente. En consecuencia, la elección óptima del tratamiento dependerá de las características específicas del agua residual a tratar; por lo tanto, los hallazgos indican que el reactor de Fenton es una alternativa viable para áreas que presentan niveles de contaminación orgánica.

Acevedo Bautista & Alvarez Meza (2024) en su tesis titulada *Remoción de materia orgánica de aguas residuales municipales empleando un sistema combinado de carbón activo y lodos de depuradora* El estudio que se pretende realizar para evaluar la eliminación de materia orgánica de aguas residuales municipales mediante un sistema combinado de carbón activado y purificación utiliza un enfoque experimental con medición cuantitativa, de carácter aplicado y explicativo. El diseño del experimento es un Diseño Completo de Azar (DCA), consistente con las variables primarias: la cantidad de carbón activado (CA) y la carga del depurador (LD), manteniendo una duración de contacto constante, fijada en 5, 7 y 8 horas. Los resultados obtenidos del agua residual se recolectaron en el distrito de San Agustín de Cajas, ubicado en Huancayo, y

posteriormente se analizaron en el laboratorio. Los resultados iniciales mostraron concentraciones de 436,5 mg/L de DQO y 221,60 mg/L de DBO₅, demostrando una significativa carga de materia orgánica. En la etapa experimental se eligieron las combinaciones más efectivas de carbón activado y lodos de depuradora: 0,014 g/L (0,1 g/L de CA y 7 mL/L de LD), 0,030 g/L (0,15 g/L de CA y 5 mL/L de LD) y 0,020 g/L (0,2 g/L de CA y 10 mL/L de LD). Después, cada tratamiento fue llevado a un proceso de aireación con un flujo continuo de 1 L/min por vaso. Luego de 5, 7 y 8 horas de contacto, se tomaron muestras para determinar los niveles de DQO y DBO₅. Cada prueba fue realizada por duplicado para apoyar la veracidad de los resultados. Los resultados obtenidos fueron bastante alentadores, la mayor eficiencia se alcanzó de 0,020 g/L y un tiempo de aireación de 8 horas, obteniendo una remoción máxima de 83,66 % para la DQO y de 84,85 % para la DBO₅. Se concluyó que la combinación de carbón activado y lodos de depuradora presenta una alternativa eficaz para reducir significativamente la materia orgánica presente en las aguas residuales municipales.

Hinostroza Astuñaupá (2025) en su tesis titulada *Eficiencia del carbón activado de tusa de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes de aguas residuales domésticas en el Centro Poblado de Huamanmarca 2024* Buscamos evaluar el efecto del uso de carbón activado a base de maíz en la eliminación de coliformes termotolerantes presentes en las aguas residuales producidas en el Centro de Alimentos Humanos en 2024. En consecuencia, empleamos un método hipotético-deductivo con un diseño experimental de nivel explicativo, con el objetivo de evaluar el impacto de diversas dosis de carbón activado y duraciones de contacto en la efectividad del tratamiento. El estudio dejará de utilizar agua residual y administrará altas dosis de carbón activado (30 g, 40 g y 50 g) junto con tres duraciones de contacto (5, 10 y 15 minutos). A continuación, se examinarán las variaciones en los niveles de coliformes termotolerantes para evaluar la efectividad de cada tratamiento. Los resultados indicaron que el carbón activado derivado del maíz afecta notablemente la eliminación de coliformes termotolerantes, lo que conlleva una disminución de aproximadamente el 85%. Sin embargo, esto resalta la necesidad de mejorar el proceso para registrar la acumulación general de los umbrales establecidos por

los rigurosos criterios de calidad del agua. El análisis estadístico realizado con la prueba de Kruskal-Wallis indicó que la cantidad de carbón activado afectó significativamente la efectividad del tratamiento ($p = 0,004$). Por el contrario, el tiempo de contacto no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,195$), lo que sugiere que, dentro del intervalo evaluado, los cambios en la duración de la aplicación no suelen afectar la capacidad de eliminar coliformes termotolerantes.

Sandoval Quispe & Yupanqui Quispe (2023) en su tesis titulada *Aplicación del carbón activado granular y carbón activado en polvo como filtrantes para la mejora de la calidad de agua del río Alameda, Ayacucho, 2022* Este método evalúa la eficacia del carbón activado granular y el carbón activado en polvo como medios filtrantes para mejorar la calidad del agua en el río Alameda. La metodología emplea un diseño factorial con repeticiones, que incorpora factores como el tipo de carbón activado (granular y en polvo) y las cantidades de aditivos (200 g y 500 g). El filtro experimental tiene capacidad para 30 litros de agua del río Alameda, clasificada como agua de categoría 3 para uso de la flora y la fauna. Esta agua se recolecta durante periodos estables y se combina para llenar un recipiente de 30 litros, el cual se distribuye en volúmenes de 3 litros a cada uno de los filtros evaluados. Cada filtro se compone de 500 g de rocas arenosas, grava y arena, junto con las cantidades adecuadas de carbón activado granular o en polvo. De esta manera, se evalúa la capacidad de ambos materiales para mejorar la calidad física y microbiológica del agua. Los resultados indican que, al inicio del proceso de filtración, el agua del río Alameda presenta valores que se encuentran fuera de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de categoría 3. Entre los parámetros clave se encuentran los coliformes fecales o termotolerantes, que registran una concentración de 240,000 NMP/100 mL, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 40.50 mg/L y los aceites y grasas de 16.50 mg/L. Por otro lado, el pH se mide en 7.32, cumpliendo con el estándar establecido, lo que indica que el agua del río presenta una carga contaminante significativa antes del tratamiento, lo que resalta la evaluación del carbón activado como una opción para mejorar su calidad y también para reducir los parámetros que exceden los límites aceptables.

2.1.3. Antecedentes locales

Valdez Ortiz (2022) en la investigación titulada *Tratamiento de aguas residuales de la laguna de estabilización 'El Espinar' Puno, mediante carbón activado a partir de Lemna gibba*, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activado obtenido de *Lemna gibba* para la remoción de contaminantes en aguas residuales donde el estudio aplicó la metodología en la que, primero, recolectó y procesó *Lemna gibba* (lenteja de agua) para convertirla en carbón activado mediante secado, trituración y activación térmica o química para luego, caracterizar el material adsorbente y tomó muestras de agua residual de la laguna "El Espinar" en Puno, analizando sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos iniciales, posteriormente, montó un método de columnas de lecho estable empacadas con el carbón activado, por donde hizo circular el agua residual evaluando diferentes caudales y tiempos de contacto, finalmente, al comparar los resultados del agua tratada con los hallazgos iniciales, demostramos una disminución notable en las cargas orgánicas y turbias, lo que valida la eficacia del carbón activado por *Lemna gibba* como una opción sostenible y rentable para el tratamiento de aguas residuales en entornos rurales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Teoría de la adsorción

La teoría de la adsorción explica el proceso mediante el cual átomos, iones o moléculas presentes en una fase líquida o gaseosa se concentran en la superficie de un sólido debido a fuerzas físicas (adsorción física) o enlaces químicos (adsorción química). Esta teoría fue desarrollada formalmente a partir de los modelos propuestos por Freundlich y Langmuir, quienes demostraron que la cantidad de sustancia adsorbida depende de la concentración del adsorbato y de las características de la superficie del adsorbente, constituyendo la base científica para el uso de materiales porosos como el carbón activado en el tratamiento de aguas residuales (Langmuir, 2002).

2.2.2. Teoría del equilibrio de adsorción sólido-líquido.

La teoría del equilibrio de adsorción sólido-líquido describe que el proceso de adsorción alcanza un estado en el cual la concentración de un soluto adsorbido en la superficie del sólido está directamente relacionada con su concentración en la fase líquida hasta alcanzar un equilibrio dinámico; este comportamiento se representa mediante isothermas de adsorción que permiten describir la distribución del adsorbato entre ambas fases (Sircar, 2020).

2.2.3. Teoría del tratamiento terciario de aguas residuales.

El tratamiento terciario de aguas residuales comprende procesos avanzados que se aplican después del tratamiento primario y secundario para eliminar contaminantes remanentes que no pudieron ser retirados en las etapas anteriores, tales como sólidos finos, nutrientes, materia orgánica residual, microorganismos y otros compuestos específicos, elevando la calidad del efluente hasta niveles adecuados para su vertimiento o reutilización (Metcalf & Eddy, 2013)

2.2.4. Carbón activado.

Los materiales altamente carbonosos que tienen alta porosidad y capacidad de sorción producidos a partir de la madera, cáscaras de coco, carbón y conos, etc. El AC es uno de los adsorbentes de uso frecuente utilizados en diversas industrias para la eliminación de numerosos contaminantes de los cuerpos de agua y aire. Según el tamaño de partícula y el método de preparación, se puede clasificar en tres tipos: CA en polvo, CA granular y CA en perlas. El CA en polvo se forma a partir de gránulos finos de 1 mm de volumen con un diámetro promedio de 0,15-0,25 mm. El CA granular tiene un tamaño comparativamente mayor y una superficie externa menor (Sharma et al., 2022).

Figura 1

El carbón activo lo podemos encontrar en múltiples formas formatos



Nota. Se muestra los diferentes tipos de carbón activo. Tomado de Carrillo (2021).

2.2.4.1. Carbón activado granular.

El carbón activado granular destaca como un material absorbente altamente eficiente debido a su gran área superficial. Un gramo de carbón activado comercial típico tiene una superficie aproximada de 1000 m². Esta elevada superficie permite la acumulación de un gran número de moléculas contaminantes. La capacidad específica del carbón activado granular para adsorber compuestos orgánicos está relacionada con la atracción superficial molecular, la superficie total disponible por unidad de peso de carbón y la concentración de contaminantes en el flujo de aguas residuales (Chaturvedi & Dave, 2012).

2.2.4.2. Carbón activado en polvo.

El carbón activado en polvo es carbón activado molido. Según la norma DIN 12903, al menos el 95 % de la fracción másica debe tener un tamaño de grano inferior a 150 μm . El diámetro medio de partícula de los carbones activados en polvo típicos oscila aproximadamente entre 10 μm y 50 μm (Huber Technology Waste water solutions, 2025).

2.2.5. Preparación de carbón activado.

La obtención de carbón activado se ejecuta en dos procesos, la carbonización de la materia prima o activación física y la activación del producto carbonizado que es propiamente dicha la activación química con agentes químicos, tales como el ácido fosfórico, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, cloruro de zinc o ácidos inorgánicos. (Medina & Manrique, 2018).

2.2.5.1. Activación física.

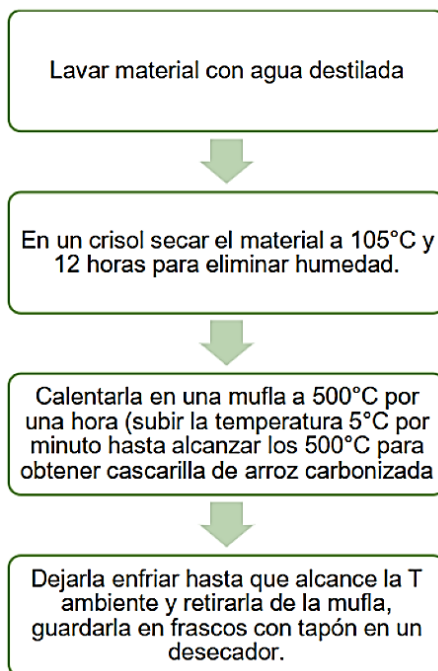
La Activación física también conocida como activación térmica suele desarrollarse en dos etapas principales: la carbonización del material precursor y la posterior gasificación vigilada del material carbonizado. En la etapa primera, conocida como pirolisis, es sometido a altas temperatura en ausencia de oxígeno, lo que provoca la eliminación de elementos como hidrógeno y oxígeno para dar presencia a una estructura rica en carbono con una porosidad inicial o rudimentaria, lo que servirá como base y así la presencia de poros durante la activación. En términos sencillos la pirolisis puede definirse como un proceso de descomposición físico-química de la materia orgánica a través del calor y en ausencia de un medio oxidante, lo que permite modificar su estructura del material sin que llegue a la combustión. Cuando la biomasa se somete a un proceso de pirolisis se obtienen como productos gases, líquidos y sólidos en diferentes proporciones, según el proceso empleado (Cerón & León, 2010).

La preparación del carbón mediante la activación física comienza con la selección y pesaje de la cantidad de materia prima que se utilizará en el desarrollo, generalmente se utilizan residuos de origen vegetal como la cascarilla de arroz, pulpa de café, cascara de

coco o cualquier material con alto contenido de carbono. Esta se lava con agua destilada para eliminar partículas finas e impurezas que pueden afectar al producto final. Posteriormente se somete al secado a una temperatura de 105°C durante 24 horas con el fin de reducir la humedad y se procede a activar en un crisol de material de concreto refractario para llevar a cabo la activación térmica. Durante esta etapa, la temperatura se incrementa gradualmente a una velocidad de 5°C por minuto hasta alcanzar la temperatura de 500°C, lo que favorece la descomposición de los compuestos orgánicos volátiles y el desarrollo de una estructura porosa. Luego, el material permanece una hora dentro de la mufla a la temperatura de activación (figura 1). Posteriormente, la mufla se deja enfriar de manera gradual hasta alcanzar una temperatura segura, etapa importante del proceso que evita que el material carbonizado entre en contacto repentino con el oxígeno presente en el aire exterior.. Este procedimiento se describe siguiendo las referencias planteadas en las investigaciones de (Liu et al., 2016) (Zhu et al., 2012).

Figura 2

Diagrama de la activación física



Nota. Se muestra el proceso de entrada y salida en obtención de carbón activado. Tomado de Medina & Manrique (2018).

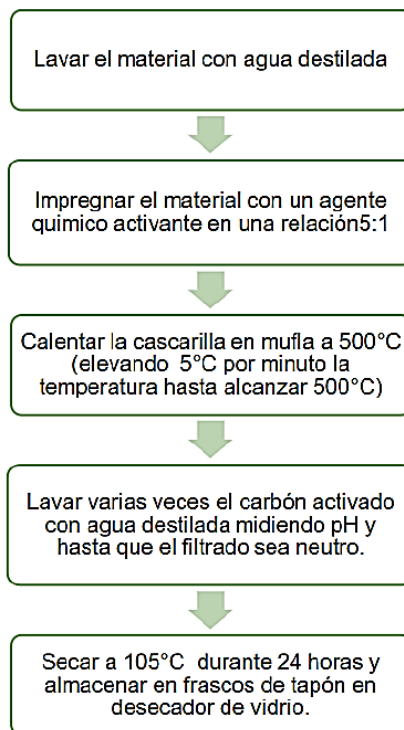
2.2.5.2. Activación química

La activación química se lleva mediante la impregnación del material precursor conjuntamente al agente químico, siendo el ácido fosfórico uno de los más utilizados debido a su alta efectividad. Una vez impregnado, el material se somete a un tratamiento térmico en un horno, normalmente a temperaturas comprendidas entre 500 y 700 °C. Durante el proceso, los agentes químicos favorecen el desarrollo de la estructura porosa del carbón y reducen la formación de material volátil y alquitranes, incrementando el rendimiento en carbono, y se obtiene un carbón con mejores propiedades adsorbentes, lo que lo convierte en un material más eficiente para aplicaciones de tratamiento de agua y remoción de contaminantes. (Cerón & León, 2010).

Mediante la activación química, la materia prima no solo se transforma en carbón, sino que también adopta características que le confieren una alta actividad superficial y una importante capacidad de adsorción. Este proceso se aplica directamente sobre la materia prima, la cual se mezcla previamente con un agente químico activante. Entre los compuestos más utilizados destacan el cloruro de zinc y el ácido fosfórico, ya que favorecen la formación de una estructura altamente porosa durante el proceso. La carbonización/activación se realiza a una temperatura de tratamiento entre 500 a 900°C.(Grisales & Rojas, 2016).

Figura 3

Diagrama de la activación química



Nota. Se muestra el proceso de entrada y salida en obtención de carbón activado.

Tomado de Medina Manrique (2018).

2.2.6. Carbón activado a través de desechos agroindustriales.

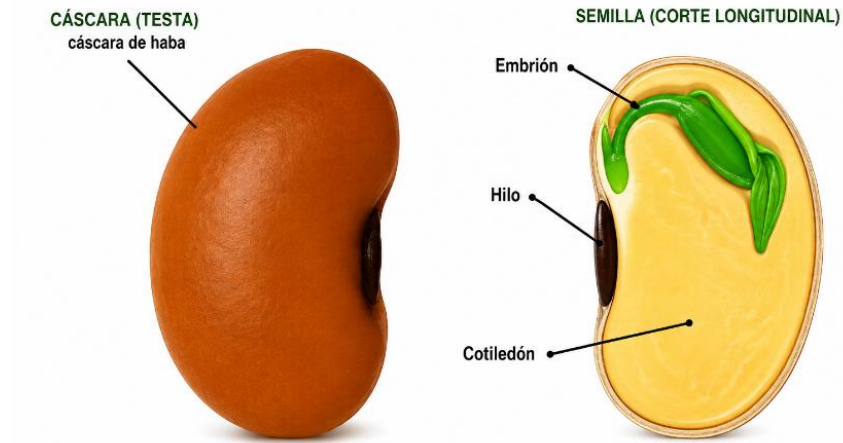
2.2.6.1. Cascara de haba *Vicia faba*.

El haba (vicia faba) denominada leguminosa forrajera tiene características morfológicas principales como la raíz, que se desarrolla en un 1,5 m de profundidad, el tallo que tiene una consistencia herbácea y tiene una altura entre 0,50 a 1,80 metros, el fruto que es la vaina y su semilla que está revestida por una estructura protectora conocida como cubierta seminal o cáscara de haba, este envuelve completamente la semilla que funciona como una barrera física, esta cáscara es rica en proteínas, fibra, entre otros componentes (Serpa Barahona, 2015).

Figura 4

Cáscara de la semilla de haba (Vicia faba)

Estructura de la cáscara de haba y su semilla



Nota. Anatomía de la semilla de Haba ilustración del Vector- Ilustración de primero, germen :89452625. Tomado de Serpa Barahona (2015).

2.2.6.2. Dosis de carbón activado.

Los mejores resultados más favorables se obtuvieron al emplear dosis de 20 g/L de carbón activado producido a partir de tusa de maíz y 20 g/L de carbón mineral con un tiempo de relación de 180 minutos. El carbón de leña (vegetal comercial) se descartó debido a que mostró un comportamiento deficiente en la remoción de color (Paola et al., 2019)

2.2.7. Materia orgánica.

2.2.7.1. Concepto de materia orgánica

La materia orgánica activa en las aguas residuales municipales está compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas, los cuales provienen de actividades domésticas e industriales. Estos compuestos pueden encontrarse tanto en formas disueltas como suspendidas en el agua. La mayor parte de estos compuestos son biodegradables, y su degradación biológica es la principal responsable de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (Metcalf & Eddy, 2013).

2.2.7.2. Parámetros relacionados con la materia orgánica.

La presencia de materia orgánica en las aguas residuales puede evaluarse mediante diversos parámetros que permiten conocer su concentración y el grado de contaminación existente. Entre los indicadores más utilizados se encuentran la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el carbono orgánico total (COT) y los Sólidos Volátiles Suspendidos (SVS). Cada uno de estos parámetros aporta información específica sobre la composición del agua. La DBO representa la fracción biodegradable de la materia orgánica, la DQO representa la materia oxidable total (biodegradable y no biodegradable), el COT proporciona una medida directa del carbono orgánico y los SVS representan la fracción orgánica de los sólidos suspendidos (Metcalf & Eddy, 2013).

2.2.7.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Es un parámetro ampliamente utilizado para estimar de manera directa la cantidad de materia orgánica activos en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, es por ello que es la cantidad de oxígeno disuelto (mg/L) que requieren(necesitan) los microorganismos presentes en el agua residual para oxidar, degradar, metabolizar o estabilizar biológicamente la materia orgánica biodegradable(carbono orgánico), mediante procesos biológicos aerobios(principalmente por bacterias y protozoos), bajo condiciones de tiempo y temperatura (5 días, 20°C), la cual esta expresada en mg/L, su determinación está basada en la oxidación natural de degradación, esta demanda de OD ejercen tres clases de materiales: carbonados, nitrogenados y ciertos compuestos químicos reductores (Metcalf & Eddy, 2013).

2.2.7.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es un parámetro utilizado para estimar de forma indirecta la cantidad de material orgánico presente en el agua. La demanda química de oxígeno es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, ya que mide la cantidad de oxígeno

disuelto (mg/L) requerido (necesario) para la oxidación química (descomposición química) de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes fuertes, las sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio en un ambiente ácido y a altas temperatura, esta se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales (Metcalf & Eddy, 2013).

2.2.7.5. Oxígeno Disuelto

Brouckaert et al. (2022) indica que el oxígeno disuelto para los procesos de tratamiento de aguas residuales y la acuicultura han cambiado. Se han propuesto diversas estrategias de control avanzadas, como el control predictivo basado en modelos, el control inteligente y el control híbrido, con el fin de ahorrar energía en la aireación, mejorar la eficiencia del control y la eliminación de nitrógeno, así como aumentar la calidad del efluente en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y el índice de salud de los peces de cultivo en acuicultura.

2.2.8. Determinación de capacidad de remoción.

A lo largo de este libro, destacamos la importancia de utilizar los datos de los puntos de muestreo de afluentes y efluentes para calcular la eficiencia de eliminación de contaminantes y ayudarle a evaluar el rendimiento de las plantas de tratamiento. En este capítulo, detallamos cómo calcular, informar e interpretar Eficiencias de remoción utilizando datos de puntos de muestreo de afluentes y efluentes. La eficiencia de eliminación de un determinado componente en una planta o unidad de tratamiento se informa con frecuencia como porcentaje (%) de eficiencia de eliminación (Von Sperling et al., 2022).

$$\%Eficiencia = \frac{(concentracion\ entrada - concentracion\ salida)}{concentracion\ entrada} * 100$$

2.2.9. Aguas residuales

2.2.9.1. Concepto de agua residuales

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (Organismo de Evaluación y Fiscalización, 2019).

2.2.9.2. Características y parámetros de aguas residuales.

Las aguas residuales presentan una serie de características físicas, químicas y biológicas que son fundamentales para su evaluación y tratamiento. Estas características permiten conocer el grado de contaminación de agua y facilitan así la selección de los procesos óptimos para su depuración (von Sperling, 2020).

2.2.9.3. Características físicas

Metcalf et al., (2016) Las principales características físicas de las aguas residuales son los sólidos, la turbidez, el color, el olor y la temperatura.

2.2.9.3.1. Sólidos totales

Los sólidos totales corresponden a la materia que queda como residuo tras evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura de 103–105 °C, incluyendo tanto la fracción en suspensión como la disuelta (American Public Health Association (APHA), 2017).

2.2.9.3.2. Temperatura

La temperatura del agua es un parámetro muy importante, porque afecta directamente el desarrollo de la vida acuática, actividad bacteriana, la velocidad de las reacciones químicas.(Metcalf & Eddy, 2013)

2.2.9.4. Características químicas

Comprenden la materia orgánica, nutrientes como nitrógeno y fósforo, sales disueltas, metales pesados, además de parámetros como el pH, la DQO y la DBO (APHA, 2017).

2.2.10. Fases o tipos de tratamiento de aguas residuales

2.2.10.1. Tratamiento preliminar o pretratamiento

- a. *Cribas o devaste*. El tratamiento preliminar de aguas residuales se enfoca en tratar físicamente el efluente para remover sólidos suspendidos de gran tamaño y materiales flotantes como trapos, papel, cuerdas y fibras. El paso inicial incluye rejillas gruesas y finas, trituradoras y cámaras de desarenado. Las cribas gruesas utilizan barras metálicas colocadas a un ángulo aproximado de 60° respecto a la dirección del flujo. (Fernandes et al., 2024)
- b. *Desarenador*. La remoción de grit (arena) es un paso crítico en una planta de tratamiento de aguas residuales municipal. El grit generalmente se refiere a sólidos inorgánicos como arena, grava y cenizas con poca o ninguna materia orgánica putrescible. Si no se elimina, las partículas de grit se sedimentan en tuberías, canales y tanques aguas abajo y también causan la abrasión de los equipos mecánicos dentro de la planta. (Hoiberg & Shah, 2021)

2.2.10.2. Tratamiento primario

En el tratamiento secundario de aguas residuales, los procesos físicos implican la sedimentación de los sólidos en suspensión que se encuentran en el agua residual. En este tratamiento se realiza la separación física de los sólidos presentes en el agua residual lo cual involucra una disminución en la carga de DBO, donde su eliminación es más costosa (Sperling, 2017).

- a. *tanque Imhoff*. Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso correcto es necesario que las aguas

residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas (Moreno, 2017).

2.2.10.3. Tratamiento secundario.

El objetivo es eliminar la materia orgánica en suspensión. Utilizando procesos biológicos, aprovechando la acción de los microorganismos, que en su proceso alimenticio descomponen la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aeróbicos (en presencia de oxígeno) y los anaeróbicos (en ausencia de oxígeno) (Moreno, 2017).

- a. *filtro biológico*. Un filtro biológico es un sistema de tratamiento de aguas residuales que utiliza un lecho de material (como arena, carbón activado o materiales sintéticos) sobre el cual se desarrollan microorganismos que forman una biopelícula. Esta biopelícula degrada la materia orgánica contenida en el agua residual a medida que esta fluye a través del lecho filtrante (Sinha & Mukherji, 2022).
- b. *lodo activado*. Las dosis activadas aceleran el metabolismo de las bacterias hasta que se liberan al aire. Al interactuar con el agua residual, los sedimentos se impregnan de estos microorganismos. Una vez que las aguas residuales se acumulan en el tanque de sedimentación durante la fase inicial, un tanque de aire comienza a expandirse, mezclándose con el aire y combinándose con el lodo bacteriano que se ha estado sedimentando durante varias horas. Durante este tiempo, las bacterias degradan la materia orgánica en subproductos inofensivos (Environmental Protection Agency, 2022).

2.2.10.4. Tratamiento terciario.

En este tratamiento se emplean combinaciones adicionales de los procesos y operaciones unitarias con el fin de remover los nutrientes, tales como el nitrógeno y el fósforo, cuya reducción con tratamiento secundario no es eficiente (Environmental Protection Agency, 2022).

Tabla 1

Tipos de tratamiento de aguas residuales

Tipo de tratamiento	Características	Ejemplos
Preliminar	La finalidad de este elemento es eliminar cualquier partícula sólida que pueda interrumpir el funcionamiento de las etapas de procesamiento posteriores que involucren sólidos, granos, aceites y grasas. (Romalho, 2003).	Rejas y cribas de barras, tamices, desmenuzadores, desarenadores, separadores de grasas y aceites, tanques de preaireación y aliviadores.
Primario	La finalidad es la eliminación de la materia orgánica suspendida (40 a 60%), por medio de procedimientos físicos, químicos y a veces biológicos (Romalho, 2003).	Fosas sépticas, tanques de doble acción, tanques de sedimentación, filtración, neutralización y flotación.
Secundario	Su finalidad es eliminar las diferentes sustancias orgánicas, específicamente la DBO, que no pueden eliminarse durante el tratamiento primario mediante métodos biológicos. En este tratamiento se estimula el crecimiento de microorganismos degradadores de materia orgánica (Romalho, 2003).	Lechos bacterianos, lodos activados, lagunas de estabilización, biodiscos, filtros bacterianos, filtros percoladores, reactor de lodos de lujo ascendente (UASB)

Terciario o avanzado	El objetivo es remover cualquier otro elemento no deseado, como los nutrientes (nitrógeno y fosforo) (Romalho, 2003).	Cloración, ozonización, carbón activado, intercambio iónico osmosis inversa, rizofiltración.
-----------------------------	---	--

Nota. Se muestra los procesos unitarios que existe para tratar aguas residuales. Tomado de Canales & Sevilla (2016).

2.2.11. Límites máximos permisibles

El (Ministerio del Ambiente, 2010), publicó el Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda, esta normativa se aprobó con la finalidad de controlar los excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente. Los límites máximos permisibles son los siguientes:

Tabla 2

Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR

Parámetros	Unidad	LMP de Efluentes de Cuerpos de Aguas
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Coliformes de Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200

pH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	< 35

Nota. Se muestra la normativa de los límites máximos permisibles para efluente. Tomado del Ministerio del Ambiente (2010).

2.3. Definición de términos.

- **Adsorción:** Procedimiento mediante el cual los átomos, iones o moléculas se mantienen en la superficie de una sustancia. Donde la sustancia retenida en la superficie se denomina adsorbato y el sólido que capta las sustancias se denomina adsorbente (Izquierdo, 2010).
- **Adsorbato:** El adsorbato se define como la sustancia (átomos, moléculas o iones) que se fija o acumula sobre la superficie de un sólido o líquido denominado adsorbente como resultado del proceso de adsorción, debido a interacciones físicas, químicas o electrostáticas entre ambas fases. El adsorbato puede encontrarse originalmente en fase líquida o gaseosa y su retención en la superficie del adsorbente determina la eficiencia del proceso de adsorción (Ruthven, 2010).
- **Alquitranes:** En el contexto del tratamiento de aguas residuales y la gestión de lodos se refiere a un subproducto complejo y no deseado, generado principalmente durante procesos termoquímicos como la gasificación o pirólisis de los fangos (lodos) procedentes de las plantas de tratamiento (M. Aznar, 2020).
- **Afluente:** Es el agua residual u otro líquido que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2013).

- **Bioadsorción:** Proceso por el cual ciertos tipos de materiales de origen natural retienen y concentran en su superficie sustancias y compuestos de diversa naturaleza química presentes en disoluciones acuosas (Izquierdo, 2010).
- **Biopelícula:** Una biopelícula (biofilm) es una comunidad estructurada de microorganismos que se adhiere a superficies bióticas o abióticas, o se presenta como agregados no adheridos a superficies, cuyas células se encuentran embebidas en una matriz de sustancias poliméricas extracelulares (EPS) producida por ellas mismas. Esta matriz, compuesta por polisacáridos, proteínas, lípidos y ADN extracelular, proporciona estabilidad mecánica, protección contra factores ambientales y antimicrobianos, y facilita la comunicación intercelular y el intercambio genético. Las biopelículas representan la forma predominante de vida microbiana en la naturaleza y desempeñan un papel fundamental en procesos ambientales, industriales y clínicos (Sauer & Stoodley, 2022).
- **Cribado:** El cribado, también conocido como desbaste, es la primera etapa del pretratamiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Consiste en un proceso físico-mecánico que utiliza rejillas, barras o mallas con aberturas de diferentes tamaños para retener y eliminar los sólidos gruesos y materiales de gran tamaño arrastrados por el agua residual, tales como trapos, plásticos, maderas, ramas, fibras textiles y otros residuos. Su función principal no es reducir la carga contaminante del agua, sino proteger los equipos e infraestructuras posteriores (bombas, tuberías, válvulas, medidores) de obstrucciones, desgaste y daños mecánicos, garantizando así la continuidad y eficiencia de todo el proceso de tratamiento (Aguasresiduales.info, 2024).
- **Desorción:** Es el proceso físico-químico inverso a la adsorción, mediante el cual el adsorbato previamente retenido en la superficie de un adsorbente es liberado nuevamente hacia la fase líquida o gaseosa cuando se modifican las condiciones

del sistema, tales como la concentración, el pH, la temperatura o la fuerza de las interacciones adsorbente-adsorbato. Este proceso es fundamental para evaluar la reversibilidad de la adsorción y la regeneración del adsorbente en sistemas de tratamiento de aguas (Ruthven, 2019).

- **Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento del agua ya tratada y depurada que sale del sistema, lista para ser descargada de forma segura en ríos, mares, o reutilizada en riego y procesos industriales (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).
- **Isoterma:** Una isoterma es una relación matemática que describe el equilibrio entre la cantidad de adsorbato retenida por un adsorbente y la concentración del adsorbato en la fase fluida, manteniendo constante la temperatura. Las isotermas permiten caracterizar el mecanismo de adsorción y la afinidad entre adsorbente y adsorbato, siendo las más utilizadas las isotermas de Langmuir y Freundlich (Langmuir, 2010).
- **Soluto:** El soluto se define como la sustancia que se encuentra disuelta en un solvente para formar una solución homogénea y cuya concentración suele ser menor en comparación con el solvente. En procesos de tratamiento de aguas, el soluto corresponde generalmente a los contaminantes orgánicos o inorgánicos presentes en el agua residual, los cuales pueden ser removidos mediante procesos físicos, químicos o biológicos, como la adsorción (Atkins & de Paula, 2014).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las diferentes dosis de carbón activado obtenido de la cáscara de haba *Vicia faba* producen un efecto significativo en la remoción de materia orgánica del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Acoria, provincia de Huancavelica, medida mediante la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO₅) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST).

2.4.2. Hipótesis específicas.

- Las diferentes dosis de carbón activado obtenido de la cáscara de haba *Vicia faba* producen un efecto significativo en la remoción de DBO₅ del efluente de la PTAR del distrito de Acoria, 2026.
- Las diferentes dosis de carbón activado obtenido de la cáscara de haba *Vicia faba* producen un efecto significativo en la remoción de SST del efluente de la PTAR del distrito de Acoria, 2026.

2.5. Variables

2.5.1. Variables Independiente

Dosis de carbón activado obtenido de la cáscara de haba *Vicia faba*.

2.5.1. Variables dependientes

Remoción de la materia orgánica del efluente de la PTAR de Acoria.

2.6. Operacionalización de variables.

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento	Técnica
Variable independiente							
Carbón activado	“El carbón activado es un material carbonoso altamente poroso, con gran área superficial interna, que se utiliza principalmente como adsorbente para la eliminación de compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en fase líquida o gaseosa” (Moreno Castilla, 2004).	“En este estudio, el carbón activado se obtiene a partir de cáscara de haba (Vicia faba), sometida a procesos de activación, y se aplica en diferentes dosis (g/L) y tiempos de contacto (min) en el tratamiento de aguas residuales” (Linares Solano & Rodríguez Reinoso, 2012).	Dosis aplicada	✓ Cantidad de carbón adicionada ✓ Tipo de carbón activado	g/L min	Balanza analítica, cronometroador, material de laboratorio (vasos, probetas) Juego de tamices	Experimentación y dosificación controlada
Variable dependiente							
Remoción de materia orgánica	“La materia orgánica en aguas residuales está constituida por compuestos carbonados biodegradables y refractarios, cuya presencia se evalúa de manera indirecta a través de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO)” (Metcalf & Eddy, Inc, 2014).	La remoción de materia orgánica se mide a través de la diferencia en la concentración de DBO en el agua residual antes y después del tratamiento con carbón activado, expresada como porcentaje de remoción” (APHA, 2017).	Demanda Bioquímica de Oxígeno	✓ Porcentaje de remoción ✓ % de reducción de SST ✓ % de reducción de DBOs ✓ Concentración inicial y final de SST	%-mg/L	Digestor DBR200, Calorímetro portátil DR900	Medición y fichaje

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito temporal y espacial

El ámbito de estudio para la presente investigación “Eficiencia de adsorción del carbón activado *Vicia faba* en la eliminación de materia orgánica del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria”, se desarrollará en el ámbito espacial y temporal

3.1.1. Ámbito Temporal

El desarrollo de la presente investigación comprenderá los meses de junio del 2026 al mes de mayo del 2027.

Gómez (2012) indico que la delimitación temporal exige determinar el tiempo en que se realizara la investigación, señalando los intervalos de tiempo, con relación a hechos, fenómenos y sujetos de la realidad, estas deben ser uno, dos o más años y responden a la pregunta ¿cuándo se investigara?

3.1.2. Ámbito Espacial

El ámbito espacial de la presente investigación será en la localidad de Acoria, ubicada en el distrito de Acoria, provincia y departamento de Huancavelica.

Gómez (2012) señala que la delimitación espacial exige determinar el lugar en que se produce el fenómeno que es objeto que es objeto de investigación y responde a la pregunta ¿dónde se investigará?

La localidad de Acoria de localiza políticamente en:

- País: Perú
- Departamento: Huancavelica.

- Provincia: Huancavelica.
- Distritico: Acoria
- Localidad: Acoria

Figura 5

Mapas de ubicación política de la localidad de Acoria



Nota. Elaboración propia.

La localidad de Acoria es la capital del distrito de mismo nombre y se localiza geográficamente en:

- Región: Sierra
- Región Natural: Suni
- Coordenadas: UTM
- Sistema de coordenadas: WGS84
- Zona: 18 sur
- Coordenada Este: 515033.15 m E
- Coordenada Norte: 8602335.10 m S
- Altitud: 3167 m.s.n.m

Figura 6

Vista Satelital de la Zona de Estudio



Nota. Realizado en la aplicación de Google Earth.

3.2. Métodos de investigación

3.2.1. Método General

El estudio adopto un método científico de carácter sistemático, en el que se aplicaron secuencialmente sus fases principales. Se comenzó con la observación y a la vez el diagnóstico de muestras, y culminado con la utilización de carbón activado de cascara de haba, orientada a incrementar la eficiencia en la remoción de materia orgánica.

El método científico es un proceso sistemático de investigación que consta de partes interdependientes, que parte desde la observación sistemática, medición y experimentación, y la formulación, análisis y modificación de las hipótesis de manera ordenada, que permiten explicar la relación entre los hechos y las leyes que expliquen los fenómenos físicos (Castán, 2014).

3.2.2. Métodos específicos

Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) el método deductivo consiste en partir de principios, teorías o conocimientos para explicar eventos particulares mediante la comprobación de hipótesis, lo que permite contrastar planteamientos teóricos con las evidencias obtenidas, estableciendo conclusiones a partir del análisis de los resultados. Lo que se aplicara al partir de los fundamentos teóricos relacionados con el proceso de adsorción y las propiedades del carbón activado elaborado a partir de la cascara de haba *Vicia faba*, con el propósito de verificar el efecto en la remoción de la materia orgánica del efluente de la PTAR Acoria.

De acuerdo con Ñaupas et al. (2018) el método analítico permite descomponer un fenómeno en los elementos y los componentes con la finalidad de comprender su comportamiento e interpretar las relaciones entre las variables de estudio, lo que facilita la evaluación de la información obtenida y aporta a la formulación de conclusiones sustentadas en evidencia científica. Será empleado para examinar los resultados obtenidos en los ensayos experimentales, evaluando las variaciones de los parámetros de DBO₅ y

SST antes y después de la aplicación del carbón activado, y permitirá determinar la eficiencia de la remoción alcanzada por cada tratamiento y analizar el comportamiento de la variable dependiente frente a las condiciones experimentales establecidas.

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, que principalmente se caracteriza porque la utilización o aplicación de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sintetizar la práctica basada en investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es explicativo, ya que está influenciado por factores que ayudan a establecer relaciones causales. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas y como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis (Arias, 2012).

Dirigida principalmente a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en que condición se manifiesta, o porque se relacionan dos o más variables (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación constituye la estrategia metodológica que dirige la forma en que se manipula la variable independiente y se observa su efecto sobre la variable dependiente, lo que se procura controlar los factores externos que puedan influir en los resultados. Este diseño permite establecer de causa y efecto a través de la aplicación de tratamiento y la comparación objetiva de los resultados obtenidos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018)

3.3.1. Diseño Experimental

La presente investigación corresponde a un diseño experimental, debido a que se manipulara deliberadamente la variable independiente, representada por las diferentes dosis de carbón activado obtenido a partir de la cascara de haba Vicia faba, con la finalidad de evaluar el efecto sobre la remoción de materia orgánica del efluente de la PTAR de Acoria, medida mediante los parámetros de DBO₅ y SST. Para garantizar la confiabilidad de los resultados, los tratamientos se distribuirán utilizando un Diseño completamente al azar, donde las unidades experimentales serán asignadas aleatoriamente a cada uno de los tratamientos, de manera que todas tengan la misma probabilidad de recibir cualquiera dosis de carbón activado evaluadas. Este procedimiento contribuye a controlar el efecto de variables extrañas que podría incluir en los resultados y fortalecer la validez interna del experimento, lo que permite que las diferencias observadas se atribuyan principalmente al efecto del tratamiento aplicado (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Asimismo, el estudio incluirá un tratamiento de control, el cual no recibirá la aplicación del adsorbente, permitiendo comparar su comportamiento con los tratamientos experimentales, luego los resultados obtenidos serán analizados mediante pruebas estadísticas y determinar si existen diferencias significativas entre las distintas dosis evaluadas.

El diseño de investigación experimental comprende el siguiente modelo:

Grupo experimental $\rightarrow O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$

Donde:

O₁: Medición inicial de DBO₅ y SST del efluente.

X₁: Aplicación de las diferentes dosis de carbón activado de cáscara de haba (Vicia faba).

O₂: Medición final de DBO₅ y SST después del tratamiento.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Este estudio de la población final abarca el volumen de agua residual que se introdujo en la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Acoria – Huancavelica.

De acuerdo con Pineda et al. (1994), la población se define como el universo y la totalidad de individuos y objetos que se pretenden considerar en una investigación, las características presentadas que pueden ser analizadas.

3.4.2. Muestra

La muestra se conceptualiza por Hernández, Fernández, & Baptista (2014) como un subconjunto de la población, que obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, sobre el cual se recolectaran datos, y que se tiene que definirse y delimitarse con precisión, además de que debe ser representativo de la población.

Se recolectará 30 litros de agua residual de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) del distrito de Acoria.

3.4.3. Muestreo

Tipo de muestra fue no probabilístico (por conveniencia) porque fue seleccionado en función a criterio personal e intencional del investigador y porque esta técnica es considerada la más fácil, la más barata y la que menos tiempo lleva; para poder realizar el trabajo de investigación, porque es la más adecuada para los trabajos de investigación experimentales a nivel de laboratorios (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). De acuerdo con Niño (2011), un muestreo probabilístico por conveniencia intentó obtener

muestras de forma intencional comparadas en un criterio que se adecuado para la investigación.

Para determinar el muestreo de los parámetros de las aguas residuales se utilizó la muestra simple, donde se tomó una muestra puntual para un determinado tiempo y para la recolección de las muestras se utilizó el protocolo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2013).

3.5. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

De acuerdo con Pineda et al. (1994) La técnica consiste en las directrices y los métodos que permiten al investigador conectar con el objeto o sujeto de la investigación.

Los resultados de la investigación subsiguiente se proporcionan a continuación:

3.5.1.1. Técnica de la observación. En este estudio, emplearemos el método de observación para capturar las cualidades del agua residual antes y después de haber sido procesada.

Según señala Pineda et al. (1994) la técnica de la observación implica el registro visual de lo que sucede en una situación real, clasificando y anotando los eventos relevantes según un esquema establecido y de acuerdo con el problema que se investiga.

3.5.1.2. Técnica de medición. En este estudio, utilizamos tecnología médica para medir las concentraciones de DQO, DBO5 y STS en el agua residual antes y después del tratamiento en un laboratorio acreditado por INACAL, y también mediremos las concentraciones de la solución de microorganismos efectivos utilizando una micropipeta.

3.5.1.3. Técnica del fichaje. El presente estudio utiliza el método de recolección de datos en sitio en las instalaciones de la PTAR de Acoria, cuando durante el muestreo de DBO5,

DQO y STS se recolecta la información necesaria sobre la cadena de verificación realizada por el laboratorio acreditado.

3.5.2. Instrumentos para la recolección de datos

3.5.2.1. Laptop Acer core i5. En la investigación se utilizó como instrumento un este laptop que servirá más adelante para poder recolectar la información documental y asimismo nos ayudará a procesar la información rápidamente para poder ejecutar los comandos programados.

3.5.2.2. Ficha de recolección de datos de los parámetros. En este trabajo se empleará como instrumento del fichaje, una ficha de campo realizado por los investigadores y evaluados por expertos, donde se registró todos los datos recolectados de pH y temperatura.

3.5.2.3. Cadena custodia. En el estudio se usará como instrumento del fichaje, una cadena de custodia realizado por el laboratorio acreditado donde se recolectará la información del muestreo y parámetros que se analizaran como: el tipo de agua, tipo de muestra, fecha, hora, tipo de envase, análisis requerido, datos del cliente y responsable del envío.

3.5.2.4. Multiparámetro. En este estudio, utilizaremos un dispositivo médico multiparamétrico para medir la temperatura y los niveles de pH de cada unidad experimental.

3.5.2.5. Instrumentos de laboratorio. En el estudio del laboratorio reconocido por INACAL, empleamos un digestor DBR-200 y un colorímetro portátil DR-900 para medir la DBO y la DQO.

3.5.3. Técnicas de procedimientos y análisis de datos

3.5.3.1. Etapa1: elaboración de carbón activado

a. Preparación de la muestra

Se recolectará cinco kg de cáscara de haba (*vicia faba*); y se lavara y limpiará. Para luego fraccionar en pedazos pequeños y ponerlo sobre papel craft. Se llevará a la estufa a una temperatura de 60°C para secarla por el método de peso constante. Se trituro para obtener partículas menores de un cm de diámetro (Norma ASTM International, 2011).

b. Impregnación y activación

Una muestra de 15 gramos se sumergirá en una solución que contiene 30 gramos de ácido fosfórico, en una proporción de 1:2 (g de muestra: g de solución), durante 16 horas a temperatura ambiente. La misa resultará en un 60% de ácido fosfórico. Una vez más, 15 gramos de polvo en una solución de cloruro de zinc deben mantener una proporción de 1:1 (g de peso: g de solución) durante 16 horas a temperatura ambiente. Aquí, las muestras en crisoles de 70 ml con nuestras respectivas tapas. La mayoría de los productos tratados con ácido fosfórico permanecen en el silenciador a una temperatura de 500°C durante hasta 45, 60 y 75 minutos; es necesario asegurar que las partículas tratadas con cloruro de zinc se dejen en el horno a 700°C durante intervalos de 45, 60 y 75 minutos.

c. Lavado y opresiones finales

Continúe lavando las partículas obtenidas con agua a 80 °C para eliminar cualquier exceso de productos químicos y mantener un pH entre tres y cuatro. Si calienta a 105 °C, obtendrá un polvo de carbón fino. Este polvo fino se tamiza con una malla n.º 310 para garantizar que el tamaño de partícula sea inferior a 0,044 mm. Se almacena en bolsas selladas para su uso posterior.

3.5.3.2. Etapa 2: Gabinete

- Esto permitirá disponer de los materiales, formatos y equipos necesarios para llevar a cabo la investigación, incluyendo: equipo de protección personal, formatos (bloc de custodia, etiquetas para imágenes, archivos de campo), herramientas (multiparamétrico, cronómetro y cámara), suministros (EMa, agua destilada, etc.), solución tampón de pH, conservante DQO), materiales de laboratorio (tubo de succión, pipeta, recipiente de precipitación), suministros para museos (vitrinas para museos, cajas térmicas, refrigerantes y artículos adicionales (12 bolas de 20 L, marcador permanente, cinta adhesiva, cuerda, entre otros).

3.5.3.3. Etapa 3: Campo

- Exploración del lugar de investigación. Se realizará una inspección visual y una evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Acoria, identificando sus componentes. Este proceso comenzará con la identificación de la cámara de cribado, seguida de la cámara de desarenado y, finalmente, el tanque IMOFH, que sirve como punto de observación para el análisis correspondiente.
- Recolección de la muestra de referencia. Se determinará el punto de muestreo más representativo (salida del tanque IMOFH) para ubicar con precisión el sitio y registrar sus coordenadas UTM en el sistema geodésico WGS84.

3.5.3.4. Etapa 4: Laboratorio determinación de parámetros

El laboratorio reconocido por INACAL para medir sus parámetros empleó los siguientes métodos para determinar los parámetros especificados:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): El laboratorio mencionado anteriormente medirá el parámetro DBO utilizando el método de prueba.
- Demanda química de oxígeno (DQO): El laboratorio mencionado evaluará el parámetro DBO a través del método de prueba.

- Sólidos suspendidos totales (SST): El laboratorio mencionado anteriormente evaluará este parámetro.

3.5.3.5.Etapa 5: gabinete final-Procesamiento de datos

- Después de adquirir los resultados del análisis, se ingresarán en una hoja de cálculo y posteriormente se compararán con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.
- Consolidación de los resultados de las pruebas de laboratorio: Se examinaron los informes proporcionados por “SGS del Perú SAC”, un laboratorio de pruebas acreditado por la autoridad de acreditación peruana INACAL DA con registro N° “LE-002”. Los hallazgos se organizaron y compilaron en una hoja de cálculo de Excel para compararlos con los Límites Máximos Permisibles para descargas de instalaciones de tratamiento de aguas residuales domésticas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM).
- Eficiencia: La evaluación de la eficiencia del tratamiento (porcentaje de remoción) se realizará comparando la calidad de las aguas residuales crudas (estándar) y tratadas utilizando la siguiente fórmula.

$$\%Eficiencia = \frac{(concentracion\ entrada - concentracion\ salida)}{concentracion\ entrada} * 100$$

- Procesamiento de datos Seguidamente se realizará el procesamiento de datos por cada tratamiento.

3.6. Técnicas de procesamiento de datos

Los datos recopilados se analizarán mediante Microsoft Excel e IBM SPSS 31.0.x para realizar evaluaciones estadísticas automatizadas y obtener resultados precisos, como el cálculo de medias, desviaciones estándar y frecuencias. Los resultados se mostrarán en gráficos y tablas claras. Además, se realizarán análisis descriptivos para identificar las variables examinadas y comprender mejor los resultados obtenidos.

3.6.1. Análisis de datos

La estadística descriptiva es una ciencia la cual facilita la toma de decisiones a través de la presentación de los datos que se obtuvo y estas serán plasmadas en tablas y gráficas, permitiendo así la comparación de datos, generalmente se utilizara para la obtención de la distribución de frecuencias (Fernández, Hernández, & Baptista, 2014).

Hernández, Fernández, & Bautista (2014) la estadística inferencial es para probar la hipótesis y estimar los parámetros, el propósito del estudio de investigación va más allá de describir la distribución de las variables, por el cual, la estadística inferencial pretende llegar a la hipótesis. Por ello se usará la técnica de análisis de estadístico inferencial.

El análisis estadístico se realizará utilizando el software IBM SPSS Statistics 31.1x

La prueba de normalidad e hipótesis se realizarán como se muestra a continuación:

Fase 1: Prueba de Normalidad

- a) Hipótesis de normalidad
- b) Nivel de significancia
- c) Test de normalidad
- d) Criterio de decisión
- e) Resultado y conclusión
- f) Conclusión

Fase 2: Prueba de Hipótesis

- a) Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema
- b) Escoger un nivel de significancia o riesgo " α "
- c) Prueba estadística
- d) Criterio de decisión
- e) Conclusión estadística

La verificación de la prueba de normalidad se describe en 6 pasos, mientras que la prueba de hipótesis se describe en 5 pasos.

Con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, el criterio de decisión será el siguiente: si el valor p obtenido de la prueba estadística (ANOVA “análisis de varianza”) es menor a 0.05, se rechazara la hipótesis nula (H_0) y se aceptará la hipótesis alterna (H_1), concluyendo que las dosis de carbón activado de cáscara de haba (*Vicia faba*) tienen un efecto estadísticamente significativo en la remoción de materia orgánica (DBO y SST) del efluente de la PTAR de Acoria; en caso contrario ($p \geq 0.05$), se aceptara la hipótesis nula, concluyendo que no existe efecto significativo entre las dosis evaluadas.

CAPITULO IV

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

4.1. Cronograma de actividades

El presente cronograma detalla las actividades a desarrollar durante la ejecución del proyecto de tesis "Eficiencia de adsorción del carbón activado *Vicia faba* en la eliminación de materia orgánica del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria", en concordancia con el ámbito temporal establecido en el numeral 3.1.1 (junio 2026 - mayo 2027).

Tabla 3

Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	AÑO 2026							AÑO 2027				
	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Elaboración y revisión del proyecto de tesis	X	X										
Revisión y visto bueno del asesor		X	X									
Subsanación de observaciones			X									

Aprobación del proyecto por autoridades competentes				X								
Etapa 1: Elaboración del carbón activado (Vicia faba)				X	X							
Etapa 2: Gabinete (materiales, formatos, permisos)					X	X						
Etapa 3: Campo (reconocimiento y muestreo en PTAR Acoria)						X	X					
Etapa 4: Análisis de laboratorio (DBO5, DQO, SST - INACAL)							X	X				
Etapa 5: Procesamiento y análisis estadístico (Excel, SPSS)								X	X			
Elaboración del informe preliminar									X			
Revisión del informe preliminar por los asesores										X		
Elaboración del informe final										X		
Revisión del informe final											X	
Elaboración del artículo científico											X	
Sustentación de tesis												X

Nota. Elaboración propia.

4.2. Presupuesto

El presupuesto considera los costos de equipos, materiales e insumos, análisis de laboratorio acreditado por INACAL y servicios generales necesarios para la ejecución del proyecto, incluyendo un 10 % adicional por imprevistos. Los valores unitarios son estimados en soles (S/) y deben ajustarse con cotizaciones reales al momento de la ejecución.

Tabla 4

Presupuesto de la investigación

RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD	P. UNIT. (S/)	CANT.	SUBTOTAL (S/)
1. EQUIPOS				
Alquiler de multiparámetro (pH y temperatura)	UND.	25.00	12	300.00
Laptop (uso propio, no genera costo directo)	UND.	0.00	1	0.00
2. MATERIALES E INSUMOS				
Cáscara de haba (Vicia faba), recolección	Kg	0.00	5	0.00
Ácido fosfórico grado reactivo (envase 1 L)	L	120.00	2	240.00
Cloruro de zinc grado reactivo (envase 500 g - 1 kg)	Kg	90.00	1	90.00
Agua destilada	L	4.00	20	80.00
Guantes de nitrilo (caja x 100, prorratedo)	UND.	1.50	30	45.00
Mascarillas KN95	UND.	1.50	30	45.00
Materiales de laboratorio (vasos, pipetas, crisoles, mallas mesh)	GLB.	280.00	1	280.00
Baldes de 20 L para muestreo	UND.	18.00	12	216.00
Cajas térmicas (coolers) y refrigerantes (ice packs)	UND.	55.00	2	110.00
Materiales de oficina (marcador, cinta, etiquetas)	GLB.	60.00	1	60.00
3. ANÁLISIS DE LABORATORIO (INACAL)				
Análisis de DBO5, método estándar (por muestra)	UND.	100.00	15	1500.00
Análisis de DQO, método estándar (por muestra)	UND.	90.00	15	1350.00
Análisis de SST, método estándar (por muestra)	UND.	60.00	15	900.00
Cadena de custodia y envío de muestras a laboratorio (Huancavelica - Lima)	GLB.	180.00	1	180.00
4. SERVICIOS GENERALES				
Movilidad local (Huancavelica - Acoria, trabajo de campo)	GLB.	350.00	1	350.00
Impresiones	UND.	0.15	400	60.00
Empastado de informes	UND.	18.00	4	72.00

Uso de software estadístico (licencia académica IBM SPSS)	GLB.	0.00	1	0.00
SUB - TOTAL				5878.00
IMPREVISTOS (10 %)				587.80
TOTAL, EN NUEVOS SOLES (S/)				6465.80

Nota. Elaboración propia. Los análisis de laboratorio (DBO5, DQO y SST) se estiman para 15 muestras (5 tratamientos x 3 repeticiones). Estos valores deben confirmarse con cotizaciones formales del proveedor de reactivos y del laboratorio acreditado por INACAL que finalmente se contrate, ya que varían según el proveedor, la ciudad y el volumen adquirido.

4.3. Financiamiento

El presente proyecto de investigación será autofinanciado, es decir, los costos totales que demande su ejecución, ascendentes a S/ 6465.80, serán asumidos íntegramente por los investigadores Junior Ticllacuri Soriano y Clever Paitan Carbajal, en partes iguales.

Los gastos se efectuarán conforme a lo establecido en el cronograma de actividades y el presupuesto detallados en los numerales 4.1 y 4.2, sustentando cada egreso mediante los comprobantes de pago correspondientes (facturas y boletas de venta).

Referencias bibliográficas

- Almadani, M. (2023). Adsorption process modeling to reduce COD by activated carbon for wastewater treatment. *Chemosphere*, 339, 139691. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2023.139691>
- Arias, F. G. (2012). El Proyecto de Investigación (6th ed.). Editorial Episteme. https://tauniversity.org/sites/default/files/libro_el_proyecto_de_investigacion_de_fidias_g_arias.pdf
- Brouckaert, B., Brouckaert, C., Singh, A., Pillay, K., Flores-Alsina, X., & Ikumi, D. (2022). Using plant data to estimate biodegradable COD fractions – case study kwaMashu WWTP. *Water Science and Technology*, 86(9), 2045–2058. <https://doi.org/10.2166/WST.2022.314>
- Bechana, S., Hecini, L., Bacha, N., Halati, M. S., Babes, B., Alghamdi, A., Alsharef, M., Althobiti, A., & Gedefie, B. A. (2025). Kinetic and isothermal insights on phenol removal via biochar from vicia Faba stems. *Scientific Reports* 2025 15:1, 15(1), 40591-. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24228-9>
- Castán, Y. (2014). Introducción al método científico y sus etapas. <https://www.haykhuyay.com/A1/Generic/ECO1/U1U2/metodoCientifico.pdf>
- Cerón Rodríguez, A. L., & Leon Camargo, Y. M. (2010). Activación física de cascarilla de arroz aglomerada con engrudo de almidón de yuca para la obtención de carbón activado. *Universidad Industrial de Santander*. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/24198>
- Chaturvedi, S., & Dave, P. N. (2012). Removal of iron for safe drinking water. *Desalination*, 303, 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2012.07.003>
- Bechana, S., Hecini, L., Bacha, N., Halati, M. S., Babes, B., Alghamdi, A., Alsharef, M., Althobiti, A., & Gedefie, B. A. (2025). Kinetic and isothermal insights on phenol removal via biochar from vicia Faba stems. *Scientific Reports* 2025 15:1, 15(1), 40591-. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24228-9>
- Diwyanjalee, G. R., Bellanthudawa, B. K. A., De Silva, D. K. N. S., & Gunawardena, A. R. (2024). Biodegradability index (BDI) as an indicator for effluents quality measurement: A case study based on different industry sectors in Matara District, Sri Lanka. *Water Practice and Technology*, 19(8), 3092–3108. <https://doi.org/10.2166/WPT.2024.183>

- Fernandes, J., Ramísio, P. J., & Puga, H. (2024). A Comprehensive Review on Various Phases of Wastewater Technologies: Trends and Future Perspectives. *Eng 2024*, Vol. 5, Pages 2633-2661, 5(4), 2633–2661. <https://doi.org/10.3390/ENG5040138>
- Gaspar, E., Irimia, O., Stanciu, M., Barsan, N., & Mosnegutu, E. (2025). Strategies for a Sustainable Economy: Optimizing Processes for BOD, COD and TSS Removal from Wastewater. *Water* 2025, Vol. 17, Page 318, 17(3), 318. <https://doi.org/10.3390/W17030318>
- Grisales Motato, A. L., & Rojas Arrieta, W. (2016). *Obtención de carbón activado a partir de activación química de pulpa de café y su aplicación en la remoción de colorantes en aguas residuales industriales*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/6965>
- Hernández-Sampieri, R. F.-C. (2014). Metodología de la investigación (6th ed.). McGraw-Hill Education. https://repo.utel.edu.mx/recursos/files/r161r/w24503w/Metodologia_de_la_Investigacion-sampieri-6ta_EDICION.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Hoiberg, B., & Shah, M. T. (2021). CFD study of multiphase flow in aerated grit tank. *Journal of Water Process Engineering*, 39, 101698. <https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2020.101698>
- Paola, J., Contreras, C., Rafael, M., & Arrieta, F. (2019). *Eficiencia de remoción de materia orgánica mediante carbón activado, en agua residual de la industria lechera*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. <https://catalogo.escuelaing.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=22062>
- Sergio Gómez Bastar. (2012). Metodología de la investigación libro: Ma. Eugenia Buendía.... https://www.academia.edu/35960927/Metodologia_de_la_investigacion_libro
- Serpa Barahona, M. J. (2015). *Eficiencia de crecimiento del hongo Trichoderma Harzianum Rifai para la producción de bioplaguicida, aprovechando el residuo agroindustrial de cáscara de haba (Vicia faba L.)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4864>
- Karol Daniela Medina González¹. Ricardo Alberto Manrique-Abril. (n.d.). Vista de Uso del carbón activado para el tratamiento de aguas. Revisión y estudios de caso. Retrieved May 29, 2026, from <https://agenf.org/ojs/index.php/RNI/article/view/269/264>
- Kaetzl, K., Riegel, M., Joseph, B., Ossenbrink, R., Gerber, H., Gwenzi, W., Morck, T., Laner, D., Heinrich, T., Kromrey, V., Friedrich, K., Wachendorf, M., & Stenchly, K. (2025). Biogenic activated carbons from conservation grassland biomass for organic

- micropollutants removal in municipal wastewater. *Environmental Science and Ecotechnology*, 26, 100588. <https://doi.org/10.1016/J.ESE.2025.100588>
- Liu, D., Zhang, W., Lin, H., Li, Y., Lu, H., & Wang, Y. (2016). A green technology for the preparation of high capacitance rice husk-based activated carbon. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1190–1198. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.07.005>
- Luz Luisa Huamaní Astocaza, E. R. C. A. G. S. A. S. H. (2022). *Evaluacion de materia organica de la microcuenca del rio icho en el peru*. 1–9. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v14n2/2218-3620-rus-14-02-588.pdf>
- Mallqui Perez, J. F., Miguel Lizana, Y., & Reyes Oré, S. L. (2022). *Análisis espacio temporal de la calidad de agua del río Mantaro influenciada por las aguas residuales del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019*.
- Nabavi, E., Sabour, M., & Dezvareh, G. A. (2022). Ozone treatment and adsorption with granular activated carbon for the removal of organic compounds from agricultural soil leachates. *Journal of Cleaner Production*, 335, 130312. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.130312>
- Nindjio, G. F. K., Tagne, R. F. T., Jiokeng, S. L. Z., Fotsop, C. G., Bopda, A., Doungmo, G., Temgoua, R. C. T., Doench, I., Njoyim, E. T., Tamo, A. K., Osorio-Madrado, A., & Tonle, I. K. (2022). Lignocellulosic-Based Materials from Bean and Pistachio Pod Wastes for Dye-Contaminated Water Treatment: Optimization and Modeling of Indigo Carmine Sorption. *Polymers*, 14(18), 3776. <https://doi.org/10.3390/POLYM14183776/S1>
- Oliver chata calli. (2026). *efecto del vertimiento de aguas residuales en la calidad del agua en el río ilave, 2025*. universidad privada san carlos.
- Ortiz, V., Del Carmen, M., Rondón, C., & Walter, E. (2022). *Tratamiento de aguas residuales de la laguna de estabilización “El Espinar” Puno, mediante carbón activado a partir de lemna gibba*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14238>
- Pineda, E. B., de Alvarado, E. L., & de Canales, F. H. (1994). Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud. *Problema y Objetivos, Unidad IV*, 39–52. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3132>

ANEXOS

Título:” Eficiencia de adsorción del carbón activado *Vicia faba* en la eliminación de materia orgánica del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria”

Tabla 1
Matriz de consistencia

PROBELMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES / INDICADORES	METODOLOGIA
Problema Principal: ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de carbón activado obtenido de cáscara de haba <i>Vicia faba</i> en la remoción de materia orgánica del efluente de la PTAR de Acoria, 2026? Problemas específicos: ✓ ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de carbón activado de cascara de haba <i>vicia faba</i> en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, 2026? ✓ ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de carbón activado de cascara de haba <i>vicia faba</i> en la remoción de sólidos suspendidos totales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, 2026?	Objetivo general: Determinar el efecto de las diferentes dosis de carbón activado obtenido de cáscara de haba <i>Vicia faba</i> en la remoción de materia orgánica del efluente de la PTAR de Acoria, 2026. Objetivos específicos: ✓ Determinar el efecto de las diferentes dosis de carbón activado de cascara de haba <i>vicia faba</i> en la remoción de DBO5 en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, 2026 ✓ Determinar el efecto de las diferentes dosis de carbón activado de cascara de haba <i>vicia faba</i> en la remoción de SST en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, 2026	Hipótesis general: Las diferentes dosis de carbón activado obtenido de la cáscara de haba <i>Vicia faba</i> producen un efecto significativo en la remoción de materia orgánica del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Acoria, provincia de Huancavelica, medida mediante la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO5) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Hipótesis específicas: ✓ El uso de carbón activado de cascara de haba (<i>vicia faba</i>) tiene un efecto significativo en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, 2026. ✓ El uso de carbón activado de cascara de haba (<i>vicia faba</i>) tiene un efecto significativo en la remoción de sólidos suspendidos totales de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, 2026.	Variable Independiente: Dosis de carbón activado obtenido de la cáscara de haba (<i>Vicia faba</i>) Variable Dependiente Remoción de materia orgánica del efluente de la PTAR de Acoria.	Dimensiones: - Efecto - Tiempo de contacto (min). DBO5 SST	Tipo de investigación: Aplicada Nivel: Explicativo Método General: método científico Diseño: Grupo experimental $\rightarrow O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$ Donde: O_1: Medición inicial de DBO5 y SST del efluente. X_1: Aplicación de las diferentes dosis de carbón activado de cáscara de haba (<i>Vicia faba</i>). O_2: Medición final de DBO5 y SST después del tratamiento. Población: Aguas residuales de la PTAR de Acoria. Muestra: 30l / tratamiento Técnicas: Fichaje, observación y medición Instrumentos: Frascos reactor, espectrofotómetro, pH-metro, incubadora, equipo de DBO.

Nota. Elaboración propia

