



Esta obra está bajo una  
[Licencia Creative Commons  
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)  
Vea una copia de esta licencia en  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

# **Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto**

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

**Autor:**

Boris Jersyn García Vásquez  
<https://orcid.org/0000-0002-3132-5970>

**Asesor:**

Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna  
<https://orcid.org/0000-0003-3755-4093>

**Moyobamba, Perú**

**2025**



**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

# **Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto**

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

**Autor**

Boris Jersyn García Vásquez

**Sustentado y aprobado el 07 de marzo del 2025, por los siguientes jurados:**

**Presidente de Jurado**  
Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos

**Secretario de Jurado**  
Ing. M.Sc. Alfonso Rojas  
Bardález

**Vocal de Jurado**  
Ing. M.Sc. Stánler Irigoín  
Vásquez

**Asesor**  
Ing. M.Sc. Santiago Alberto  
Casas Luna

**Moyobamba, Perú**

**2025**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS CONDUCENTES  
A TÍTULO PROFESIONAL N.º 001-2025-UNSM/EPIS/UI**

**Jurado reconocido con Resolución N.º 029-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 01 de marzo del 2021, Resolución N.º 438-2024-UNSM/CF/FE, Moyobamba, 29 de agosto de 2024.**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA SANITARIA**

A las 10:00 horas del día viernes 7 de marzo del 2025, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, presentado por **Boris Jersyn García Vásquez**, con la asesoría del **Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por la **Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález** (Secretario), **Ing. M.Sc. Stánler Irigoín Vásquez** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 276-2023-UNSM/CF/FE, de fecha 14 de julio de 2023**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor. Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue... **QUINCE (15)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGÍA  
Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es DPROBATORIA y correspondiente a la calificación de BUENO. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 11:45 horas, el mismo día 7 de marzo del 2025.

Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos  
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález  
Secretario de Jurado

Ing. M.Sc. Stanler Irigoín Vásquez  
Vocal del Jurado

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna  
Asesor

Boris Jersyn García Vásquez  
Autor

## Declaratoria de autenticidad



Yo, Boris Jersyn García Vásquez, identificado con DNI N° 72909267, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, de la Facultad de Ecología, de la Universidad Nacional de San Martín, con la tesis titulada: **Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba 07 de marzo de 2025.



Boris Jersyn García Vásquez

DNI N° 72909267

## Ficha de identificación

<p><b>Título:</b> Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Ciencia y Tecnología Ambiental  <b>Línea de investigación:</b> Saneamiento Ambiental  <b>Sublínea de investigación:</b> Tratamiento de Aguas  <b>Grupo de investigación:</b> Tecnologías de tratamiento del agua (N° 251-2022-UNSM/CFT)  <b>Tipo de investigación:</b>            Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
--	--

<p><b>Autor:</b> Boris Jersyn García Vásquez</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria <a href="https://orcid.org/0000-0002-3132-5970">https://orcid.org/0000-0002-3132-5970</a></p>
--	---

<p><b>Asesor:</b> Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b> Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria Unidad o Laboratorio Ingeniería Sanitaria <a href="https://orcid.org/0000-0003-3755-4093">https://orcid.org/0000-0003-3755-4093</a></p>
---	--

## **Dedicatoria**

A mi querida mamá, Licha Vásquez, y a mi padre, Rommel García, por su inagotable apoyo y esfuerzo en cada paso de mi camino. También a Hugo Cáceres, cuyos valiosos consejos han sido una guía imprescindible en mi formación.

A mi hermano Rony García, por su apoyo inigualable, y a mi hermana Lizi García, cuya alegría y comentarios positivos siempre han sido fuente de motivación.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad Nacional de San Martín, especialmente por el apoyo económico otorgado bajo la Resolución N° 1031-2023-UNSM/CU-R, que fue crucial para el desarrollo de este proyecto.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi asesor, Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna, por su valiosa guía y su infinita paciencia a lo largo de este proceso. Asimismo, extendiendo mi gratitud a mis compañeros y amigos, cuyo apoyo constante y valiosas recomendaciones fueron fundamentales para la realización de esta investigación.

## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRAC .....	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Antecedentes de la investigación .....	17
2.2. Fundamentos teóricos .....	19
2.2.1 Teoría de la coagulación del agua .....	19
2.2.2 Bagazo de caña .....	19
2.2.3 Contaminación del agua:.....	20
2.2.4 Métodos de tratamiento de aguas residuales .....	21
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	28
<b>3.1.1 Contexto de la investigación.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2 Periodo de ejecución .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.3 Autorizaciones y permisos.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales.....</b>	<b>29</b>
3.2. Sistema de variables .....	29
<b>3.2.1 Variables principales .....</b>	<b>29</b>
3.3 Procedimientos de la investigación.....	30
<b>3.3.1 Objetivo específico 1 .....</b>	<b>30</b>

<b>3.3.2 Objetivo específico 2</b> .....	31
<b>3.3.3 Objetivo específico 3</b> .....	34
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	36
<b>4.1 Características físicas del agua residual de Yurimaguas</b> .....	36
<b>4.2 Concentración de bagazo de caña de azúcar en el tratamiento de agua residual</b> .....	37
<b>4.3 Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales de Yurimaguas</b> .....	39
<b>CONCLUSIONES</b> .....	44
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	45
Es fundamental que estudiantes e investigadores tengan en cuenta los criterios básicos al llevar a cabo evaluaciones de aguas residuales. Entre estos parámetros se encuentran la presencia de aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nivel de pH, concentración de sólidos totales en suspensión (SST), temperatura, sólidos totales suspendidos (TDS) y turbidez (NTU). .....	45
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>ANEXOS</b> .....	51

## Índice de tablas

Tabla 1 Niveles de tratamiento de aguas residuales.....	22
Tabla 2 Límites Máximos Permisibles para los efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).....	27
Tabla 3 Descripción de variables por objetivo específico .....	29
Tabla 4 Pesos de los tamices N° 8, N° 12, N° 16.....	32
Tabla 5 Diseño Factorial Completo 3x6 .....	35
Tabla 6 Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del agua .....	36
Tabla 7 Resultados de tamiz N° 8 en turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura .....	37
Tabla 8 Resultados de tamiz N° 12 en turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura .....	37
Tabla 9 Resultados de tamiz N° 16 en turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura .....	38
Tabla 10 Comparación de dos concentraciones de bagazo con los tipos de tamiz....	38
Tabla 11 Eficiencia de las concentraciones de bagazo de caña de azúcar.....	39
Tabla 12 Análisis de varianza para turbiedad .....	39
Tabla 13 Test: Tukey para turbiedad .....	40
Tabla 14 Análisis de varianza – Temperatura.....	40
Tabla 15 Test: Tukey – Temperatura.....	40
Tabla 16 Análisis de varianza – SDT .....	40
Tabla 17 Test: Tukey – SDT .....	41
Tabla 18 Análisis de varianza – Turbiedad .....	41
Tabla 19 Test: Tukey – Turbiedad .....	41
Tabla 20 Análisis de varianza – SDT .....	41
Tabla 21 Test: Tukey – SDT .....	41
Tabla 22 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	42
Tabla 23 Prueba t de Wilcoxon.....	42

## Índice de figuras

Figura 1 Fases del ciclo urbano del agua .....	21
Figura 2 Descripción del funcionamiento de una planta por fases. ....	23
Figura 3 Área de estudio .....	30
Figura 4 Recolección de agua .....	32
Figura 5 Pesado de muestras.....	33
Figura 6 Movimiento de los tratamientos en equipo prueba de jarras .....	33

## RESUMEN

### Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto

El propósito principal de este estudio fue analizar la eficiencia del bagazo de caña de azúcar, procesado en partículas, para retener sedimentos. Esto se logró empleando ensayos de jarras realizados bajo condiciones controladas en laboratorio. La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, descriptivo y basado en un diseño experimental. Para ello, se emplearon diversos recursos, incluidos equipos e instrumentos de laboratorio, herramientas específicas y fichas para la recopilación de datos, además de recolectar información relevante de las áreas seleccionadas para el muestreo. Para alcanzar este propósito, se definió como objetivo general: Analizar la efectividad del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos presentes en las aguas residuales de Yurimaguas, Loreto. Adicionalmente, se plantearon los siguientes objetivos específicos: Caracterizar las propiedades físicas de las aguas residuales de Yurimaguas; determinar la cantidad óptima de bagazo de caña de azúcar para su empleo en el tratamiento de dichas aguas; y evaluar la eficiencia de este material en la eliminación de sedimentos. La investigación se realizó en las coordenadas UTM como referencia geográfica (377360,70; 9347804,50) en la ciudad de Yurimaguas, cuyo periodo de estudio se realizó en 10 meses en las fechas 14/07/2023 al 13/05/2024, en la que el estudio consistió en realizar un análisis de agua antes del tratamiento en parámetros como DBO, temperatura, DQO, TDS y turbidez, en la que posterior a ello se aplicó 18 tratamientos divididos en 3 tipos de diferentes tamices como el tamiz N° 8, tamiz N° 12 y tamiz N° 16, dando como resultado en la evaluación de eficiencia, al emplear el tamiz N° 8, se obtiene una eficiencia del 26,61 % en el parámetro NTU y del 70,17 % en el parámetro TDS. Con el tamiz N° 12, la eficiencia es del 36,76 % para NTU y del 79,2 % para TDS. Finalmente, con el tamiz N° 16, se alcanza una eficiencia del 83,04 % en NTU y del 84,46 % en TDS.

**Palabras clave:** Bagazo, remoción, sedimento, prueba de jarras.

## ABSTRACT

Efficiency of sugar cane bagasse in the removal of sediments in wastewater in Yurimaguas, Loreto

The main purpose of this study was to analyze the efficiency of sugarcane bagasse, processed into particles, to retain sediments. This was achieved by employing jar tests performed under controlled laboratory conditions. The research used a quantitative, descriptive approach based on an experimental design. For this purpose, various resources were used, including laboratory equipment and instruments, specific tools and data collection sheets, as well as collecting relevant information from the areas selected for sampling. To achieve this purpose, the general objective was defined as: To analyze the effectiveness of sugarcane bagasse in the removal of sediments present in the wastewater of Yurimaguas, Loreto. In addition, the following specific objectives were established: To characterize the physical properties of the wastewater from Yurimaguas; to determine the optimum amount of sugarcane bagasse to be used in the treatment of such water; and to evaluate the efficiency of this material in the elimination of sediments. The research was conducted in the UTM coordinates as a geographical reference (377360.70; 9347804.50) in the city of Yurimaguas, where the study period was carried out in 10 months on the dates 14/07/2023 to 13/05/2024, in which the study consisted of performing a water analysis before treatment in parameters such as BOD, temperature, COD, TDS and turbidity. After that, 18 treatments were applied divided into 3 types of different sieves such as sieve No. 8, sieve No. 12 and sieve No. 16. As a result of the efficiency evaluation, using sieve No. 8, an efficiency of 26.61% was obtained in the NTU parameter and 70.17% in the TDS parameter. With sieve No. 12, the efficiency is 36.76 % for NTU and 79.2 % for TDS. Finally, with sieve No. 16, the efficiency is 83.04 % for NTU and 84.46 % for TDS.

**Keywords:** Bagasse, removal, sediment, jar test.



## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN**

La necesidad de preservar el recurso natural vital, el agua, ha adquirido una relevancia crucial en la vida cotidiana y como elemento esencial para la realización de diversas actividades.

El acceso a agua limpia y sistemas de saneamiento eficientes es fundamental para garantizar una vida digna. No obstante, a nivel global, persisten problemas significativos: más de 800 millones de personas carecen de agua potable segura, y más de 2,500 millones no cuentan con infraestructura adecuada de saneamiento. Estas cifras podrían quedarse cortas, dado que un número significativo de personas vive en condiciones precarias, como asentamientos informales o refugios temporales. Las causas de esta problemática son diversas e incluyen factores como la pobreza, la desigualdad social, los problemas medioambientales, la negligencia por parte de las autoridades y, lo más preocupante, la creciente escasez de recursos hídricos (Pintor, 2021).

Las personas y las fábricas producen una gran cantidad de aguas residuales todos los días; las aguas residuales pueden poner en grave peligro. Por su parte, (Iagua, 2021) informa que, según las estimaciones más recientes de la Universidad de las Naciones Unidas y la Universidad de Utrecht, aproximadamente el 50 % de las aguas residuales a nivel global son tratadas actualmente, lo que representa un avance significativo frente al 20 % registrado en años anteriores.

En el Perú, únicamente el 29.1 % de las aguas residuales domésticas reciben tratamiento, lo que deja un alto porcentaje sin procesar que termina vertiéndose en el medio ambiente. Esta situación afecta negativamente las cuencas atmosféricas e hidrográficas, así como la cadena trófica, aumentando la vulnerabilidad de la población frente a enfermedades transmisibles de origen hídrico. Además, El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2021) promueve que las municipalidades incorporen programas de “Reutilización de aguas residuales tratadas” dentro de los objetivos de gestión municipal o distrital, con el propósito de integrar el uso sostenible del agua a lo largo de su ciclo de vida.

En la Provincia de Alto Amazonas, tal es la situación del afluente Atún quebrada, en la ciudad de Yurimaguas, que representa un foco infeccioso potencial, el cauce cruza de sureste a noroeste la ciudad, donde se destina la gran parte de las aguas domésticas e industriales y también sus residuos sólidos; por lo que es necesario buscar alternativas

de tratamiento de aguas residuales tales como la adopción del bagazo de caña como una alternativa sustentable, a fin de formar una cultura de cuidado del medio ambiente.

Por ello, surge un compromiso profesional orientado a reducir la contaminación del agua, lo que hace imprescindible evaluar alternativas sostenibles de tratamiento. En este escenario, el bagazo de caña de azúcar surge como una alternativa prometedora para el tratamiento de las aguas residuales del afluente Atún Quebrada, ubicado en la ciudad de Yurimaguas, cuya efectividad ha sido evaluada a través de ensayos de jarras realizados en laboratorio.

En este marco, se formuló la pregunta de investigación: ¿Cuál es la eficacia del bagazo de caña de azúcar en la eliminación de sedimentos de las aguas residuales en Yurimaguas, Loreto? Paralelamente, se planteó la hipótesis: El bagazo de caña de azúcar presenta una eficacia significativa en la remoción de sedimentos de las aguas residuales en Yurimaguas, Loreto.

El objetivo general formulado fue: Evaluar la eficacia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos presentes en las aguas residuales de Yurimaguas, Loreto. Por su parte, los objetivos específicos definidos fueron: Caracterizar las propiedades físicas del agua residual de Yurimaguas, determinar la cantidad óptima de bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de estas aguas, y analizar su efectividad en la eliminación de sedimentos presentes en las aguas residuales de la localidad.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Según Pazmiño (2017), la producción del filtro se llevó a cabo utilizando materiales como ladrillo triturado, bagazo, piedra pómez y arena. En el análisis se evaluaron parámetros como sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST), demanda biológica de oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), pH, aceites y grasas, turbidez e hidrocarburos totales de petróleo (TPH). Para poder realizar el análisis de dichos parámetros, primero se tuvo que construir el filtro para los tratamientos con caña de azúcar. Los resultados evidenciaron una mejora superior al 88 % en la capacidad del filtro para retener sólidos suspendidos. Además, a lo largo de los 30 días de evaluación, se alcanzó una eliminación del 93 % de la turbiedad. En conclusión, el filtro tiene la capacidad de eliminar la turbiedad y además disminuye los valores de los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, aceites y grasas.

Ger (2018), realizó una investigación en la metodología, el trabajo fue descriptiva de tipo experimental-exploratoria ya que no se cuenta con investigaciones previas al estudio, para la muestra tomó 55 galones del efluente industrial. El estudio se desarrolló durante un periodo de 90 días, evaluando la DBO<sub>5</sub> para obtener resultados precisos. A los 10 días, se alcanzó una eficiencia del 62,48 %; a los 21 días, esta disminuyó al 52,47 %; y a los 30 días, se estabilizó en un 52,95 %, con un promedio de eficiencia de remoción del 55,97 %. Aunque los otros parámetros analizados cumplieron con los Límites Máximos Permisibles (LMP), se observó un incremento en la capacidad del efluente para degradar la materia orgánica. Sin embargo, al analizar los resultados, se concluyó que el bagazo de caña como material filtrante tuvo una contribución limitada en la remoción de los parámetros evaluados.

Toapanta (2018), realizó un estudio de tipo aplicada exploratoria. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó un período de 90 días con un caudal residual esperado (0,13 L/s) y volumen final = 4680 L/día de trabajo; con concentraciones iniciales de agua residual fueron de 1324mg/l (aceites y grasas), 2631mg/l (DBO<sub>5</sub>) y 5560 mg/l (DQO), posterior al tratamiento la capacidad de limpieza del material filtrante se determina tomando y analizando muestras de agua filtrada cada 10 días; la eficiencia máxima alcanzada fue aproximadamente: 30,56% (aceites y grasas), 81,07% (DBO<sub>5</sub>) y 79,77% (DQO); se logró una eficiencia prácticamente media del 55,98%. En conclusión, el material filtrante tiene

una vida útil muy corta (30 días), es más eficiente en los primeros 10 días de filtración continua y tiene una excelente relación costo-beneficio, lo que lo convierte en un material adecuado para prefiltración o tratamiento.

Quilligana (2018), llevó a cabo un estudio descriptivo de tipo experimental, utilizando un enfoque exploratorio en laboratorio. Se recolectaron 10 muestras de un litro cada una, las cuales fueron monitoreadas durante un periodo de 90 días. El objetivo del estudio fue disminuir los niveles de DBO5, color y DQO. En el día 20, se alcanzaron valores significativos, logrando una eficiencia del 87.10 % en la remoción de DBO5, 84 % en la eliminación del color y 89.35 % en la reducción de DQO. Finalmente, se concluyó que el bagazo de caña de azúcar puede ser empleado como material filtrante para el pretratamiento de efluentes evaluados en el estudio.

Fernández y Santillán (2019), menciona que el estudio corresponde al tipo descriptivo correlacional, experimental con pre y post tratamiento del agua; se analizaron parámetros como: color, potencial hidrógeno (pH), conductividad, turbidez, cloruro, nitrato, fosfato, sólidos suspendidos (SS), sólidos disueltos totales (TDS), (DQO), (DBO5), coliformes totales (CT) y coliformes fecales. En la elaboración de los biofiltros se utilizan los siguientes materiales: bagazo, caliza, carbón activado, grava, piedra pómez como soporte y que a su vez impide el paso de la arena del filtro a través de las tuberías. En base a los resultados de los análisis realizados, se puede concluir que introduciendo biofiltros y utilizando estos materiales, los valores de los parámetros probados se pueden reducir en un 77%. Además, es muy valioso para la agricultura; se recomienda reiterar esta idea y brindar a la comunidad condiciones de vida adecuadas a corto, mediano y largo plazo, ya que esto evitará que la población enferme y garantizará la higiene del hogar.

Rodríguez (2019), llevó a cabo una investigación de tipo aplicada y experimental, utilizando muestras no probabilísticas que fueron analizadas de manera descriptiva e inferencial en un laboratorio fisicoquímico. En el estudio, se evaluaron parámetros como la cantidad de aceites y grasas, el pH, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos. Según Carbajal Encarnación, D. E. (2017), los resultados mostraron que los valores obtenidos no cumplieron con los Límites Máximos Permisibles (LMP). La investigación, que se desarrolló durante 16 semanas, reveló un nivel preocupante de contaminación, con una concentración de 89,5 mg/L de aceites y grasas por litro de muestra. En cuanto a las concentraciones de aceite y grasa en los diferentes tratamientos, se registraron los siguientes valores: en el primer tratamiento (> 2,00 mm),

se detectó una concentración de 1,4 mg/L; en el segundo tratamiento (> 1,00 y > 2,00 mm), 1,9 mg/L; y en el tercero, 1,7 mg/L.

Flores y Gilare (2024), en su investigación utilizaron biocarbón de bagazo de caña de azúcar en la remoción de coliformes termotolerantes, aceites y grasas. Se utilizaron tamices N° 4 y N° 8 en la que se utilizaron 100 gr de bagazo de caña de azúcar. Se empleó biocarbón con granulometrías de 2,35 mm (T1), 4,75 mm (T2) y 9,5 mm (T3). El análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey mostraron una remoción de aceites y grasas superior al 95% en todos los tratamientos, sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). En cuanto a los coliformes termotolerantes, la mayor remoción se obtuvo con T1 (77,34%), seguido de T2 (56,54%) y T3 (27,43%), con variaciones significativas ( $p < 0,05$ ).

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1. Teoría de la coagulación del agua**

El agua, en su estado molecular puro, no se encuentra presente en el entorno natural, ya que contiene diversas sustancias que pueden encontrarse suspendidas o disueltas, dependiendo del grado de dispersión del material que transporta. Por otro lado, el agua puede aparecer turbia o coloreada, o ambas cosas, dependiendo del tipo de impurezas presentes.

Según (Arboleda, 1992) la turbiedad no es más que la capacidad que tiene un líquido de dispersar haces de luz, la cual puede ser causada por partículas de arcilla provocadas por la erosión del suelo, algas o crecimiento bacteriano.

### **2.2.2. Bagazo de caña**

Los usos de la caña de azúcar son variados (INEI, 2016) en consecuencia, cuando se utilizan en actividades ambulatorias como el comercio de jugo de caña de azúcar, se forman residuos que se desechan sin procesar y por lo tanto no se procesan adecuadamente.

El bagazo de caña de azúcar posee aproximadamente un 50 % de humedad, junto con un 5 % de sólidos solubles y un 45 % de sólidos insolubles o fibras. Su composición química incluye cerca de un 47 % de carbono, un 6,5 % de hidrógeno, un 44 % de oxígeno y un 2,5 % de cenizas. Además, según Cascaret et al. (2020), la presencia de diversos grupos funcionales en el bagazo contribuye a mejorar la eliminación de sedimentos en aguas residuales. (Bautista et al. 2019).

En los estudios granulométricos se observan una distribución heterogénea en el diámetro del bagazo de caña de azúcar, desde polvo fino hasta partículas irregulares de gran tamaño, con mayor acumulación en partículas menores de 0,5 mm y hasta 1 mm de diámetro, determinándose un diámetro promedio general de 0,453 mm (Manals y Penedo, 2015).

### **2.2.2.1. Dimensiones**

#### **Dimensión 01: Humedad**

La determinación de la humedad está directamente relacionada con la estabilidad, calidad y composición del material, factores que inciden en procesos como el envasado, la manipulación y el almacenamiento de las muestras. Según Sánchez et al. (2018), la humedad de una muestra puede calcularse mediante la pérdida de peso tras su calentamiento a temperaturas de 100-105 °C. En el caso de alimentos secos, se emplea frecuentemente el método de secado en horno hasta alcanzar un peso constante, obteniendo el contenido de humedad a partir de la diferencia de peso antes y después del secado. Este procedimiento asegura que la humedad calculada incluya todos los componentes volátiles a dichas temperaturas y represente la cantidad de agua disponible. Tras este proceso, el bagazo de caña presenta un contenido de humedad que oscila entre el 30 % y el 50 %, dependiendo del estado inicial de la muestra.

#### **Dimensión 02: Sólidos Solubles**

Se ha identificado que los sólidos solubles totales (Brix, % caña) presentan valores que oscilan entre un 10 % y un 16 %, mientras que la fibra (% caña) varía dentro del rango de un 11 % a un 16 %. Por otro lado, la concentración de azúcares simples, como la glucosa y la fructosa (azúcares reductores), en el jugo de caña de azúcar madura se sitúa entre el 1 % y el 5 %. (Larrahondo, 2017).

#### **Dimensión 03: Sólidos insolubles o fibras gruesas**

Sugieren que los sólidos insolubles son hebras que conforman los tejidos orgánicos de la caña, y además pueden ser considerados adecuados para la producción de tejidos o hilos (Aguirre y Poveda, 2018).

### **2.2.3. Contaminación del agua:**

Según el informe de SUNASS (2008), en el Perú, el 70 % de las aguas residuales no reciben ningún tipo de tratamiento. Además, de las 143 plantas de tratamiento existentes, solo el 14 % opera conforme a los estándares establecidos por la normativa

vigente, asegurando un funcionamiento eficiente. Por su parte, el Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015 estimó un déficit económico cercano a los 948 millones de dólares estadounidenses (SUNASS, 2015).

De acuerdo con Larios et al. (2015), el diseño, construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas destinada a atender a una población de 10 millones de habitantes requiere una inversión aproximada de 1,000 millones de dólares estadounidenses.

#### 2.2.4. Métodos de tratamiento de aguas residuales

Son aquellas que han sido contaminadas por la actividad humana, originándose en hogares, comunidades y zonas industriales, transportando consigo sustancias contaminantes y residuos.

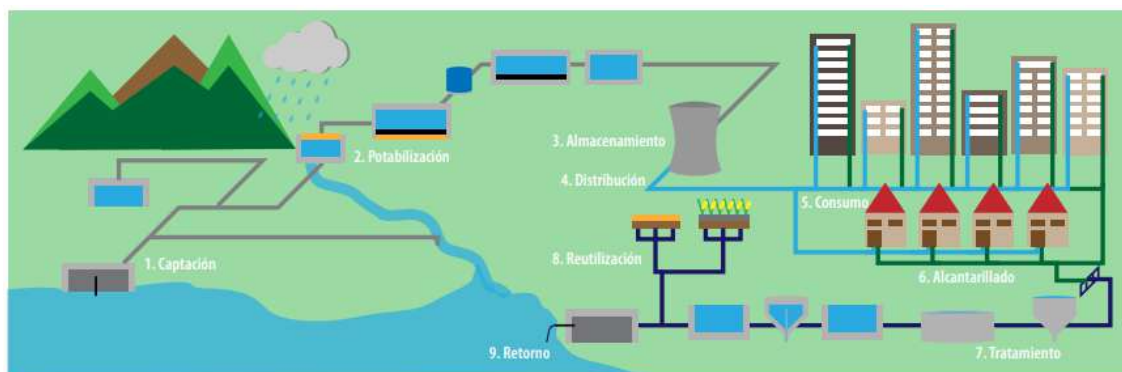


Figura 1  
Fases del ciclo urbano del agua  
Fuente: (ALEF, 2019)

#### Tipos de tratamiento

Los procesos de tratamiento de aguas residuales incluyen distintos niveles de purificación diseñados para eliminar los principales contaminantes presentes en ellas. Tabla 1.

La calidad del agua se mide a través de tres indicadores: Principio del formulario.

1. La  $(DBO_5)$  es una medida de la materia orgánica que agota el oxígeno en el agua.
2. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un indicador esencial para evaluar los contaminantes presentes en descargas no municipales, como aquellas generadas por actividades industriales.

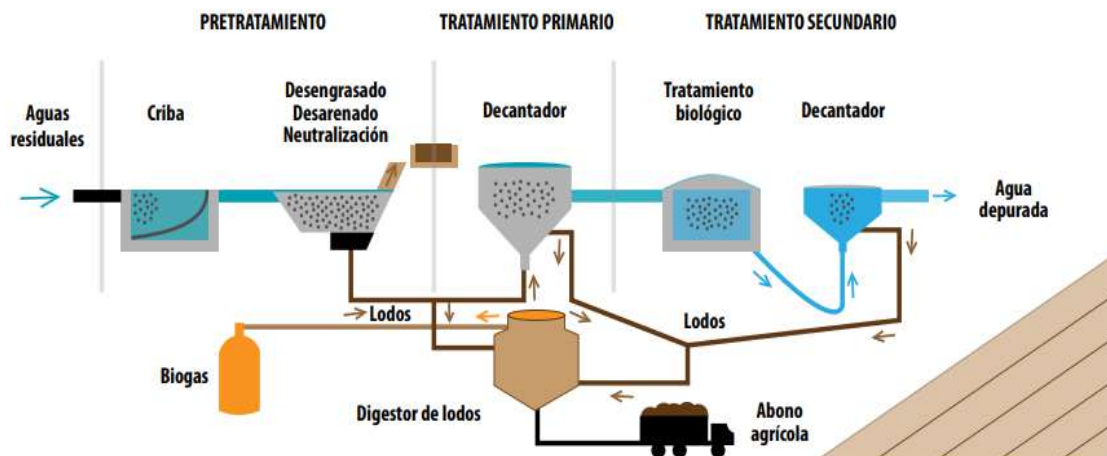
3. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se originan principalmente de las aguas residuales y del proceso natural de erosión del suelo.

**Tabla 1**  
*Niveles de tratamiento de aguas residuales*

Nivel	Procesos	Contaminantes removidos	Porcentaje de las plantas existentes
Primario: Asentamiento de solidos	- Sedimentarios - Decantación - Lagunas de estabilización	- Ajusta el pH del agua - Orgánicos e inorgánicos	31,14%
Secundario: Tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta	- Lodos activados - Lagunas aireadas - Filtros biológicos - Reactores anaeróbicos de flujos ascendentes (RAFA)	- Orgánicos coloidales - Orgánicos disueltos  - Orgánicos disueltos	60,7%
Terciario: Microfiltración y desinfección	- Desinfección - Filtración química	- Iones - Bacterias - Virus	3,35%
No especificado			4,81%

Fuente: (INC, 2019)

- Etapa de pretratamiento: se eliminan los elementos de mayor tamaño (como rocas, papel, troncos, etc.).
- En la etapa de tratamiento secundario, los lodos se emplean para transformar los microorganismos en compuestos que pueden ser eliminados de manera más sencilla.
- Gestión de biosólidos: Los excesos de lodos son llevados a través de procedimientos de digestión (como incineración, oxidación o digestión aeróbica), deshidratación y almacenamiento para su gestión futura.
- Etapa de desinfección: se neutralizan bacterias, virus y otros patógenos para prevenir riesgos para la salud humana.
- El agua tratada resultante se destina principalmente a actividades agrícolas y ganaderas, mientras que el excedente se reincorpora al medio ambiente. (INC, 2019).



**Figura 2**

*Descripción del funcionamiento de una planta por fases.*

Fuente: (Estevez, 2015)

### 2.2.4.1. Sedimentos

Los sedimentos son entendidos como contaminantes de la escorrentía industrial, agrícola y urbana. Este compuesto penetra en el lecho de ríos, lagos y océanos mediante el agua. Además, según OEFA (2020), la contaminación por sedimentos se refiere a una cuenca hidrográfica, la cual es un área que recoge el agua hacia un punto central, como un arroyo, un río o un lago. Cada cuenca más pequeña desemboca en una más grande que finalmente llega al mar.

#### Impacto en la salud

Los contaminantes que se hallan dentro de los sedimentos pueden causar problemas de salud a medida que entran en la cadena alimentaria y se acumulan en los peces, lo que finalmente contamina los alimentos con sustancias químicas tóxicas. Además, los sedimentos pueden modificar el sabor y el olor del agua, lo que hace que su eliminación sea más costosa (Pintor, 2021).

#### Impacto en la vida marina

Los sedimentos tienen el potencial de inducir mutaciones genéticas graves en los peces y, en ocasiones, bloquear las branquias de estos animales, disminuyendo la transparencia del agua necesaria para el desarrollo de las plantas acuáticas (Pintor, 2021).

### 2.2.4.2. Aguas residuales

Las aguas residuales, generadas a partir del uso del agua en diversas actividades humanas, se clasifican según el tipo de contaminantes que contienen.

Las aguas residuales domésticas tienen su origen en zonas residenciales y de servicios, generadas principalmente por actividades domésticas y procesos metabólicos humanos. Según Reynolds (2018), estas aguas derivan del uso de agua potable en tareas como el aseo personal, el lavado de ropa y la preparación de alimentos. Se caracterizan por su elevado contenido de materia orgánica, detergentes y grasas.

**Aguas lluvias:** Se producen por el escurrimiento superficial del agua de lluvia que corre sobre tejados, calles, jardines y otras superficies. Los primeros riachuelos son los más contaminados, ya que arrastran escombros y otros materiales acumulados en las superficies (Reynolds, 2018)

**Aguas residuales industriales:** Este tipo de agua nace a partir de la actividad industrial. Su composición varía según el tipo de proceso y la industria, ya que un proceso en una industria puede tener características diferentes en comparación con otra. Así también, Reynolds (2018) afirma que estas aguas residuales pueden ser alcalinas, ácidas, tóxicas, coloreadas, etc.

**Aguas residuales agrícolas:** Proceden de la escorrentía superficial de los terrenos agrícolas. Según, Reynolds (2018) este tipo de aguas se caracteriza por la presencia de pesticidas, sales, altos sólidos en suspensión e incluso agentes patógenos.

Desde el punto de vista de una ciudad ecoeficiente, se trata de ofrecer una combinación óptima de opciones tecnológicas que permitan limpiar el agua contaminada, reduciendo el uso de los recursos disponibles con los máximos beneficios ambientales y los mínimos costes económicos (MINAM, 2021).

Al elegir una tecnología para el tratamiento de aguas residuales, la ecoeficiencia prioriza la integración de equipos que operen de forma conjunta y coordinada para cumplir eficazmente con los objetivos de tratamiento. considerando los siguientes criterios:

- Reducción del uso del suelo.
- Reducir el consumo de electricidad.
- Reducir el uso de productos químicos u otras materias primas que agotan los recursos y, por lo tanto, aumentan los costos.
- Reducir los lodos generados durante la eliminación.
- Fomentar la producción de biogás como subproducto de la depuración.
- Reutilización de aguas residuales previamente tratadas.

Respecto a ello, MINAM (2021) sostiene que el resultado de un sistema de tratamiento de aguas residuales ambientalmente eficiente es aquel que priorizar los máximos beneficios que se pueden lograr mediante el uso del sistema.

### **2.2.4.3. Remoción de sedimentos en aguas residuales**

Involucra diversos procesos físicos, químicos y biológicos destinados a remover los contaminantes presentes en el agua. (Reynolds, 2018).

#### **Dimensiones**

##### **Dimensión 01: Turbiedad**

Es una manifestación de las propiedades ópticas del agua que provoca la dispersión de la luz en lugar de su transmisión directa a través de la suspensión. Orellana (2018) menciona que la turbidez del agua potable generalmente se elimina mediante procedimientos de coagulación y floculación. Este proceso libera  $H^+$  en el agua, para asegurar una condensación completa y eficiente, la concentración de alcalinidad debe exceder la concentración de  $H^+$  liberada.

##### **Dimensión 02: Sólidos Totales**

Es el parámetro de medición más directo de la calidad del agua. Se mide calculando el volumen del agua más el material, y luego se pesa antes y después de la remoción de sedimentos. Orellana (2018) Se señala que los sólidos totales pueden encontrarse disueltos, suspendidos (generando turbidez) o sedimentados. El término sólidos totales (ST) hace referencia a los residuos que permanecen después de someter el agua a un proceso de evaporación y secado a temperaturas de 103-105 °C.

##### **Dimensión 03: Dureza**

Según la ANA (2018), la dureza del agua se clasifica de acuerdo con la concentración de  $CaCO_3$  en su composición: aguas blandas (0 a 75  $mgCaCO_3/L$ ), aguas moderadamente duras (75 a 150  $mgCaCO_3/L$ ), aguas duras (150 a 300  $mgCaCO_3/L$ ) y aguas muy duras (más de 300  $mgCaCO_3/L$ ).

##### **Dimensión 04: Alcalinidad**

La alcalinidad se refiere a la capacidad del agua para neutralizar ácidos, actuando como una medida de su poder amortiguador, lo que permite mantener un pH estable ante la adición de ácidos o bases. En los cuerpos de agua naturales, esta característica se atribuye principalmente a la presencia de sales derivadas de ácidos débiles; sin embargo, en condiciones extremas, también pueden intervenir bases fuertes, como el

ion hidróxido ( $\text{OH}^-$ ). Según Pintor (2021), los bicarbonatos son los principales responsables de la alcalinidad en estos cuerpos de agua, los cuales provienen de la disolución de dióxido de carbono atmosférico y la erosión de minerales carbonatados, como también lo señalan Garbagnati et al. (2015).

### **MARCO LEGAL NORMATIVA**

El Decreto Supremo N° 008-2005-PCM, emitido por la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), aprueba el Reglamento de la Ley N° 28245, conocida como la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Este reglamento establece los lineamientos y procedimientos esenciales para implementar y coordinar políticas, planes y acciones en materia de gestión ambiental a nivel nacional, promoviendo el desarrollo sostenible y asegurando la protección del medio ambiente en el Perú.

Además, esta normativa tiene como objetivo principal garantizar el cumplimiento de las metas ambientales definidas por las entidades públicas. También busca fortalecer los mecanismos de coordinación intersectorial en la gestión ambiental, promoviendo la eficiencia en la ejecución de funciones y evitando duplicidades, omisiones y conflictos entre las instituciones involucradas (PCM, 2005).

**Decreto Supremo N 004-2017-MINAM.** Aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Según el D.S N° 004-2017 – Ministerio del Ambiente (MINAM) se aprobaron normas estatales de calidad ambiental del agua. Según El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del agua. (MINAM, 2008):

**Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas**

Su propósito es regular los procedimientos y aspectos administrativos necesarios para la aprobación, modificación y reinstauración del vertido de aguas residuales tratadas en cuerpos de agua. (ANA, 2013).

**Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.**

**Tabla 2**

*Límites Máximos Permisibles para los efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)*

PARAMETRO	UNIDAD	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mg/L	10 000
Demanda 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.* La tabla muestra los parámetros de aguas residuales y sus límites máximos permisibles según Ley. Fuente: MINAN (2010)

### **Norma OS 090. Plantas de tratamiento de aguas residuales.**

El objetivo principal es supervisar el avance de los proyectos de tratamiento de aguas residuales en sus fases inicial, intermedia y final (NTE S.090, 2009).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ámbito y condiciones de la investigación**

##### **3.1.1. Contexto de la investigación**

En Yurimaguas Capital de la provincia de Alto Amazonas en Loreto. Se encuentra ubicado en la parte nororiental del país, en la margen izquierda del río Huallaga entre las desembocaduras de los ríos Shanusi y Parapapura, a una altitud de 149 msnm.

EL pueblo de Yurimaguas ha ido cambiando sus características a lo largo del tiempo; principalmente debido a la falta de saneamiento, el mantenimiento de este cañón que alguna vez fue un lugar acogedor debido a su carácter, ahora se encuentra en todas las condiciones de las alcantarillas, a través de este cañón. la gente de alrededor los usa para evacuar la basura que sale de sus casas todos los días (ANA, 2013),.

El área se ubicó entre las coordenadas: 376438 E - 9 347369 N; 376388 E – 9347496 N

##### **3.1.2. Periodo de ejecución**

El estudio se realizó en 10 meses cuyo periodo abarcó las fechas del 14/07/2023 al 13/05/2024 de acuerdo con resolución N° 276-2023-UNSM/CF/FE Moyobamba, 14 de julio de 2023.

##### **3.1.3. Autorizaciones y permisos**

Se recibió la autorización de uso de las instalaciones del laboratorio de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, mediante aprobación de la Decana de la Facultad de Ecología previa solicitud.

##### **3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

###### **Control Ambiental**

1. **Monitoreo de la calidad del agua:** Establecer un programa de muestreo regular para medir parámetros como DBO, temperatura, DQO, TDS y turbiedad.

###### **Protocolos de Bioseguridad**

1. **Protección personal:** Se utilizó equipo de protección personal (EPP) como guantes, gafas y mascarillas al manipular el bagazo y las aguas residuales.

- 2. Monitoreo de parámetros de aguas residuales:** Se realizó análisis en las aguas residuales.
- 3. Registro y documentación:** Se registro todas las actividades, análisis y medidas de seguridad implementadas.

### 3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

De igual manera, se han cumplido y aplicado los principios éticos fundamentales en la investigación, incluyendo la integridad y la totalidad, el respeto por las personas, la protección del ecosistema, la beneficencia y la justicia.

Examinación imparcial de los procedimientos, colaboración con la comunidad, importancia social, rigurosidad científica, y equitativa selección de los participantes.

## 3.2. Sistema de variables

### 3.2.1. Variables principales

V.I. Bagazo de caña

V.D. Remoción de sedimentos

Tabla 3

#### *Descripción de variables por objetivo específico*

**Objetivo específico № 1:** Determinar las características físicas del agua residual de Yurimaguas

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Características del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DBO</li> <li>• Temperatura</li> <li>• DQO</li> <li>• TDS</li> <li>• Turbiedad</li> </ul>	Análisis de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mg/L</li> <li>• (°C)</li> <li>• mg/L</li> <li>• mg/L</li> <li>• NTU</li> </ul>

**Objetivo específico № 2:** Determinar la concentración de bagazo de caña de azúcar en el tratamiento de agua residual

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Concentraciones de bagazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 gr de bagazo de caña de azúcar</li> <li>• 10 gr de bagazo de caña de azúcar</li> <li>• 15 gr de bagazo de caña de azúcar</li> <li>• 20 gr de bagazo de caña de azúcar</li> </ul>	(Ficha de recolección de datos)	Gramos(gr)

- 
- 25 gr de bagazo de caña de azúcar
  - 30 gr de bagazo de caña de azúcar
- 

**Objetivo específico № 3:** Analizar la eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales de Yurimaguas

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Eficiencia del bagazo de caña de azúcar	Remoción de sedimentos	Análisis de varianza	%

---

### 3.3. Procedimientos de la investigación

#### 3.3.1. Objetivo específico 1

**OE1: Determinar las características físicas del agua residual de Yurimaguas**

- Identificación del área de estudio

Se procedió a identificar las dos zonas de muestreo en la que se tomó coordenadas en formato UTM, zona 18 S que se encuentran en (377360.70; 9347804.50).



**Figura 3**  
*Área de estudio*

- Elaboración de mapa de ubicación

Con las coordenadas tomadas en la actividad anterior estas se transcribieron en un Excel en formato LXS, seguido a ello se pasó a un formato XLSX para así subirlo al programa ArcMap de ArcGIS en la que se elaboró el mapa de ubicación.

- Recolección de muestras de agua

En esta actividad se procedió mediante la puesta de la indumentaria como bata, guantes y botas, seguido de ello se recolectó 1 850 mL de agua residual en total desglosándose en los siguiente.

- DQO: 100 mL
- DBO: 1L
- TDS: 500 mL
- Tº: 250 mL

- Etiquetado y rotulado de muestras

A las muestras de agua recolectadas en específico a la DQO se le agrego 10 gotas de  $H_2SO_4$  y seguido de ello se etiquetó a cada una de las muestras.

- Análisis de laboratorio

Las muestras recolectadas se enviaron al laboratorio para su respectivo análisis.

- Interpretación de resultados

Los parámetros evaluados como DBO, DQO, sólidos totales en suspensión, temperatura y turbidez, estos parámetros se compararon con LMP establecidos en el decreto supremo 003-2010-MINAM (MINAM, 2010)

### **3.3.2. Objetivo específico 2**

**OE2: Determinar la concentración de bagazo de caña de azúcar en el tratamiento de agua residual**

- Recolección de muestras de agua



**Figura 4**  
*Recolección de agua*

- Extracción de bagazo de caña

Se procedió a secar el bagazo de caña y posterior a ello se realizó la molienda respectiva del bagazo hasta obtener partículas pequeñas de la misma.

- Tamizado del bagazo de la caña

En esta actividad se procedió a utilizar tres tamices con números 8, 12 y 16.

- Pesado de bagazo de la caña

Para ello se realizó 6 pesos diferentes en una balanza analítica por cada número de tamiz que se muestra en los cuadros siguientes.

Tabla 4

***Pesos de los tamices N° 8, N° 12, N° 16***

	<b>Tamiz N°8</b>	<b>Tamiz N°12</b>	<b>Tamiz N°16</b>
<b>VP</b>	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
<b>I</b>	5	5	5
<b>II</b>	10	10	10
<b>III</b>	15	15	15
<b>IV</b>	20	20	20
<b>V</b>	25	25	25
<b>VI</b>	30	30	30



**Figura 5**  
*Pesado de muestras*

- Aplicación de bagazo de caña

Los diferentes pesos de bagazo de caña de azúcar se introdujeron por cada muestra de 1 L en un promedio de 30 minutos en remoción en la máquina de prueba de jarras tal cual evidencia la siguiente figura.



**Figura 6**  
*Movimiento de los tratamientos en equipo prueba de jarras*

- Medición de parámetros

Una vez aplicado el bagazo de caña de azúcar se procedió a medir la turbidez, temperatura y sólidos totales disueltos

- Análisis de resultados

Los resultados arrojados se interpretaron por cada muestra realizada.

### **3.3.3. Objetivo específico 3**

**OE1: Analizar la eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales de Yurimaguas**

- Prueba de eficiencia.

Para comprobar que tratamiento fue mejor, se utilizó la prueba de eficiencia que se menciona a continuación.

$$E(\%) = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

E (%): Eficiencia

S<sub>0</sub>: Dato inicial

S: Dato final

### **Prueba estadística**

Como primer paso se realizó el diseño factorial que se muestra a continuación.

Tabla 5  
**Diseño Factorial Completo 3x6**

N°	Tamiz (factor A)	Bagazo en gr (Factor B)	Tratamiento
1		B1= 5	T1B1
2		B2= 10	T1B2
3	T1= 8	B3= 15	T1B3
4	(2,26 mm)	B4= 20	T1B4
5		B5= 25	T1B5
6		B6= 30	T1B6
7		B1= 5	T2B1
8		B2= 10	T2B2
9	T2= 12	B3= 15	T2B3
10	(1,7 mm)	B4= 20	T2B4
11		B5= 25	T2B5
12		B6= 30	T2B6
13		B1= 5	T3B1
14		B2= 10	T3B2
15	T3=16	B3= 15	T3B3
16	(1,18 mm)	B4= 20	T3B4
17		B5= 25	T3B5
18		B5= 30	T3B6

Se realizó la prueba estadística en el programa infoStat sobre la turbiedad, SDT y temperatura, y lo que son prueba de tamices.

➤ **Análisis de varianza**

Se ejecuta el análisis de varianza, con el criterio de clasificación del tamiz (N° 8, N° 12 y N°16) y como variables dependientes: turbiedad y sólidos disueltos totales

Se elige la prueba de comparación múltiple (en este caso Tukey) y se acepta.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Características físicas del agua residual de Yurimaguas

Tabla 6

**Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del agua**

Parámetros	Unidades	Resultado	LMP
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	153, 0	100
Parámetros	Unidades	Resultado	LMP
Temperatura	(°C)	21,4	<35
Demanda Química de oxígeno	mg/L	381	200
Sólidos Totales Disueltos (TDS)	mg/L	875	----
Turbidez	NTU	56, 00	----

Fuente: INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-9348 (ALAB)

En la tabla 6 se evidencia 5 parámetros evaluados antes del tratamiento en la que resulta que dos parámetros evaluados están por encima de lo normativo como DBO según el resultado es 153 mg/L mientras que según los LMP es de 100 mg/L.

El segundo parámetro evaluado es demanda química de oxígeno con un resultado de 381 mg/L mientras que en la normativa es de 200 mg/L.

El tercer parámetro evaluado es la temperatura con un valor de 21,4 °C mientras que en la normativa es de <35 °C por lo que este parámetro está acorde con lo reglamentado.

Otros de los parámetros obtenidos son los sólidos totales disueltos con una concentración de 875 mg/L y en turbidez se tiene 56 NTU.

Quilligana (2018) llevó a cabo un estudio experimental utilizando 10 muestras de un litro, las cuales fueron monitoreadas durante 90 días con el objetivo de disminuir los niveles de DBO5, color y DQO. Al día 20, se alcanzaron eficiencias del 87,10 % en la remoción de DBO5, 84 % en la eliminación de color y 89,35 % en la reducción de DQO. El estudio concluyó que el bagazo de caña de azúcar es una alternativa efectiva como material filtrante para el pretratamiento de efluentes.

#### 4.2. Concentración de bagazo de caña de azúcar en el tratamiento de agua residual

Tabla 7

##### **Resultados de tamiz N° 8 en turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura**

Tamiz N°8		Parámetros medidos		
VP	Peso (g)	NTU	TDS	T °C
I	5	142,8	978	24,2
II	10	118,4	432	24,2
III	15	66,6	367	24,2
IV	20	62,4	291	24,2
V	25	41,8	274	24,2
VI	30	41,1	261	24,2

Fuente. INFORME DE ENSAYO FECOL N° 002

De acuerdo con el análisis realizado utilizando seis diferentes pesos de bagazo de caña de azúcar, se obtuvieron los siguientes resultados: en términos de turbidez, el valor más alto correspondió a 5 gramos de bagazo, con un registro de 142,8 NTU, mientras que el valor más bajo de turbidez fue de 41,1 NTU. En relación con los sólidos disueltos totales, se observaron valores máximos de 978 mg/L y mínimos de 261 mg/L. Por otro lado, la temperatura de las seis muestras analizadas se mantuvo constante, con un promedio de 24,2 °C.

Tabla 8

##### **Resultados de tamiz N° 12 en turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura**

Tamiz N°12		Parámetros medidos		
VP	Peso (g)	NTU	TDS	T °C
I	5	122,4	906	24,1
II	10	101,5	367	24,1
III	15	57,2	304	24,1
IV	20	53,5	278	24,1
V	25	35,8	197	24,1
VI	30	35,4	182	24,1

Fuente. INFORME DE ENSAYO FECOL N° 002

En la tabla N° 8, se evidencia los resultados de las 6 muestras ejecutadas en la que al hacer el tratamiento resulto que en el parámetro turbidez el valor más alto resulto de 122,4 NTU mientras que el menor valor es de 35,4 NTU, en cuanto al parámetro solidos disueltos totales el mayor valor es de 906 mg/L y el menor valor arrojados después del tratamiento es de 182 mg/L y por último se muestra la temperatura en las 6 muestras arrojó un valor de 24,1 °C.

Tabla 9

**Resultados de tamiz N° 16 en turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura**

Tamiz N°16		Parámetros medidos		
VP	Peso (g)	NTU	TDS	T °C
I	5	102	890	24,2
II	10	84,6	286	24,2
III	15	47,6	219	24,2
IV	20	44,6	213	24,2
V	25	29,8	144	24,2
VI	30	29,5	136	24,2

Fuente. INFORME DE ENSAYO FECOL N° 002

Los resultados de las seis muestras analizadas se presentan en la tabla N° 9. En términos de turbidez, se observa que el valor más alto alcanzado fue de 102 NTU, mientras que el valor más bajo fue de 29,5 NTU después del tratamiento. Respecto a los sólidos disueltos totales, el máximo registrado fue de 890 mg/L, mientras que el mínimo posterior al tratamiento fue de 136 mg/L. Por último, la temperatura registrada en las seis muestras fue de 24,2 °C.

Tabla 10

**Comparación de dos concentraciones de bagazo con los tipos de tamiz**

TAMIZ	NTU (5gr)	TDS (5gr)	NTU (30gr)	TDS (30gr)
N° 8	142,8	978	41,1	261
N° 12	122,4	906	35,4	182
N° 16	102	890	29,5	136

Fuente. INFORME DE ENSAYO FECOL N° 002

En la tabla N° 10, se observa que al aplicar concentraciones de 5 gr de bagazo de caña de azúcar en los parámetros NTU (turbidez) y TDS (sólidos totales disueltos) resulta en un aumento de los niveles de dichos parámetros, en cambio, al aplicar 30 gr de bagazo, se observa disminuciones de los parámetros, lo que le vuelve óptimo para tratar el agua residual.

Adicionalmente, Ger (2018) destaca la importancia del bagazo en el pretratamiento de aguas residuales, mostrando una eficiencia promedio de 55,97% a lo largo de 90 días. Esta investigación coincide con la tendencia observada en la actual, donde el aumento

de bagazo resulta en una mayor eficiencia de remoción, corroborando que su uso sistemático puede ser beneficioso para optimizar los procesos de depuración. Los estudios de Toapanta (2018) y Quilligana (2018) también aportan evidencias sobre la efectividad del bagazo en la remoción de parámetros contaminantes, con eficiencias que varían según el tiempo y las condiciones del tratamiento. En particular, Quilligana reportó una notable eficiencia en la remoción de DBO5 (87,10%) y DQO (89,35%), lo que indica el potencial del bagazo para servir como un material filtrante eficaz en el pretratamiento de efluentes.

#### 4.3. Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales de Yurimaguas

**Tabla 11**

*Eficiencia de las concentraciones de bagazo de caña de azúcar*

TAMIZ	NTU %	TDS %
Nº 8	26,61	70,17
Nº 12	36,76	79,2
Nº 16	83,04	84,46

Según la fórmula de eficiencia y los datos presentados en la tabla N° 11, el tamiz N° 16 demostró ser el más eficiente para el tratamiento de aguas residuales. Este alcanzó valores del 83,04 % en la reducción de turbidez y 84,46 % en sólidos totales disueltos, siendo estos los resultados más altos en comparación con los demás tamices evaluados.

##### A. Análisis de varianza (turbiedad, SDT y temperatura)

###### Turbiedad (NTU)

Tabla 12

*Análisis de varianza para turbiedad*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19538,96	5	3907,79	24,92	< 0,0001
Bagazo (gr/l)	19538,96	5	3907,79	24,92	< 0,0001
Error	1881,75	12	156,81		
Total	21420,72	17			

Tabla 13

**Test: Tukey para turbiedad**

Bagazo (g/L)	Medidas	n	E.E.	
5	122,4	3	7,23	A
10	101,5	3	7,23	A
15	57,13	3	7,23	B
20	53,5	3	7,23	B
25	35,8	3	7,23	B
30	35,33	3	7,23	B

De acuerdo con el análisis estadístico se muestra que las concentraciones de 15, 20, 25 y 30 g son adecuadas para tratar la turbiedad en las aguas residuales

**Temperatura**

Tabla 14

**Análisis de varianza – Temperatura**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0	5	0	0	< 0,9999
Bagazo (gr/l)	0	5	0	0	< 0,9999
Error	0	12	3,3E-03		
Total	0	17			

Tabla 15

**Test: Tukey – Temperatura**

Bagazo (g/L)	Medidas	n	E.E.	
20	24,17	3	0,03	A
25	24,17	3	0,03	A
30	24,17	3	0,03	A
5	24,17	3	0,03	A
10	24,17	3	0,03	A
15	24,17	3	0,03	A

El análisis estadístico indica que no se encontraron diferencias significativas entre los diversos tratamientos evaluados en relación con el parámetro de temperatura.

**SDT**

Tabla 16

**Análisis de varianza – SDT**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1150595,61	5	230119,12	59,82	< 0,0001
Bagazo (gr/l)	1150595,61	5	230119,12	59,82	< 0,0001
Error	46160,67	12	3846,72		
Total	1196756,28	17			

Tabla 17

**Test: Tukey – SDT**

Bagazo (g/L)	Medidas	n	E.E.	
5	924,67	3	35,81	A
10	361,67	3	35,81	B
15	296,67	3	35,81	B
29	260,67	3	35,81	B
25	205	3	35,81	B
30	193	3	35,81	B

De acuerdo con el análisis estadístico se muestra que las concentraciones de 10, 15, 20, 25 y 30 gr son adecuadas para tratar TDS presentes en aguas residuales.

## B. Análisis de varianza (Tamices)

### Turbiedad

Tabla 18

**Análisis de varianza – Turbiedad**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	845,97	2	422,98	0,31	0,7376
Tamiz (mm)	845,97	2	422,98	0,31	0,7376
Error	19036,86	14	1359,78		
Total	19882,82	16			

Tabla 19

**Test: Tukey – Turbiedad**

Tamiz (mm)	Medidas	n	E.E.	
2,26	78,85	6	15,05	A
1,7	67,63	6	15,05	A
1,18	61,272	5	16,49	A

### SDT

Tabla 20

**Análisis de varianza – SDT**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21142,75	2	10571,38	0,31	0,8769
Tamiz (mm)	21142,75	2	10571,38	0,31	0,8769
Error	1115833,37	14	79702,38		
Total	1136976,12	16			

Tabla 21

**Test: Tukey – SDT**

2,26	433,83	6	115,26	A
1,7	372,33	6	115,26	A
1.,18	350,4	5	126,26	A

Estadísticamente se demuestra que no existe diferencia significativa entre tamices para ninguno de los parámetros evaluados (sólidos totales disueltos y turbidez).

Prueba de hipótesis

Tabla 22

**Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk**

	Estadístico	gl	Sig.
Tamiz 16	0,669	6	0,003
Tamiz 12	0,727	6	0,012
Tamiz 8	0,697	6	0,006

Nota: NS: No hay normalidad ( $p < 0,05$ ).

Los resultados demuestran que el conjunto de datos no siguió una distribución normal al encontrar para cada tratamiento un p-valor  $< 0,05$ . Por lo tanto, se utilizó la prueba no paramétrica "t de Wilcoxon" para grupos relacionados con un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 23

**Prueba t de Wilcoxon**

	Z	Sig. asin. (bilateral)
Tamiz 16	-1,992	0,046*
Tamiz 12	-1,922	0,046*
Tamiz 8	-1,922	0,046*

Nota: \*Significativo al 95 % ( $p < 0,05$ ).

La prueba "t de Wilcoxon" permitió determinar que el bagazo de caña de azúcar utilizado mediante los tres tipos de tamices no es significativo en la remoción de aguas residuales en Yurimaguas, al encontrar para todos los tratamientos un p-valor  $< 0,05$ .

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman y complementan estudios previos que destacan la efectividad del bagazo de caña de azúcar como un material viable para el tratamiento de aguas residuales. Pazmiño (2017) reportó que un filtro artesanal elaborado con materiales como ladrillo triturado y bagazo logró una retención de sólidos suspendidos del 88% y una eliminación de turbiedad del 93% en 30 días. De manera similar, los resultados de la investigación actual indican que el uso de mayores cantidades de bagazo de caña de azúcar, específicamente 30 g, mejora significativamente la remoción de parámetros como turbidez (NTU) y sólidos disueltos totales (TDS). Esta correlación sugiere que el incremento en la concentración de bagazo

optimiza su capacidad como filtrante y tratamiento. Fernández y Santillán (2019) también encontraron que los biofiltros que incorporan bagazo, junto con otros materiales como caliza y carbón activado, redujeron los parámetros analizados en un 77%. En la investigación actual, se alcanzó una eficiencia de tratamiento superior al 80% con el bagazo, lo que refuerza la conclusión de que este material es un recurso efectivo para el tratamiento de aguas residuales.

## CONCLUSIONES

El análisis estadístico confirmó que las concentraciones de bagazo de caña de azúcar tienen un efecto significativo en la reducción de TDS y turbidez, mientras que la temperatura no mostró un impacto relevante en los parámetros evaluados. Esto refuerza la necesidad de seguir utilizando concentraciones adecuadas de bagazo para maximizar la eficacia del tratamiento.

El análisis preliminar de las características físicas del agua residual en Yurimaguas mostró que los parámetros de estudio, sólidos totales disueltos (TDS) y turbidez (NTU), presentan concentraciones de 875 mg/L y 56 NTU respectivamente.

Los hallazgos indicaron que la aplicación de bagazo de caña en concentraciones entre 5 g y 30 g impactó de manera significativa en el tratamiento de aguas residuales. Se detectó una mejora en la eliminación de sólidos suspendidos y una reducción en la turbidez conforme aumentaba la cantidad de bagazo, observándose variaciones dependiendo tanto de la concentración como del tamiz empleado.

Al analizar la eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos, se encontró que el tamiz N° 16 alcanzó las eficiencias más altas, con un 83,04% en turbidez (NTU) y 84,46% en sólidos disueltos totales (TDS). Esto indica que el bagazo es un material efectivo para el tratamiento de aguas residuales, especialmente en concentraciones de 15 g a 30 g.

## RECOMENDACIONES

Es fundamental que estudiantes e investigadores tengan en cuenta los criterios básicos al llevar a cabo evaluaciones de aguas residuales. Entre estos parámetros se encuentran la presencia de aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nivel de pH, concentración de sólidos totales en suspensión (SST), temperatura, sólidos totales suspendidos (TDS) y turbidez (NTU).

Para los profesionales del tratamiento de agua, se sugiere incrementar la cantidad de bagazo de caña de azúcar utilizado. Las pruebas indican que concentraciones entre 30 g y 60 g mejoran significativamente la depuración. Se recomienda realizar experimentos específicos con incrementos en las concentraciones, como 30 g, 35 g, 40 g, 45 g, 50 g, 55 g y 60 g, utilizando principalmente el tamiz N° 16. Dado que los resultados indican que los diferentes tamices no tienen un impacto significativo, se sugiere concentrarse en el uso del tamiz N° 16, que mostró la mayor eficiencia en la reducción de turbidez y sólidos disueltos totales (TDS). Es recomendable realizar un mayor número de muestreos de aguas de pretratamiento a lo largo del año, para obtener datos más representativos que permitan ajustar y mejorar los procesos de tratamiento de manera continua. Considerar la implementación de protocolos de tratamiento que se centren en las concentraciones de bagazo que han demostrado ser efectivas. Se debe priorizar la repetición de tratamientos con concentraciones que han mostrado resultados positivos, en lugar de diversificar el uso de tamices.

Es crucial que el Ministerio del Ambiente fomenten la actualización de las normativas sobre la calidad de las aguas residuales, integrando los parámetros analizados y alineándose con los descubrimientos más recientes en investigaciones científicas. Del mismo modo, es crucial fomentar estudios sobre el uso de materiales orgánicos, como el bagazo de caña de azúcar, en el tratamiento de aguas residuales, con el fin de incentivar su aplicación en la industria y mejorar la sostenibilidad de los procesos de tratamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M., y Poveda, C. (2018). Jugo de caña de azúcar envasado en vidrio. *La referencia*, 1(1), 2-10. Obtenido de [https://www.lareferencia.info/vufind/Record/EC\\_3401fedb070b7b3548136d3170d893ea](https://www.lareferencia.info/vufind/Record/EC_3401fedb070b7b3548136d3170d893ea)
- Alef. (2019). *900 000 millones de pesos al año cuestan los daños asociados a la falta de tratamiento de aguas negras*. Obtenido de <https://alef.mx/900000-millones-de-pesos-al-ano-cuestan-los-danos-ambientales-asociados-a-la-falta-de-tratamiento-de-aguas-negras/>
- ALEF. (2019). *900,000 millones de pesos al año cuestan los daños ambientales asociados a la falta de tratamiento de aguas negras*. Obtenido de <https://alef.mx/900000-millones-de-pesos-al-ano-cuestan-los-danos-ambientales-asociados-a-la-falta-de-tratamiento-de-aguas-negras/>
- ANA. (2013). *Memoria Descriptiva Delimitación Faja Marginal Caño Atún quebrada*. Obtenido de [https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/5182/ANA0003692\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/5182/ANA0003692_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ANA. (2013). *Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas*. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-224-2013-ana-0>
- ANA. (2018). *Metodología para la dterminación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. Obtenido de [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_068-2018-ana.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._068-2018-ana.pdf)
- Arboleda, J. (1992). *Teoría y práctica de la Purificación del agua*. Obtenido de <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/teoria.pdf>
- Bautista, L., Castillo, O., Acosta, R., Garza, E., & Rodríguez, G. (2019). Aprovechamiento de bagazo de caña de azúcar para obtención de furfural. *inventio*, 14(34), 39-43. doi:10.30973/inventio/2018.14.34/5
- Carbajal, D. (2018). *Eficiencia del Bagazo de la Caña de Azúcar en la Remoción de Plomo de Aguas Contaminadas, a nivel de laboratorio – 2017 [Tesis de*

*Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34969>

Cascaret, D., Rodríguez, J., Ricardo, C., Quesada, O., y Bahín, L. (2020). Utilización de bagazo de caña de azúcar natural y tratado ecucquímicamente, como material adsorbente para Cu<sup>2+</sup>. *Revista Cubana de Química*, 32(2), 331-344. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4435/443564573011/html/>

Club Iagua. (2021). *Según una investigación, el tratamiento de aguas residuales en el mundo aumenta al 50%*. Obtenido de Europa Press: <https://www.iagua.es/noticias/europa-press/segun-investigacion-tratamiento-aguas-residuales-mundo-aumenta-al-50>

Estevez, J. (2015). *Calentamiento global*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/joseantonioesteveztejeda/fotos-de-temas-explicados>

Fernández, V., & Santillán, L. (2019). *Diseño y Construcción de un Sanitario Ecológico a través de un biofiltro de Bagazo de caña para aguas negras en la Finca Ovina San Pablo de la Parroquia Rural Facundo Vela [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11136/1/236T0438.pdf>

Flores, R., y Gilare, J. (2024). Evaluación de la eficiencia del biocarbón de bagazo de caña de azúcar como adsorbente en la remoción de coliformes termotolerantes, aceites y grasas. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/aa70bed5-630a-4745-915f-fd3ce1b9d6f9>

Garbagnati, M., Gonzales, P., Antón, R., y Mallea, M. (2015). Características físico-químicas, capacidad buffer y establecimiento de la línea base ambiental del Río Grande, San Luis, Argentina. *Ecología Austral*, 15(1), 59-71. Obtenido de [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral\\_v015\\_n01\\_p059.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v015_n01_p059.pdf)

Ger, J. (2018). *Análisis del Bagazo de caña de azúcar como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre los tres juanes, provincia de Tungurahua [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26824>

INC. (2019). *Tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de [https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU\\_19-028.pdf](https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf)

- INEI. (2016). *Producción de caña de azúcar se incrementó 8,7% en enero de 2016*. Obtenido de <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-cana-de-azucar-se-incremento-87-en-enero-de-2016-8969/#:~:text=El%20Instituto%20Nacional%20de%20Estad%C3%ADstica,con%20similar%20mes%20de%202015>.
- Larios, F., Gonzáles, C., y Morales, Y. (2015). *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. Obtenido de <https://usil.edu.pe/sites/default/files/2022-05/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Larrahondo, J. (2017). *Calidad de la Caña de Azúcar*. Obtenido de [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/nutriciondebovinos\\_com\\_ar/Archivos/File/CALIDAD\\_DE\\_LA\\_CA%C3%91A\\_DE\\_AZUCAR.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CALIDAD_DE_LA_CA%C3%91A_DE_AZUCAR.pdf)
- Manals, E., y Penedo, M. (2015). Caracterización del bagazo de caña como biomasa vegetal. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543787003.pdf>
- MINAM. (2010). *Decreto supremo 003-2010-MINAM*. Obtenido de [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_003-2010-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf)
- MINAM. (2021). *Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/153.pdf>
- MINAM. (2008). *Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-002-2008-minam/>
- MINAM. (2010). *Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- NTE S.090. (2009). *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de [https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/OS.090.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf)
- OEFA. (2020). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

- Orellana, J. (2018). *Tratamiento de las Aguas*. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)
- Pazmiño, L. (2017). *evaluación del nivel de eficiencia de un filtro artesanal elaborado con bagazo de caña de azúcar, arena, ladrillo triturado y piedra pómez, para el tratamiento del efluente de una lavadora de auto [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato]*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24175/1/Tesis%201055%20-%20Pazmi%20Barrera%20Lady%20Marianela.pdf>
- PCM. (2005). *Decreto Supremo N.º 008-2005-PCM*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/presidencia/normas-legales/395157-008-2005-pcm>
- Pintor, H. (2021). La importancia del AGUA en la Agenda 2030. *Mensajero*. Obtenido de [https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/55667/laimportanciadelaguaenlaagenda203041%20\(2\).pdf?sequence=-1](https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/55667/laimportanciadelaguaenlaagenda203041%20(2).pdf?sequence=-1)
- Quilligana, L. (2018). *Análisis del Bagazo de la caña de azúcar como filtro en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la lavadora de jeans "Lavaclassic"[Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27677/1/Tesis%201228%20-%20Quilligana%20Chifla%20Luis%20Rogelio.pdf>
- Reynolds, K. A. (2018). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamerica. *Agua Latinoam*, 1(1), 1-4. Obtenido de <https://issuu.com/aguaysaneamiento/docs/aguaysaneamiento>
- Rodríguez, T. (2019). *Bioadsorción utilizando bagazo de caña de azúcar para descontaminar aguas marinas de la rada interior del Puerto del Callao [Tesis de Ingeniería, Universidad César Vallejo]*. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40293/Rodriguez\\_GTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40293/Rodriguez_GTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez, Z., García, H., y Mendieta, O. (2018). Efecto del precalentamiento del aire primario y la humedad del bagazo de caña de azúcar durante la combustión en lecho fijo. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 1(1), 5-16. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v14n1/v14n1a02.pdf>

SUNASS. (2015). *Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales* .  
Obtenido de <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

Toapanta, A. (2018). *Análisis del Bagazo de la caña de azúcar como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria de lácteos “Lácteos Valenzuela Divino Niño” de la provincia de cotopaxi [Tesis de ingeniería, Universidad Técnica de Ambato]*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27019/1/Tesis%201208%20-%20Toapanta%20Molina%20%c3%81lvaro%20Santiago.pdf>

## ANEXOS

Anexo 01: Mapa de ubicación del área de estudio



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b>	
<b>Título del proyecto:</b>	Eficiencia de bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto.
<b>Ubicación del área de estudio</b>	
Distrito: Yurimaguas	Provincia: Alto Amazonas   Departamento: Loreto
Elaborado por: Boris Jersyn García Vásquez	DATUM: WGS 84
Escala: 1:6.000	Proyección: UTM Zona 18S

## Anexo 02: Resultados de análisis de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-9348

N° Id.: 0000109011

#### I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

1.- RAZÓN SOCIAL	: GARCIA VASQUEZ BORIS JERSYN
2.- DIRECCIÓN	: Mz LLT 13 zona 1. A.H. Iupac Amaru, Ate, Lima
3.- PROYECTO	: EFICIENCIA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REMOCIÓN DE SEDIMENTOS EN AGUAS RESIDUALES EN YURIMAGUAS, LORETO
4.- PROCEDENCIA	: CIUDAD DE YURIMAGUAS
5.- SOLICITANTE	: GARCIA VASQUEZ BORIS JERSYN
6.- PRODUCTO	: Agua Residual

#### II.- DATOS DEL SERVICIO

1.- ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000001654-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	2024-04-22

#### III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

1.- MUESTREO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.- FECHA DE RECEPCIÓN	: 2024-04-12
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN	: Conservación de la cadena de frío (<= 6°C) / Preservada.
5.- PERÍODO DE ENSAYO	: 2024-04-12 al 2024-04-22

  
Erika Aliaga Ibarra  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 100391



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituya delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Pág. 1 de 3

#### SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chelaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 717 5802  
Cel.: 977 515 129

#### SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2  
Ll. 3, Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379

#### SEDE AREQUIPA

COOP. SIOSUR Mz. E.Ll. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 952 361 941

#### SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G.Ll. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 952 617 782

#### SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A.Ll. 29,  
Alto Salaverry - Trujillo  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 961 766 828



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-9348

N° Id.: 0000109011

### IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. □	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	SIN ACREDITACION
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	INACAL LE - 096 PIURA
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 24th Ed. 2023.	Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C	INACAL LE - 096 CHALACA
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24th Ed. 2023.	Temperature. Laboratory and Field Methods	SIN ACREDITACION
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. 2023.	Turbidity. Nephelometric Method	SIN ACREDITACION

\*SMEWW\*: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

\*APHA\*: American Public Health Association

Pág. 2 de 3

#### SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chaitos N° 1877,  
Sotavista - Callao  
Telf.: (+01) 717 5802  
Cel.: 977 518 129

#### SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2  
Ll. 3, Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379

#### SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E.LL. B,  
Araucapu  
Telf.: (+054) 616 845  
Cel.: 952 361 941

#### SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G.LL. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 952 617 782

#### SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A.LL. 29,  
Alto Salaverry - Trujillo  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 961 768 828

[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-9348**

N° Id.: 0000108011

**V.- RESULTADOS**

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-24582
CÓDIGO CLIENTE <sup>(*)</sup>				AR-01
COORDENADAS - UTM WGS 84 <sup>(**)</sup>				E:9347804.50 N:377360.70
PRODUCTO <sup>(**)</sup>				Agua Residual
SUB PRODUCTO <sup>(**)</sup>				Agua Residual Doméstica
FECHA y HORA DE MUESTREO <sup>(**)</sup>				09-04-2024 17:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	153,0
Temperatura (**)	(°C)	NA	0,1	21,4
Turbidez (**)	NTU	NA	0,01	56,00
Sólidos Totales Disueltos (*)	mg/L	2	5	875
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	381,0

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(\*\*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

(\*) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

**VI.- OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

📍 SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 717 5802  
Cel.: 977 319 129

📍 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2  
Ll. 3, Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 979

📍 SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+004) 616 843  
Cel.: 952 301 941

📍 SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Ll. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 952 617 782

📍 SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A Ll. 29,  
Año Salaverry - Trujillo  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 961 768 628

### Anexo 03: Resultado de análisis laboratorio FECOL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-  
TARAPOTO FACULTAD DE ECOLOGÍA

### INFORME DE ENSAYO

N° FECOL - 002

#### DATOS:

**Nombre:** Boris Jersyn García Vásquez

**Proyecto:** “Eficiencia de bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto”

**Emisión:** 2023/11/07

**Procedencia:** Yurimaguas / Loreto.

#### MATERIALES:

- Bagazo de caña triturado
- Tamices N° 8 (2.36 mm)
- Tamiz N° 12 (1.7 mm)
- Tamiz N° 16 (1.18 mm)
- Vaso de precipitados 1000ml
- Pipeta graduada.
- Medidor de turbidez portátil 2100Q IS
- Balanza analítica de calibración interna YR05568
- Medidor de TDS de bolsillo a prueba de agua DiST 1 (0-2000 ppm) HI98301
- Prueba de Jarras programable de 06 posiciones PHIPPS & BIRD

#### MÉTODOS DE ENSAYO:

- Tamizaje del bagazo de caña triturado por los tamices N° 8, 12, 16.
- Pesado de la muestra de bagazo de caña tamizado.
- Empleo del método de jarras para la sedimentación de la muestra de agua residual con el bagazo de caña previamente tamizado y pesado.
- Medición de valores de la muestra resultante NTU, TDS, T °C.

#### RESULTADOS:

**Tabla 1: Resultados del tamiz N° 8**  
*Turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura*

Tamiz N°8		Parámetros medidos		
VP	Peso (g)	NTU	TDS	T °C
I	5	142,8	978	24,2
II	10	118,4	432	24,2
III	15	66,6	367	24,2
IV	20	62,4	291	24,2
V	25	141,8	274	24,2
VI	30	41,1	261	24,2



**Tabla 2: Resultados del Tamiz N° 12**

*Turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura*

Tamiz N°12		Parámetros medidos		
VP	Peso (g)	NTU	TDS	T °C
I	5	122,4	906	24,1
II	10	101,5	367	24,1
III	15	57,2	304	24,1
IV	20	53,5	278	24,1
V	25	35,8	197	24,1
VI	30	35,4	182	24,1

**Tabla 3: Resultados del Tamiz N°16**

*Turbiedad, sólidos totales disueltos y temperatura*

Tamiz N°16		Parámetros medidos		
V P	Peso (g)	NTU	TDS	T °C
I	5	102	890	24,2
II	10	84,6	286	24,2
III	15	47,6	219	24,2
IV	20	44,6	213	24,2
V	25	29,8	144	24,2
VI	30	29,5	136	24,2

Ing. M.Sc. Santiago A. Casas Luna  
Asesor

## Anexo 04: Formula de eficiencia

$$E(\%) = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

Donde:

E (%): Eficiencia

S<sub>0</sub>: Dato inicial

S: Dato final

### ❖ Tamiz N° 8

- **NTU**

$$E(\%) = \frac{(56-41.1)}{56} 100$$

$$E(\%) = 26,61 \%$$

- **TDS**

$$E(\%) = \frac{(875-261)}{875} 100$$

$$E(\%) = 70,17 \%$$

### ❖ Tamiz N° 12

- **NTU**

$$E(\%) = \frac{(56-35.4)}{56} 100$$

$$E(\%) = 36,76 \%$$

- **TDS**

$$E(\%) = \frac{(875-182)}{875} 100$$

$$E(\%) = 79,2 \%$$

### ❖ Tamiz N° 16

- **NTU**

$$E(\%) = \frac{(56-29.5)}{56} 100$$

$$E(\%) = 83,04 \%$$

- **TDS**

$$E(\%) = \frac{(875-136)}{875} 100$$

$$E(\%) = 84,46 \%$$

**Anexo 05: Panel fotográfico**



Fotografía 1: Punto de muestreo



Fotografía 2: Punto de muestreo



Fotografía 3: Pesado de muestras



Fotografía 4: Prueba de jarras



Fotografía 5: Calibración



Fotografía 6: Recolección de muestras



Fotografía 7: Punto de muestreo



Fotografía 8: Sellado de envases



Fotografía 9: Aplicación de conservante

# Boris Jersyn García Vásquez

## Eficiencia del bagazo de caña de azúcar en la remoción de sedimentos en aguas residuales en Yurimaguas, Loreto

 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN - FACULTAD DE ECOLOGIA

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:495829979

Fecha de entrega

10 sept 2025, 11:35 GMT-5

Fecha de descarga

10 sept 2025, 11:42 GMT-5

Nombre del archivo

Informe Tesis Final\_Boris\_final\_V2.docx

Tamaño del archivo

5.1 MB

63 páginas

10.598 palabras

58.403 caracteres

# 22% Similitud general




El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

---

## Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 9%  Publicaciones
- 18%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

---

## Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.