

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



**Eficiencia en la remoción de materia orgánica de la planta de tratamiento de aguas
residuales de la ciudad de Lajas, 2020**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

AUTOR

Bach. Luis Angel Díaz Muñoz

ASESOR

M. Sc. Denisse Milagros Alva Mendoza

CHOTA – PERÚ

NOVIEMBRE, 2021



Universidad Nacional Autónoma de Chota

Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental



Anexo 01: ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N°008-2021/EPIFA/UNACH

Siendo las 12:05 horas, del día 07 de diciembre de 2021; en video conferencia realizada a través del aplicativo Google Meet, los miembros del jurado de tesis titulada: “Eficiencia en la remoción de materia orgánica de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas, 2020”, integrado por:

1. Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo - Presidente
2. M. Sc. Azucena Chávez Collantes - Secretario
3. M. Sc. Ismael Suárez Medina - Vocal

Sustentada por el Bachiller Luis Ángel Díaz Muñoz, con la finalidad de obtener el título profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda aprobar la tesis, calificándola con la nota 15 (quince), se eleva la presente acta al coordinador de la Escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Firmado en Chota, el 07 de diciembre de 2021

Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo
PRESIDENTE

M. Sc. Azucena Chávez Collantes
SECRETARIO

M. Sc. Ismael Suárez Medina
VOCAL

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme y guiar mi vida, a mis padres por ser los principales artífices de mis sueños, a mis hermanos, familiares y amigos por todo el apoyo en esta etapa.

A los docentes de la UNACH por inculcarnos valores y conocimientos en toda la etapa de mi formación profesional, a la M. Sc. Denisse Milagros Alva Mendoza quien ha guiado con paciencia y dedicación este proyecto de tesis.

Luis Angel Díaz Muñoz

DEDICATORIA

A mi pequeña Alessia, a mis padres Amado y Eliza, a mis hermanos Rosa, Melva, Mary, Heycer, Flor y demás familiares por su apoyo incondicional ante las dificultades, permitiendo así culminar con éxito mi carrera profesional y cumplir así una de mis metas trazadas en la vida.

Luis Angel Díaz Muñoz

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA: Autoridad Nacional del Agua

AR: Agua Residual

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

DS: Decreto Supremo

ECA: Estándares de calidad ambiental

INACAL: Instituto Nacional de la Calidad

LMP: Límites Máximos Permisibles

LRA: Laboratorio Regional del Agua

MINAM: Ministerio del ambiente

OD: Oxígeno Disuelto

PTAR: Planta de Tratamiento de aguas residuales

SST: Sólidos Suspendidos Totales

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
LISTA DE ILUSTRACIONES	x
Tablas	x
Figuras.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.....	14
INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Planteamiento de problema.....	16
1.2. Objetivos	17
1.3. Hipótesis.....	17
1.4. Delimitación de la investigación.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. Aguas residuales.....	21
2.2.2. Clasificación de las aguas residuales.....	21
2.2.3. Composición del agua residual	22

2.2.4. Características del agua residual	22
2.2.5. Parámetros de la caracterización de materia orgánica en aguas residuales.....	24
2.2.6. Eficiencia de remoción de materia orgánica	27
2.2.7. Marco Legal	27
2.2.8. Tratamiento de aguas residuales.....	28
2.2.9. Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas	31
2.3. Marco conceptual	36
CAPÍTULO III	38
MARCO METODOLÓGICO	38
3.1. Ubicación de la investigación	38
3.1.1. Ubicación geográfica.....	38
3.1.2. Ubicación política	38
3.1.3. Descripción de la zona de estudio	39
3.2. Población y muestra	40
3.2.1. Población.....	40
3.2.2. Muestra.....	40
3.3. Equipos materiales e insumos	40
3.3.1. Equipos.....	40
3.3.2. Materiales	41
3.3.3. Insumos	41
3.4. Metodología de la investigación	41
3.4.1. Tipo y diseño de investigación.....	41
3.4.2. Determinación y frecuencia de muestreo	42

3.4.3. Procedimiento de recolección de datos	42
3.5. Análisis estadístico.....	44
CAPÍTULO IV	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	45
4.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	47
4.3. Relación de biodegradabilidad DBO/DQO.....	48
4.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)	50
4.5. Eficiencia de la PTAR – Lajas	51
4.5.1. Eficiencia en la remoción de DBO ₅	52
4.5.2. Eficiencia en la remoción de DQO.....	53
4.5.3. Eficiencia en la remoción de SST	55
4.6. Prueba t para la eficiencia de remoción de materia orgánica.....	57
4.6.1. Prueba t para la eficiencia remoción de DBO ₅	57
4.6.2. Prueba t para la remoción de DQO	58
4.6.3. Prueba t para la remoción de SST	58
CAPÍTULO V	60
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES	61
CAPÍTULO VI.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	62
CAPÍTULO VII.....	71
ANEXOS.....	71

7.1. Panel fotográfico	71
7.2. Informes de análisis de muestras de agua residual.....	75

LISTA DE ILUSTRACIONES

Tablas

Tabla 1 Principales propiedades del agua residual y sus fuentes.....	22
Tabla 2 Marco legal y normativo.....	27
Tabla 3 Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR	28
Tabla 4 Caudales calculados según dotación de agua	32
Tabla 5 Georreferenciación de los puntos de muestreo	42
Tabla 6 Estadísticos descriptivos de la DBO ₅ en los dos puntos de muestreo de la PTAR – Lajas	45
Tabla 7 Estadísticos descriptivos de la DQO en los dos puntos de muestreo de la PTAR – Lajas	47
Tabla 8 Estadísticos descriptivos del índice de biodegradabilidad del agua residual de la PTAR – Lajas	49
Tabla 9 Estadísticos descriptivos de SST en los dos puntos de muestreo de la PTAR – Lajas....	50
Tabla 10 Porcentaje de remoción de DBO ₅ en la PTAR de la ciudad de Lajas	52
Tabla 11 Porcentaje de remoción de DQO en la PTAR de la ciudad de Lajas.....	54
Tabla 12 Porcentaje de remoción de SST en la PTAR de la ciudad de Lajas	55
Tabla 13 Prueba t para eficiencia de la remoción de DBO ₅ en la PTAR	57
Tabla 14 Prueba t para eficiencia de la remoción de DQO en la PTAR.....	58
Tabla 15 Prueba t para eficiencia de la remoción de SST en la PTAR.....	58

Figuras

Figura 1 Mapa de localización de la (PTAR) de la ciudad de Lajas, Chota.	38
Figura 2 Concentración de la DBO ₅ del afluente y efluente en la PTAR – Lajas	45
Figura 3 Concentración de la DQO del afluente y efluente en la PTAR – Lajas	47
Figura 4 Índice de biodegradabilidad del afluente y efluente en la PTAR – Lajas	49
Figura 5 Concentración de SST del afluente y efluente en la PTAR – Lajas	50
Figura 6 Eficiencia de remoción de DBO ₅ en la PTAR – Lajas	52
Figura 7 Eficiencia de remoción de DQO en la PTAR – Lajas	54
Figura 8 Eficiencia de remoción de SST en la PTAR – Lajas.....	56
Figura 9 Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas.	71
Figura 10 Rotulado de muestra <i>in situ</i>	71
Figura 11 verificación de las coordenadas en los puntos de muestreo	72
Figura 12 Llenado de la cadena de custodia de las muestras.....	72
Figura 13 Recolección de muestras en el afluente o entrada a la PTAR	73
Figura 14 Preservación de la muestra en el afluente para análisis de DQO	73
Figura 15 Recolección de muestras en el efluente de la PTAR	74
Figura 16 Preservación de la muestra en el efluente para análisis de DQO	74

RESUMEN

Gran cantidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales no remueven la materia orgánica de forma eficiente, contaminando las aguas receptoras con componentes orgánicos. La investigación se realizó con el objetivo de evaluar la eficiencia en la remoción de materia orgánica de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas. Se recolectaron ocho muestras simples en los puntos afluente (A) y efluente (E), entre los meses de noviembre (2020) a febrero (2021), los parámetros analizados fueron la DBO₅, DQO y SST. Los resultados promedio para la DBO₅ fueron de 67,9 mgO₂/l en el punto A y 5,6 mgO₂/l en el punto E; para la DQO se obtuvo 131,8 mgO₂/l en el punto A y 12,3 mgO₂/l en el punto E; los SST registraron 41,0 y 10,65 mg/l en los puntos A y E. Los resultados indican que se cumple con los LMP para descarga final de efluentes de plantas de tratamiento residuales domésticas o municipales establecidos según D. S. N° 003-2010- MINAM; además se concluye que, la PTAR de la ciudad de Lajas remueve 91,83% de DBO₅; 90,72% de DQO y 73,79% de los SST, determinándose una alta eficiencia de remoción de materia orgánica.

Palabras clave. contaminación, materia orgánica, planta de tratamiento, aguas residuales.

ABSTRACT

Many wastewater treatment systems do not remove organic matter efficiently, contaminating receiving waters with organic components. The research was carried out with the objective of evaluating the efficiency in the removal of organic matter from the wastewater treatment plant of the city of Lajas. Eight simple samples were collected at the affluent (A) and effluent (E) points, between the months of November (2020) to February (2021), the parameters analyzed were BOD₅, COD and SST. The average results for BOD₅ were 67,9 mgO₂/l at point A and 5,6 mgO₂/l at point E; for COD, 131,8 mgO₂/l were obtained at point A and 12,3 mgO₂/l at point E; The TSS registered 41,0 and 10,65 mg/l at points A and E. The results indicate that the LMP for final discharge of effluents from domestic or municipal waste treatment plants established according to DS N ° 003-2010 is met. - MINAM; Furthermore, it is concluded that the WWTP of the city of Lajas removes 91,83% of BOD₅; 90,72% of COD and 73,79% of TSS, determining a high efficiency of removal of organic matter.

Keywords. pollution, organic matter, treatment plant, wastewater.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido necesario para de la vida de personas, animales y plantas; no obstante, las actividades realizadas por los seres humanos son los causantes de la alteración de la calidad del agua. El crecimiento y desarrollo de las poblaciones requieren un mayor consumo de agua, generando más aguas residuales; ante esta causa, Vallejo y Casas (2018) señalan que se necesita implementar tecnologías amigables con el medio ambiente, para así reducir la alteración generada por el vertimiento irresponsable de efluentes sin tratar.

Con el paso del tiempo se han implementado diversos sistemas que permitan disminuir la contaminación del agua, siendo la principal el tratamiento de aguas residuales originadas en actividades domésticas e industriales. López et al. (2017) aseguran que al descargar aguas residuales sin algún tratamiento genera problemas como malos olores, disminución del oxígeno disuelto y liberación de nutrientes. Estas aguas están cargadas por materia orgánica, además de contener elementos inorgánicos y microorganismos patógenos.

Ante la ineficiencia de las PTAR en la remoción de contaminantes, la Autoridad Nacional del Agua realizó un diagnóstico, con la finalidad de conocer la situación en la que se encuentran estos sistemas, en el cual precisa que se genera 786 Mm^3 de aguas residuales domésticas, de los cuales 511 Mm^3 no se trataban y evaluaron a 143 infraestructuras de tratamiento, donde solo el 4,9% es decir 7 plantas estaban funcionando de manera correcta, estas cifras estadísticas demuestran la alarmante deficiencia en la remoción de contaminantes de las aguas (Larios-Meño et al., 2015).

El inadecuado e ineficiente tratamiento de las aguas genera porcentajes altos de contaminantes en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los efluentes, de tal manera que no cumplen con los LMP para efluentes de las PTAR que rige la normativa nacional. Por ello, se debe realizar un tratamiento adecuadamente las aguas para no alterar la calidad del agua de los cuerpos receptores, representando un riesgo para el medio la salud de los habitantes, puesto que estas aguas no cumplirán los ECA para agua (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

A comienzos del año 2019 en la ciudad de Lajas se construyó la PTAR para eliminar contaminantes que estén en las aguas residuales y obtener un efluente final de buena calidad que cumpla con la normativa nacional, hasta la fecha de inicio del estudio (noviembre - 2020), no se cuenta con un plan de monitoreo ni profesionales encargados en la operación y mantenimiento; por ende, se procedió a la recolección de información para conocer el estado actual de la PTAR y si está funcionando de manera eficiente para no afectar la calidad de las aguas del río Chotano que son utilizadas en agricultura y ganadería.

Por lo anteriormente expuesto, se elaboró el plan de monitoreo, donde se establecieron como puntos de muestreo al afluente (A) y efluente (E) de la PTAR de la ciudad de Lajas. Se recolectaron 8 muestras simples durante 4 meses en los puntos A y E, que posteriormente fueron analizadas en el laboratorio. Los parámetros caracterizados fueron la DBO₅, DQO y SST, de los que se obtuvo valores que permitieron calcular el porcentaje de remoción de material orgánico de la PTAR de la ciudad de Lajas.

La presente investigación, permitió conocer cuan eficiente es la PTAR de la ciudad de Lajas, de tal manera que las autoridades y población en general puedan establecer medidas antes cualquier situación anormal. Buscando siempre el desarrollo sostenible.

1.1. Planteamiento de problema

Al tratar de manera ineficiente las aguas residuales, estas son dispuestas en cuerpos naturales de agua (lagos, ríos, mar), ocasionando problemas de contaminación en la flora y la fauna acuática. Estas aguas residuales, deben ser tratadas eficientemente para que se remueva la materia orgánica y componentes patógenos, de tal manera que al momento de ser vertidas no alteren la calidad del agua de las masas de agua receptoras (Rodríguez, 2017).

La materia orgánica en el agua residual doméstica está compuesta por carbohidratos, azúcares, almidones, proteínas, grasas, celulosa, lignina, orgánicos sintéticos (Villanueva y Yance, 2017, p. 23). Los sistemas de tratamiento de aguas residuales no remueven de manera adecuada la materia orgánica, vertiendo sus efluentes con un porcentaje de contaminantes orgánicos reduciendo el OD en las fuentes de agua receptoras, provocando la alteración de los ecosistemas acuáticos, constituyendo un problema la población que utiliza las aguas de estos cuerpos naturales (Flórez et al., 2016; Castro, 2018).

La medida de la materia orgánica de las aguas residuales se cuantifica mediante la técnica de la DBO₅, DQO y SST, estos parámetros permiten conocer la cantidad de material orgánico presente en aguas residuales, y deben ser evaluados continuamente (Marín, 2017). El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2009) señala que la eliminación de materia orgánica en las PTAR debe ser alta, ya que muchos municipios utilizan cloro para el proceso de desinfección, este elemento se puede oxidar con la materia orgánica, formando compuestos organoclorados que pueden causar daños directos en la vida acuática, salud de la población y pueden estar en el medio por largos periodos de tiempo.

La PTAR de ciudad de Lajas no cuenta con el instrumento de gestión donde se especifique la frecuencia de muestreo, medición de caudales, operación, mantenimiento y otras actividades,

por tanto, puede representar una fuente de alteración del medio ambiente y la salud de la población aledaña.

Problema general

- ¿Cuál es la eficiencia en la remoción de materia orgánica de la PTAR de la ciudad de Lajas?

Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos DBO₅, DQO, SST de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas?
- ¿Cuál eficiencia de remoción de DBO₅, DQO y SST de la PTAR de la ciudad de Lajas?

1.2. Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la eficiencia en la remoción de materia orgánica de la PTAR de la ciudad de Lajas.

Objetivos específicos

- Caracterizar la concentración de los parámetros fisicoquímicos DBO₅, DQO, SST de la PTAR de la ciudad de Lajas.
- Comparar los resultados con los LMP para descarga final de efluentes de PTAR domésticas o municipales establecidos según D. S. N° 003-2010- MINAM.
- Calcular la eficiencia de remoción de DBO₅, DQO y SST de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas.

1.3. Hipótesis

La eficiencia en la remoción de materia orgánica de la PTAR de la ciudad de Lajas es alta.

1.4. Delimitación de la investigación

Caracterizaron tres parámetros: DBO₅, DQO, SST. Se establecieron como puntos de muestreo al afluente (A) y efluente (E) de la PTAR de la ciudad de Lajas, de donde se obtuvieron muestras simples. Los resultados se contrastaron con los LMP para efluentes de PTAR, también se analizaron estadísticamente donde se obtuvieron gráficos y tablas para su posterior discusión. Se logró calcular la eficiencia de remoción de materia orgánica de la PTAR de Lajas. Esta investigación se llevó a cabo en el periodo de noviembre del 2020 a noviembre del 2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Lavagnino (2016) evaluó cuan eficiente es la PTAR del campus central de la Universidad Rafael Landívar, Guatemala. La investigación fue de tipo cuantitativa, considerando muestreos en época de estiaje y lluvia; obteniendo como resultados una remoción entre un 50% y 60% para los parámetros de DQO, DBO y SST; esta PTAR tiene un desempeño regular ya que disminuye en un término intermedio la concentración de contaminantes en el afluente afectando al río Contreras que funciona como cuerpo receptor.

Velasco (2017) realizó una investigación en la que evaluó el porcentaje de remoción de material orgánico de la PTAR de la ciudad de Manta, Ecuador. El tipo de investigación fue experimental y consistió en analizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales en la llegada y salida de la PTAR. Se obtuvo como resultados una eficiencia en la remoción de 51,42% de DBO; 55,52%, de DQO y 44,28% de sólidos suspendidos; además, los resultados del análisis del efluente arrojó 252 mgO₂/l para la DQO; 128 mgO₂/l para la DBO y 2176,44 mg/l de sólidos totales, no cumpliendo con los LMP de la normativa ecuatoriana.

Montenegro (2016) evaluó la eficiencia de la PTAR del distrito El Parco, provincia de Bagua. La tesis fue de tipo preexperimental, recolectó muestras simples en la entrada y salida de la PTAR. Los resultados obtenidos muestran la remoción fue de 92,36% (DQO); 92,14% (DBO₅) y 49,44% (SST), además, los valores de DBO₅ y DQO en el efluente de la PTAR El Parco superó los LMP, no cumpliendo así con la normativa.

Martínez (2016) realizó un estudio en la eliminación de la DBO, DQO y SST en la PTAR de la ciudad de Celendín. La metodología consistió en recolectar muestras a la llegada y salida de la PTAR. Se obtuvo como resultados de remoción un 91,507% para la DBO; 91,095% para la DQO, y 83,20% para los SST, determinando que la eficiencia de la PTAR de la ciudad de Celendín es alta; de igual forma, los efluentes cumplen con los LMP de legislación vigente, sin afectar así al río Grande.

Núñez (2019) determino la eficiencia de la PTAR de la ciudad de Cajabamba y propuso algunas opciones para mejorar el tratamiento. La metodología empleada consistió en identificar a los puntos de monitoreo (entrada y salida) de la PTAR como puntos de muestreo, obteniendo como resultado una eficiencia del 50% para SST; 23,20% para la DBO₅ y 27,63% para la DQO, concluyendo que el sistema de tratamiento no elimina de manera adecuada a la materia orgánica del agua residual.

En el estudio presentado por Micha y Rojas (2019), se determinó la eficiencia en la PTAR de La Encañada del periodo abril – Agosto del 2018. La investigación fue de tipo descriptiva, la metodología consistió en seleccionar como puntos de muestreo, la entrada y salida de la PTAR. Se obtuvieron como resultados una eficiencia de -23,8 % de DBO₅ y 25,8 % de DQO, concluyendo que el sistema de tratamiento compuesto por un tanque Imhoff seguido de filtro percolador es ineficiente en la remoción de nutrientes.

Vidaurre (2019) planteó determinar la eficiencia de la remoción de Coliformes Totales, DBO y DQO en la PTAR del distrito La Florida, San Miguel, Cajamarca. La metodología consistió en seleccionar dos puntos de muestreo la entrada y salida, la recolección de muestras se realizó durante dos meses, registrando un total de 9 evaluaciones. Los resultados muestran eficiencias de

40,63% de DQO; 26,32 % DBO₅; 53,16 % en los coliformes totales, los valores registrados para la DQO, DBO₅ superaron los LMP, incumpliendo con lo establecido en la normativa.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Son aquellas que han sido alteradas por el uso industrial, agrícola, doméstico, etc. Se consideran residuales también a aquellas aguas que son de drenaje pluvial y que se combina con las aguas residuales domésticas o con aguas residuales industriales, siempre que cumplan con los VMA establecidos para poder incorporarlos en los sistemas tratamiento. Todas estas aguas residuales deberían tener un tratamiento previo antes de su vertimiento a cuerpos naturales o reutilización (Martínez, 2016).

2.2.2. Clasificación de las aguas residuales

El OEFA, 2014, clasifica a las aguas residuales de la siguiente manera:

- **Aguas residuales domésticas**

Aguas cuyo origen principal son las actividades humanas, ya sea en lugares de residencia o comercio. Estas aguas contienen residuos fecales, entre otros, por lo que deben ser tratadas correctamente.

- **Aguas residuales industriales**

Resultan del desarrollo de procesos productivos, incluyen aguas provenientes de actividades agrícolas, mineras, pesqueras, energéticas, etc. Necesitarán una eliminación de contaminantes antes de ser dispuestas a un cuerpo receptor.

- **Aguas residuales municipales**

Resultan de la combinación de aguas del drenaje pluvial o aguas residuales industriales con aguas residuales domésticas.

2.2.3. Composición del agua residual

La composición del es muy variable y dependerá de elementos físicos, químicos y biológicos.

Los vertidos generados por las actividades de las personas están compuestos, según Murillo (2018), por una gran cantidad de materia orgánica biodegradable, un regular porcentaje de sólidos suspendidos y poca o nula presencia de contaminantes o residuos peligrosos.

2.2.4. Características del agua residual

Las características del agua residual varían según sea su origen, siendo indispensable analizarlas para poder implementar una PTAR (Moreno, 2017, p. 23).

Tabla 1

Principales propiedades del agua residual y sus fuentes

Características	Fuentes
Físicas	
Temperatura	Desechos industriales y domésticos.
Color	Desechos industriales y domésticos.
Olor	AR en descomposición, desechos industriales.
Componentes Orgánicos	
Proteínas	Desechos domésticos.
Carbohidratos	Residuos domésticos e industriales.
Grasas animales	Residuos industriales, comerciales y domésticos.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Componentes Inorgánicos	
pH	Residuos industriales.
Cloruros	Desechos industriales, infiltración de aguas subterráneas.

Alcalinidad	Residuos domésticos, infiltración de aguas subterráneas
Metales pesados	Desechos industriales.
Gases	
Oxígeno	Entrada de agua doméstica, infiltración de aguas superficiales.
Sulfuro de hidrógeno	Degradación de aguas domésticas.
Metano	Degradación de aguas domésticas.
Biológicas	
Protistas	Residuos domésticos, plantas de tratamiento.
Virus	Residuos domésticos.

Nota. Con datos adaptados de CYTED, 2018.

La tecnología a implementar para la estabilización de contaminantes de las AR dependerá de su composición y de la calidad del efluente que se desee obtener (Murillo, 2018, p. 7).

Las aguas residuales concentran diversos contaminantes, los mismos que tienen distintas características que se describen a continuación.

2.2.4.1. Características Físicas

Están representadas por el olor, temperatura, color, turbidez, y la gran cantidad de sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables (Murillo, 2018, p. 8).

2.2.4.2. Características químicas

Su principal fuente son los contaminantes orgánicos que reducen el oxígeno, que es producto de la descomposición. Para los contaminantes inorgánicos, el resultado es que pueden tener efectos tóxicos. Entre estas características, tenemos materia orgánica biodegradable (DBO) y no biodegradables (DQO), nutrientes, acidez, aniones y metales pesados. (Raffo y Ruiz, 2014; Murillo, 2018).

2.2.4.3. Características biológicas

Es fundamental conocer los grupos de microorganismos patógenos que originan enfermedades; así como, los microorganismos y algunas bacterias que cumplen funciones indispensables en la degradación, estabilización o eliminación de la materia orgánica en la PTAR.

La presencia de microorganismos relacionados con contaminación no involucra la existencia elementos patógenos, indica alguna posibilidad. Estos microorganismos son los Coliformes fecales y totales (Moreno, 2017).

2.2.5. Parámetros de la caracterización de materia orgánica en aguas residuales

2.2.5.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ es un indicador usado para evaluar la calidad de las aguas naturales como aquellas que han sido alteradas, por que mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar el material orgánico biodegradable (Moreno, 2017, p. 29).

Raffo y Ruiz (2014) y Murillo (2018) señalan que la DBO es uno de los parámetros de mucha importancia para medir la contaminación en las aguas residuales. También señalaron que existen grupos de bacterias que contribuyen al tratamiento del agua en los organismos de las AR, un grupo son las bacterias aeróbicas, que absorben el oxígeno disuelto en las aguas residuales y oxidan la materia orgánica. En estas interacciones, se produce oxígeno y aumenta el número de bacterias. En el otro grupo están las bacterias anaeróbicas, que obtienen el oxígeno necesario de la degradación de sales en las aguas. En estos procesos se obtiene como producto a ácido sulfúrico y metano, que indican presencia de malos olores.

Para el análisis de este parámetro se utiliza el método del Winkler, Se utiliza para determinar el oxígeno disuelto en cinco días. Las muestras residuales, o los diluyentes apropiados, se incuban en oscuridad a una temperatura de 20 °C, durante 5 días. La disminución de la concentración de OD durante la incubación produce una medición periódica de la DBO. Se mide la cantidad de oxígeno disuelto inicial. Las muestras se almacenan a 20 ° C durante 5 días, para proceder a la lectura del oxígeno disuelto final y evaluar el consumo de este. (Flores, 2015, p. 28).

2.2.5.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es un indicador utilizado en la evaluación de calidad de aguas, representa a la medida de oxígeno que se necesitara para oxidar el material orgánico tanto biodegradable y no biodegradable por medio de procesos químicos (Villanueva y Yance, 2017, p. 25).

Este parámetro proporciona información para indicar si las AR vertidas tendrán un impacto negativo en el medio receptor. Un nivel más alto de DQO significa más material orgánico en las aguas residuales, lo que reducirá la concentración de OD. (Murillo, 2018, p. 13).

El método estandarizado para analizar este parámetro es la colorimetría, que consiste en medir absorbancias a través de un espectrofotómetro, estas absorbancias variaran de acuerdo si las muestras son de bajo o alto rango. La preparación de las muestras se realiza con la dilución adecuada, para luego ponerlas a termoreactar a 150 °C por un tiempo de 2 horas. Se realiza la lectura de las muestras en el espectrofotómetro, de tal manera que se obtiene la cantidad de oxígeno que se ha consumido (Meléndez, 2012, p. 34).

2.2.5.3. Relación de biodegradabilidad DBO/DQO

El índice de biodegradabilidad es utilizado para diseñar sistemas de tratamiento, se calcula entre la concentración de DBO/DQO, estos dos parámetros son de los más fundamentales al caracterizar aguas residuales. Al obtener estos datos se calcula el índice determinando así cual es la tratabilidad de las aguas contaminadas (Martínez, 2016; Sánchez-Ramírez et al., 2017).

Garavito et al. (2020) señalan que de acuerdo a los valores que se obtengan en la relación DBO_5/DQO , las aguas residuales se pueden clasificar en baja biodegradabilidad si el valor es menor a 0,2; biodegradabilidad normal si esta entre 0,2-0,4 y biodegradabilidad alta si es mayor a 0,4.

2.2.5.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Son partículas de un tamaño mayor a $2\ \mu\text{m}$ que se encuentran en los medios acuáticos, estos forman la parte de material flotante en las AR e incluye a restos de sedimentos, partículas de arena y limo. La medición de este parámetro debe ser obligatorio en la PTAR por que evalúa a la cantidad de materia orgánica suspendida, por lo que debe ser removida o eliminada antes de verter las aguas o reutilizarlas (Satalaya, 2015; Murillo, 2018).

El análisis de este parámetro consiste en filtrar una cantidad de muestra bien homogenizada a través de un filtro de fibra de vidrio, luego se lleva a una estufa donde se seca hasta obtener un peso constante, la temperatura debe estar entre 103°C - 105°C . Los SST son representados por el peso que se obtiene en el filtro (Ruiz, 2017, p. 5).

2.2.6. Eficiencia de remoción de materia orgánica

La remoción del material orgánico en la PTAR se puede evaluar en términos de DBO₅, DQO y SST; estos tres parámetros son los principales en la evaluación de materia orgánica en las AR (López et al., 2017).

Según Martínez (2016), la eficiencia se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \left(\frac{S_o - S_f}{S_o} \right) \times 100$$

En donde:

E = Eficiencia y se representa en %.

S_f = Valor registrado al ingreso de la PTAR.

S_o = Valor registrado en la salida de la PTAR.

2.2.7. Marco Legal

En el Perú, la gestión y el uso de los recursos hídricos está regulado por la ley de recursos hídricos, Ley N° 29338; además la SUNASS es el ente encargado de la regulación, supervisión, y fiscalización de los servicios de agua potable y saneamiento. En el distrito de Lajas, la municipalidad distrital es la entidad encargada del mantenimiento y operación adecuada de la PTAR.

Tabla 2

Marco legal y normativo

Norma	Descripción
Ley N° 28611	Ley General del Ambiente
Decreto Supremo-004-2017-MINAM	Aprueban ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias

D.S. N°003-2010-MINAM	Definición LMP para los efluentes de las PTAR domésticas o municipales.
R.M N° 273-2013-VIVIENDA	Aprueban el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de PTAR
R.J. N°224-2013- ANA	Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas.
Reglamento nacional de edificaciones, NORMA OS.090	PTAR. Define estándares de diseño para diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales.

Nota. En esta tabla se detalla normativa nacional, sobre el tratamiento de las AR.

En el presente estudio se utilizaron como referencia los LMP para el vertido en cuerpos de agua, establecidos en la normativa, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3

LMP para los efluentes de PTAR

Indicador	Unidad de medida	LMP
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10,000
DBO	mgO ₂ /l	100
DQO	mgO ₂ /l	200
pH	unidad de pH	6,5-8,5
SST	mg/l	150
T°	°C	<35

Nota. Con datos del D.S N° 003-2010-MINAM

2.2.8. Tratamiento de aguas residuales

A través de esta tecnología se logra eliminar o remover contaminantes del agua que alteran su calidad, de tal manera que cuando se utilicen ya no genere ningún peligro a los

seres vivos, además de cumplir con las reglas establecidas en las autoridades competentes. Según Alvites (2018) con el tratamiento se logra obtener efluentes que no representen un peligro hacia el ambiente, además de que se puede reutilizar estas aguas en otras actividades, también los lodos pueden utilizarse en la fertilización de suelos.

2.2.8.1. Tratamiento preliminar

En esta etapa se lleva a cabo procesos físicos que consisten en la eliminación de toda basura, arenas y grasas, elementos que disminuyen el porcentaje de eliminación de residuos de los tratamientos posteriores (Lavagnino, 2016, p. 20).

Noyola et al. (2013), señalan que los componentes de esta etapa de tratamiento son las rejas, cribas, en algunos casos los desarenadores y desgrasadores. Al final de esta etapa del tratamiento se debe incluir sistemas para medir y regular los caudales (Murillo, 2018).

2.2.8.2. Tratamiento primario

En esta etapa se sedimentan un porcentaje de sólidos y materia orgánica, por acción de la gravedad. La remoción obtenida o que se espera obtener normalmente es de 60% para los SST y un 30% de la DBO, de tal forma que las aguas residuales que pasen al tratamiento biológico o secundario estarán con menor carga orgánica (Noyola et al., 2013).

Según la Norma Técnica OS 090 (2006), las tecnologías que forman parte de esta etapa de tratamiento son los tanques de flotación, tanques de sedimentación y tanques Imhoff.

2.2.8.3. Tratamiento secundario

El objetivo de esta etapa es degradar o remover la materia orgánica suspendida y disuelta que no se eliminó en el tratamiento primario.

También llamado tratamiento biológico, por que se utilizan microorganismos que biodegradan al material orgánico. Hay diversas tecnologías que se presentan en este tipo de tratamiento, algunos pueden realizar actividades con microorganismos que no necesitan de oxígeno (anaerobios) y otros que necesitan la presencia de oxígeno (aerobios).

Con este tratamiento se remueve la mayor cantidad de sólidos y material orgánico por los procesos de biodegradación que se realizan, también en esta etapa se logra la eliminación de algunos contaminantes u organismos patógenos (Moreno, 2017).

Murillo (2018) sostiene que con los tratamientos biológicos se obtienen altas eficiencias en la remoción, tal es así que para la DBO_5 se remueve entre 85% y 95%. Las tecnologías utilizadas son los lodos activados, lagunas facultativas, lagunas de estabilización, filtros percoladores entre otros procesos anaerobios.

2.2.8.4. Tratamiento terciario o avanzado

Esta etapa se utiliza cuando se quiere obtener un efluente con una calidad alta, como indica Moreno (2017), los objetivos principales de este tratamiento son eliminar microorganismos patógenos, materia orgánica proveniente del tratamiento anterior, remover olores y color turbio, remover compuestos inorgánicos como fosfatos y nitratos que a posterior ocasionan eutrofización (p. 41).

La Norma Técnica OS 090 (2006) indica que las tecnologías utilizadas para este tipo de tratamiento son la destilación, filtración, intercambio iónico, osmosis inversa, entre otros

2.2.8.5. Desinfección

Previo a la disposición final de efluentes se realiza la eliminación de agentes patógenos de las aguas tratadas. En la mayoría de sistemas de tratamiento se utiliza la desinfección con cloro, también se puede desinfectar por otros procesos químicos y de radiación (Murillo, 2018).

2.2.8.6. Manejo de lodos

Los lodos provenientes de las diferentes etapas del tratamiento se tratan con la finalidad de estabilizarlos antes de disponer de ellos o reutilizarlos. Los lodos tienen características como el olor, consistencia putrefacta y contenido de patógenos (Lavagnino, 2016). En ese sentido, Murillo (2018) señala que las tecnologías utilizadas para la eliminación de la humedad son la incineración, digestión y oxidación por vía húmeda.

2.2.9. Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas

Según cálculos estimados en el expediente técnico base, se ha determinado que en el 2018 había una población de 3321 habitantes, con una tasa de crecimiento de 0,9%, la vida útil del proyecto será de 20 años. Todos los cálculos y características de diseño están en el expediente técnico.

A continuación, se describe los parámetros y características de diseño de la PTAR extraídos del expediente técnico elaborado por la Municipalidad Distrital de Lajas (MDL, 2018).

2.2.9.1. Parámetros de diseño

Los caudales requeridos se han calculado basándose en la norma OS.090, utilizando la dotación de agua.

Tabla 4

Caudales calculados según dotación de agua

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Caudal medio diario (Qp)	5,90 l/s
Caudal máx. diario (Qmd)	7,67 l/s
Caudal máx. horario (Qmh)	11,80 l/s

2.2.9.2. Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales-Lajas

- Cámara de Rejas y desarenador

El tratamiento preliminar lo conforma rejas y un desarenador. La reja tiene la finalidad de retener los materiales flotantes, sólidos gruesos que vienen en el desagüe, para luego ingresar al desarenador y remover las arenas. El sistema cuenta con un vertedero lateral y canal de By-Pass a utilizarse en emergencias.

La reja está conformada por barras paralelas espaciadas a 2,5 cm. cuya limpieza es de forma manual. Los sólidos removidos son almacenados en un depósito de PVC con ruedas, para su posterior eliminación en un relleno sanitario.

En la parte final de esta estructura tiene un medidor prefabricado Parshall para sus respectivas medidas de caudal.

- **Tanque Imhoff**

El tratamiento primario tipo Tanque Imhoff es un sistema percolador de descontaminación para aguas residuales que funciona por gravedad. En esta etapa se realiza la sedimentación y la degradación anaerobia del material orgánico suspendido y disuelto; ofreciendo ventajas comparativas en eficiencia de la remoción a nivel primario por los bajos periodos de retención, poca área de terreno y bajo costo por extracción y manejo de lodos y no requerir aireación.

La unidad está construida en concreto armado, $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, completamente cubiertos.

Las dimensiones del tanque son:

- Largo : 12,00 m
- Ancho : 4,90 m
- Altura : 10,00 m

- **Lechos de secado**

Esta estructura es la que recibe los sólidos del tanque Imhoff para su respectivo secado y su filtrado en el cual el líquido filtrado irá a desembocar al sedimentador. Esta estructura cuenta con varios medios filtrantes como son una primera capa de arena donde consta, en su parte superior, de ladrillos, luego filtra por una grava fina y una grava gruesa. La parte inferior consta de arcilla compacta y en el centro de esta estructura cuenta con un canal con una tapa, que en la parte de la tapa de este canal estará agujereada de $\frac{1}{2}$ " cada 5 cm.

Sus medidas de esta estructura son como las que se menciona a continuación:

- Largo : 17,50 m
- Ancho : 6,40 m
- Altura : 1,12 m (*)

(*). Esta medida es la altura efectiva del lecho filtrante de esta estructura.

- Filtro Percolador

El efluente del tanque Imhoff es conducido al filtro percolador, de allí descarga hacia la cámara de contacto de cloro, con DBO máximo de 10 mgO₂/l.

El flujo en estas unidades tiene un paso particular ya que su entrada es por un canal de repartición en la parte central del ancho total de canal del filtro percolador, ya que este entra por la parte central y reparte a ambos lados para su respectivo filtro.

En la parte inferior de estos filtros se encuentra otro canal central que recolecta el agua filtrada para pasar al otro filtro y finalmente pasar el agua filtrada a la cámara de contacto de cloro.

El flujo en esta unidad de tratamiento secundario es intermitente, lográndose de este modo incremento de las eficiencias.

El medio filtrante de esta unidad está conformado por un lecho de grava de 3” pulg. En este medio se desarrolla la película biológica y los microorganismos por el cual fluye en forma ascendente el agua residual, realizándose la remoción complementaria de la materia. Las dimensiones son:

- Largo efectivo : 9,50 m
- Ancho efectivo : 2,30 m (*)
- Altura : 2,51 m

(*) Dos sub filtros que son separados por un canal de repartición.

- **Cámara de contacto**

Se le adiciona una cantidad de cloro para poder disminuir la cantidad de coliformes termotolerantes, para así cumplir con los parámetros de la norma, con un periodo de retención de 30 minutos, y las siguientes dimensiones:

- Largo efectivo : 4,40 m
- Ancho efectivo : 2,35 m
- Profundidad : 1,00 m

- **Evacuación de las aguas residuales tratadas**

El efluente de la PTAR se descarga en el río Chotano, con una DBO máxima de 10 mgO₂/l, estando la calidad del efluente dentro de los parámetros establecidos en la normativa nacional.

2.3. Marco conceptual

- **Eficiencia.** Es la relación entre los valores o concentración al ingreso de la PTAR con la concentración a la salida del tratamiento o efluente, se realiza para algún parámetro en específico y se expresa en porcentaje (Ancalle y Ledesma, 2020, p. 52).
- **Materia orgánica.** Material que se presenta de forma de coloides, solidos suspendidos y disueltos en las AR (Vidal, 2016, p. 23).
- **Aguas residuales.** Según Barrantes y Cartín (2017) son consideradas AR a aquellas que han sido utilizadas en las actividades de las personas en procesos industriales, domésticos, comerciales y de servicios”.
- **Remoción.** Es la purificación, depuración o eliminación de sustancias contaminantes de las aguas residuales (Alvites, 2018).
- **Planta de tratamiento.** Es una infraestructura donde se realizan diversos métodos físicos, químicos y biológicos que eliminan cargas contaminantes de las AR (Núñez, 2019).
- **Afluente.** Aguas residuales crudas que ingresa a la PTAR para su posterior tratamiento (Ancalle y Ledesma, 2020, p. 51).
- **Efluente.** Es el AR que sale de una PTAR hacia un cuerpo receptor (Ancalle y Ledesma, 2020).
- **Muestreo.** Según Arias (2018), es la recolección de una cantidad del agua, esta es representativa en cantidad y calidad, que se tome en momento y lugar adecuado.
- **Cuerpo receptor.** Se refiere al cuerpo natural de agua ya sea un rio, lago, laguna, quebrada, arroyo, etc. que recibe a las aguas residuales tratadas o sin tratar (Rodas, 2017, p. 40).

- **Límites máximos permisibles.** Es la concentración de sustancias que caracterizan a las aguas, que al ser excedido causa deterioro del medio.
- **Estándares de calidad ambiental.** Fijan los valores de concentraciones máximas que se pueden permitir en el medio ambiente, o que estos no pueden alterar la calidad del medio.
- **Biodegradabilidad.** Martínez y Mendoza (2021), señalan que la biodegradabilidad en las aguas residuales es una propiedad que permite que los microorganismos degraden los al material orgánico presente en estas aguas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

3.1.1. Ubicación geográfica

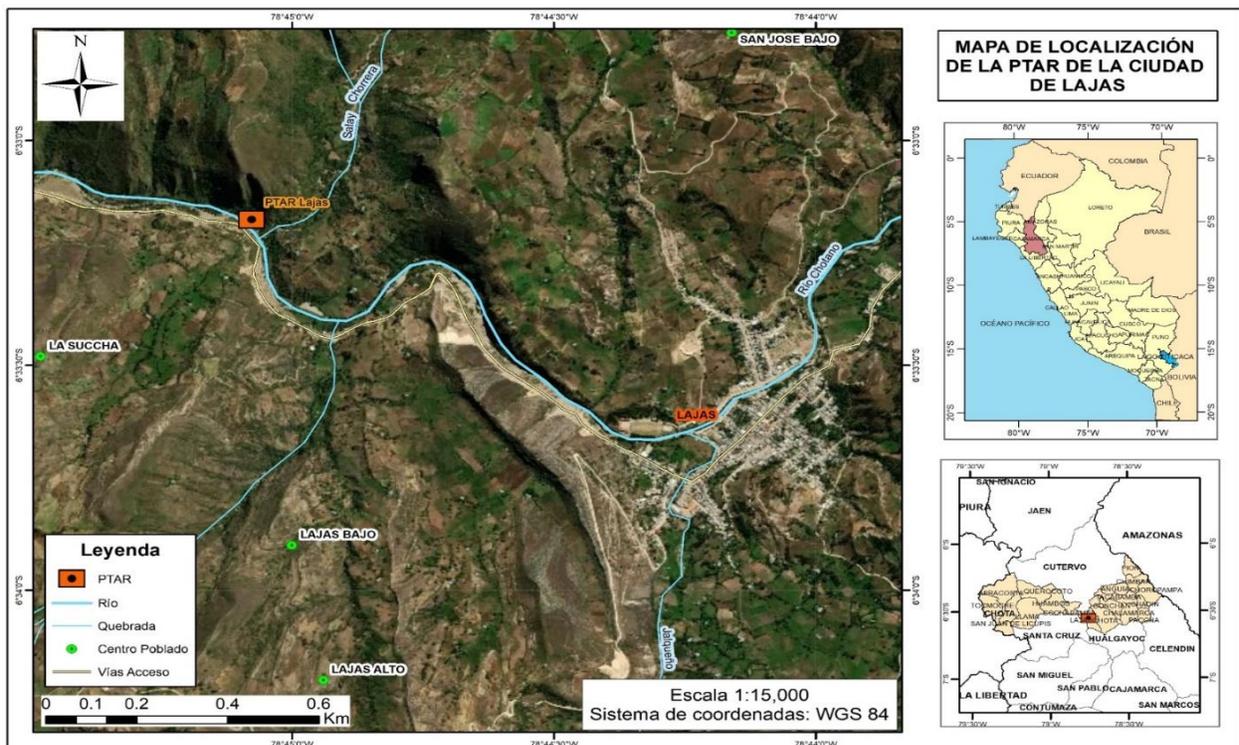
La PTAR de la ciudad de Lajas está ubicada en el fundo Chirimoyo a 1,6 km de la ciudad de Lajas. Las coordenadas (UTM) referenciales de ubicación son 748837 este; 9274799 norte, a una altitud de 2200 msnm de la zona 17 S del sistema WGS-84 (Figura 1).

3.1.2. Ubicación política

Se ubica en el distrito de Lajas, en la provincia de Chota y departamento de Cajamarca, Perú.

Figura 1

Mapa de localización de la (PTAR) de la ciudad de Lajas, Chota.



Nota. Mapa realizado en el Software: ArcGIS.

3.1.3. Descripción de la zona de estudio

3.1.3.1. Topografía y tipo de suelo

Predominantemente el relieve en el distrito de Lajas es accidentado, con topografías irregulares y con pendientes elevadas.

El suelo es superficial y pobre en las laderas, cubierto principalmente con pastos naturales, y en la ribera, profundo y rico en nutrientes, dedicados especialmente a la ganadería y agricultura. La capital del distrito se encuentra ubicada a orillas del Río Chotano. El tipo de suelo predominante en este lugar son arcillosos y en algunas partes se presentan suelos rocosos y orgánicos, los cuales son utilizados para la agricultura.

3.1.3.2. Clima

Según la clasificación de climas de Köppen, el clima del Distrito de Lajas tiene la característica de tener un clima moderado. La temperatura promedio al año es de 13 °C, una máxima de 21,4 °C y mínima 5 °C.

Esta zona tiene diversos microclimas, estos pueden ser templados en las cordilleras y laderas y cálidos en los valles.

3.1.3.3. Hidrología

La capital del distrito de Lajas se ubica en el margen derecho e izquierdo del río Chotano, y por el centro de la ciudad pasa el río Jalqueño.

En cuanto al régimen de precipitación este es muy inestable y se debe a las condiciones orográficas del lugar. Durante la temporada media, lo que provoca precipitaciones escasas denominadas “garúas” o “lloviznas”.

3.1.3.4. Aspectos socioeconómicos

Teniendo como base de información las visitas de campo, la información del padrón de usuarios y el diagnóstico socioeconómico realizado en el distrito de Lajas, la población es de 12 734 habitantes; el número de viviendas es de 4 221; su superficie total es de 120,73 km² y densidad de población aproximada es de 110 habitantes por km². Las actividades económicas principales son la agricultura y ganadería, Además, la ciudad se ha convertido en el principal centro de comercialización para los productos que se producen en el lugar (MDL, 2018).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Se considero como población al AR que llega a la PTAR de la ciudad de Lajas (caudal medio aproximado de 5,90 l/s) en el periodo noviembre del 2020 a febrero del 2021.

3.2.2. Muestra

La muestra se constituye por las aguas recolectadas en el afluente y efluente de la PTAR de la ciudad de Lajas, obtenidas en los 8 muestreos simples entre los puntos A y E, y que ascienden a 2,5 l de aguas por punto de muestreo.

3.3. Equipos materiales e insumos

3.3.1. Equipos

- GPS Garmin 64s.
- Equipos de protección personal (guantes, mascarilla, chaleco, casco, lentes).
- Laptop.
- Impresora multifuncional.

- Cámara fotográfica.

3.3.2. Materiales

- Kit de materiales proporcionados por laboratorio (Cooler, frascos, cadena de custodia, formatos)
- Libreta de campo.
- Lapiceros, marcadores.
- Cinta de embalaje.

3.3.3. Insumos

- Alcohol 90°.
- Agua destilada.
- Preservantes y conservantes.

3.4. Metodología de la investigación

3.4.1. Tipo y diseño de investigación

3.4.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, dado que se aplica un análisis estadístico a los datos numéricos obtenidos y descriptiva comparativa, porque se basa en recoger información de propiedades y características de la realidad (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), a través del análisis y comparación de los valores obtenidos de las muestras de AR (afluente y efluente).

3.4.1.2. Diseño de la investigación

El diseño es no experimental transversal, un método científico que implica recabar datos sin la manipulación de variables en un solo momento, con la finalidad de realizar análisis críticos del problema de esta investigación (Hernández, Fernández y Baptista,

2014). En este estudio se recolectó muestras simples con las que se obtuvo información de las características del afluente y efluente de la PTAR

3.4.2. Determinación y frecuencia de muestreo

En el protocolo de monitoreo se indica que de acuerdo al caudal promedio que ingresa a la PTAR, se establecerá la frecuencia con la que debe realizarse el monitoreo. La que será aplicada cuando la entidad encargada de la operación y mantenimiento haya realizado la implementación de los instrumentos de gestión donde se den las directrices correspondientes

La PTAR de la ciudad de Lajas no cuenta con el registro del caudal promedio en un año, debido a esto se estableció como puntos de muestreo: el ingreso de la PTAR (A), y la salida de efluentes (E). La recolección de muestras se realizó durante cuatro meses (noviembre, diciembre – 2020; enero y febrero - 2021), la frecuencia fue mensual, teniendo un total de 8 muestras; cuatro del punto A y cuatro del punto E. Se obtuvieron concentraciones de 3 parámetros (DBO, DQO, SST).

Tabla 5

Georreferenciación de los puntos de muestreo

Puntos de Monitoreo	Localización UTM (WGS 84)		
	E	N	Altura (msnm)
A	748839	9274794	2202
E	748906	9274783	2197

3.4.3. Procedimiento de recolección de datos

Para realizar esta etapa de la investigación se solicitó el permiso a la municipalidad distrital de Lajas, para luego seguir las pautas del protocolo establecido (Resolución Ministerial N°273-VIVIENDA, 2013). En los que indica:

➤ **Toma de muestras de agua residual**

- Se recolecto las muestras en el afluente y efluente, los frascos utilizados fueron completamente estériles y de plástico.
- Se procedió a la recolección, enjuagando dos veces con la muestra en cada frasco. Para el parámetro DBO se llenó completamente el frasco sin presencia de burbujas.

➤ **Preservación de muestras**

- Luego de la toma de las muestras, se procedió a incorporar 25 gotas de ácido sulfúrico al 50% al frasco del parámetro DQO.

➤ **Etiquetado y rotulado de las muestras de agua**

- Las botellas fueron marcados con un marcador indeleble y se procedió envolver la etiqueta con cinta de embalaje

➤ **Llenado del formato de cadena de custodia**

- Se procedió a describir los datos del muestreo en la cadena de custodia de acuerdo a lo establecido en el protocolo.

➤ **Conservación y transporte de las muestras**

- Una vez tomadas las muestras de AR, se dispusieron en un cooler, donde se agregó hielo para obtener una temperatura cercana a los 4 °C, para cumplir con la temperatura indicada en el protocolo.
- Se Transportaron las muestras hasta el LRA, del gobierno regional de Cajamarca.

➤ **Método de ensayo**

- Los métodos de ensayo utilizados por el LRA están acreditados por el INACAL, y cuentan con acreditación de los ensayos según métodos estandarizados (Resolución Ministerial N°273-VIVIENDA, 2013).

3.5. Análisis estadístico

Se utilizó el método estadístico para procesar, sistematizar y tabular la información obtenida luego del análisis de las muestras. Con los datos obtenidos de DQO, DBO y SST se realizó el diseño de gráficos y tablas con los que se analizó la eficiencia de la PTAR de la ciudad de Lajas. Se utilizaron softwares como office Excel y SPSS, para la comprobación de la hipótesis planteada en el proyecto se ha utilizado la prueba t student.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

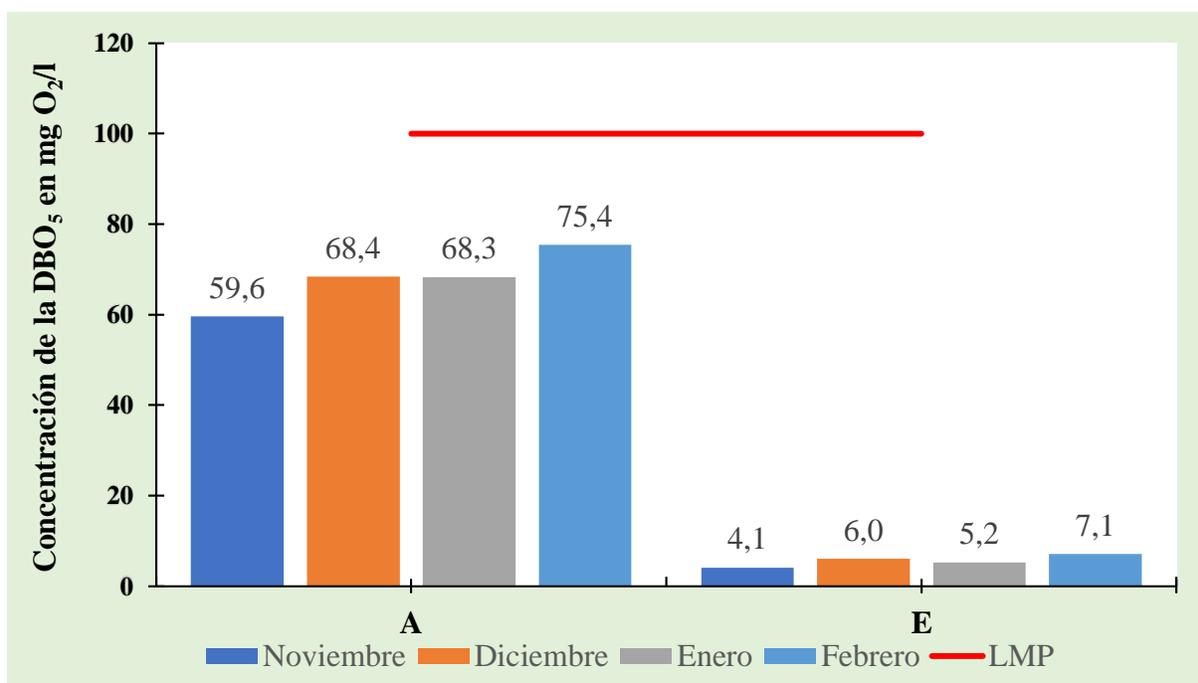
Tabla 6

Estadísticos descriptivos de la DBO₅ en los dos puntos de muestreo de la PTAR – Lajas

Punto de monitoreo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio	Desviación Estándar
A	59,6	75,4	67,9	6,47
E	4,1	7,1	5,6	1,27

Figura 2

Concentración de la DBO₅ del afluente y efluente en la PTAR – Lajas



En la tabla 6 se observa que, los valores de la DBO₅ en el ingreso de la PTAR oscilan entre 59,6 y 75,4 mgO₂/l; mientras que en el punto de salida o efluente los valores variaron de 4,1 a 7,1

mgO₂/l. Los valores promedio de los cuatro muestreos realizados fueron de 67,9 mgO₂/l en el punto A y 5,6 mgO₂/l en el punto E.

En la figura 2 se observa que, la concentración de la DBO₅ obtenidos durante los cuatro muestreos realizados están por debajo de los LMP (100 mgO₂/l) establecidos en el D. S. N° 003-2010-MINAM. La mayor concentración se obtuvo en el mes de febrero (75,4 mgO₂/l) en el punto A, esto se debe a que las aguas residuales en este mes presentan un alto contenido de material orgánico, tal es así que para aguas residuales los valores de la DBO₅ son mayores de 8 mgO₂/l (Trujillo y Guerrero, 2015).

Los datos de DBO₅ obtenidos el punto E durante los cuatro muestreos realizados son bajos, lo que significa los microorganismos que están dentro de una PTAR degradan de manera eficiente la materia orgánica, con los que se obtiene efluentes de buena calidad para ser vertidos a un cuerpo receptor (Martínez, 2016; Menéndez y Dueñas, 2018).

Las concentraciones de la DBO₅ son las más utilizadas en la evaluación de calidad de aguas residuales, este parámetro es fundamental en la determinación de concentraciones de oxígeno utilizado en la biodegradación de material orgánico en las PTAR; de tal manera que conlleva a una adecuada selección de tecnología de tratamiento donde se realice un tratamiento eficiente y se obtenga efluentes de buena calidad, sin afectar la calidad de los cuerpos receptores que en su mayoría tienen concentraciones de DBO₅ menores a 7 mgO₂/l (Núñez, 2019).

4.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla 7

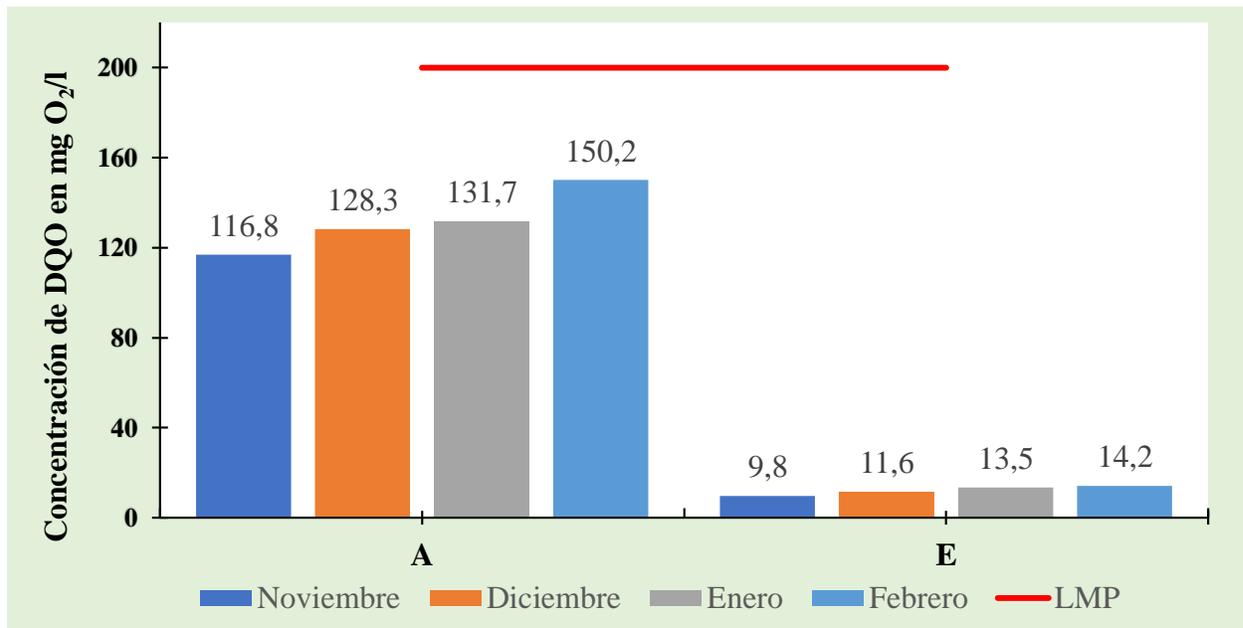
Estadísticos descriptivos de la DQO en los dos puntos de muestreo de la PTAR – Lajas

Punto de monitoreo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio	Desviación Estándar
A	116,8	150,2	131,8	13,85
E	9,8	14,2	12,3	1,98

La tabla 7 muestra los valores de la DQO obtenidos durante los cuatro muestreos realizados en la PTAR de ciudad de Lajas; en donde, las concentraciones en el punto A variaron entre 116,8 y 150,2 mgO₂/l. En el punto E los valores oscilaron de 9,8 a 14,2 mgO₂/l. El valor promedio registrado en A fue de 131,8 mgO₂/l, mientras que en el punto E se obtuvo un promedio de 12,3 mgO₂/l.

Figura 3

Concentración de la DQO en el afluente y efluente en la PTAR – Lajas



En la figura 3 se muestra los valores correspondientes a los cuatro muestreos realizados en los puntos A y E, estos datos son relativamente bajos por lo que están dentro de lo indicado en los LMP para el vertido de efluentes. Así mismo, los datos registrados muestran que la PTAR de la ciudad de Lajas remueve eficazmente la DQO, por lo que se considera que las aguas vertidas por el efluente hacia el río Chotano son de buena calidad.

El valor máximo se identificó en el mes de febrero en el punto A, con una concentración de 150,5 mgO₂/l, dando como señal que estas aguas se encuentran ligeramente cargadas con carga orgánica biodegradable y no biodegradable, ya que las aguas residuales fuertemente contaminadas superan los 200 mgO₂/l; los valores que se encontraron en el punto E de la PTAR de la ciudad de Lajas están por debajo de este valor (Esquivel y Lacayo, 2020).

Según el Butler Manufacturing Services (BMS, 2018) la DQO en aguas residuales domesticas presenta valores entre 600 a 900 mgO₂/l en los afluentes, mientras que para los efluentes debe registrar valores de 75 a 100 mgO₂/l, de tal manera que no contamine los flujos naturales de aguas con los vertidos. La PTAR de la ciudad de Lajas está por debajo de estas concentraciones, debido a que es un sistema para poblaciones pequeñas.

La DQO es también un parámetro importante para la evaluación en las PTAR, ya que, a través de este se conoce el material orgánico tanto biodegradable y no biodegradable, también incluye a compuestos inorgánicos que se oxidan químicamente (Menéndez y Dueñas, 2018).

4.3. Relación de biodegradabilidad DBO/DQO

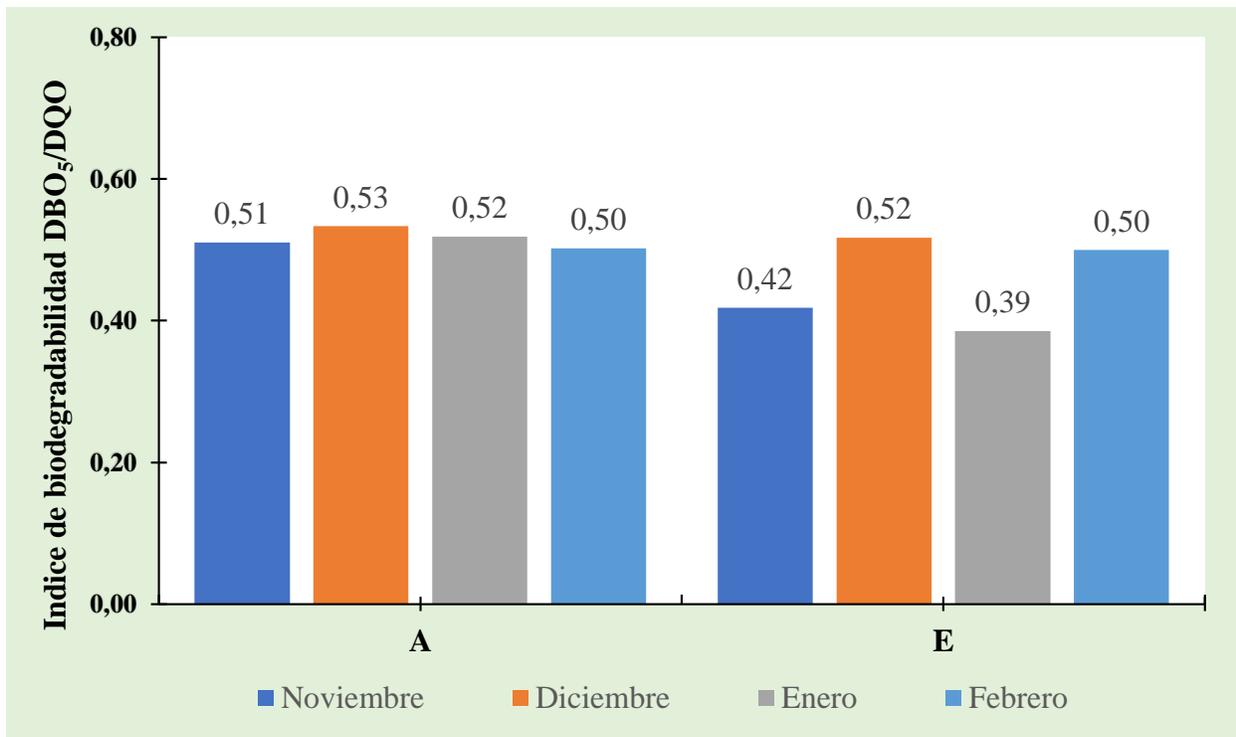
Tabla 8

Estadísticos descriptivos del índice de biodegradabilidad del agua residual de la PTAR – Lajas

Punto de monitoreo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio	Desviación Estándar
A	0,50	0,53	0,52	0,013
E	0,39	0,52	0,46	0,064

Figura 4

Índice de biodegradabilidad del afluente y efluente en la PTAR – Lajas



En la tabla 8 se observa valores del índice de biodegradabilidad (DBO/DQO) obtenidos de los cuatro muestreos realizados, en el punto A se presenta un valor promedio 0,52; mientras que en el punto E es 0,46; estos valores están dentro del rango establecido para aguas residuales domésticas, estas varían el valor entre 0,3 y 0,8 (Valenzuela y Navarrete, 2015). El valor mínimo se encontró en el mes de febrero en el punto E, donde se obtuvo un valor de 0,39 posiblemente a

que estas aguas residuales presentan contaminantes refractarios, considerados de esta manera por su lenta degradación biológica (Sánchez y García, 2018).

En general el AR que ingresa y sale de la PTAR de la ciudad de Lajas tienen un buen índice de biodegradabilidad, Barrera et al. (2018) señalan que, si este índice da un valor menor a 0,2; mayor será la fracción de componentes difícilmente biodegradables. (pp, 26-27)

4.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

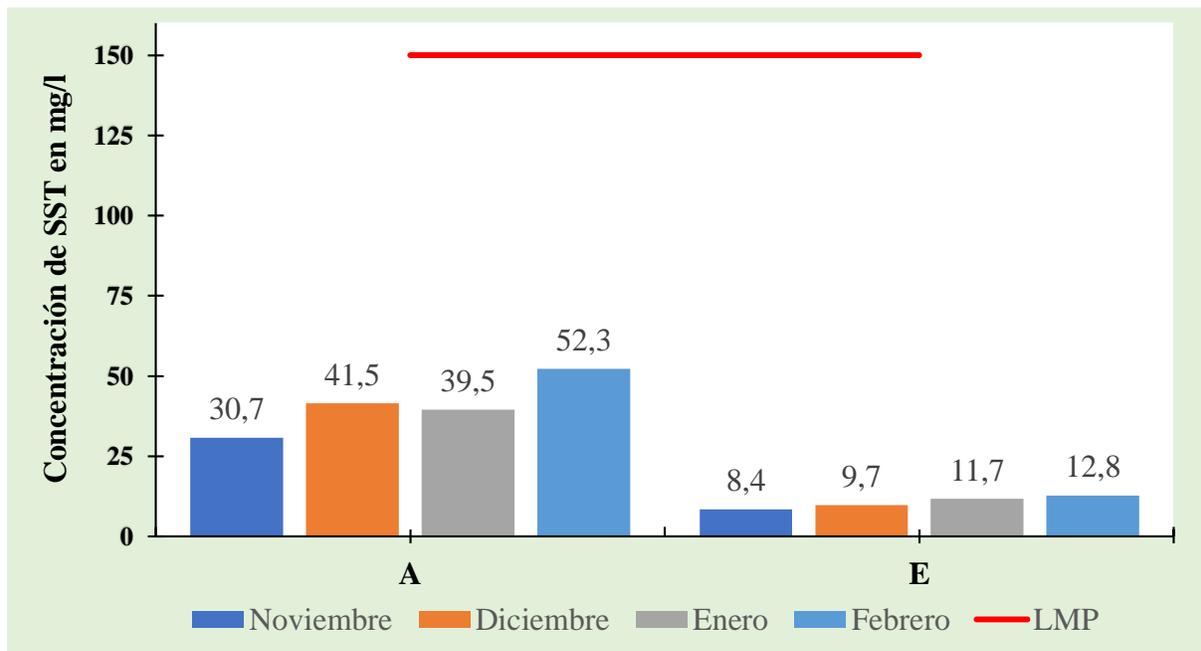
Tabla 9

Estadísticos descriptivos de SST en los dos puntos de muestreo de la PTAR – Lajas

Punto de monitoreo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio	Desviación Estándar
A	30,7	52,3	41,0	8,87
E	8,4	12,8	10,7	1,97

Figura 5

Concentración de SST del afluente y efluente en la PTAR – Lajas



En la tabla 10 se observa el registro de las concentraciones de SST, en el punto A variaron de 30,7 a 52,3 mg/l; en el punto E, oscilaron entre 8,4 a 12,8 mg/l. El promedio de los cuatro muestreos en el punto de entrada fue de 41,0 mg/l; mientras que, en el punto E fue de 10,7 mg/l. Estos valores están por debajo de los establecidos en los LMP (150 mg/l) del D. S. N° 003-2010-MINAM.

En la PTAR de la ciudad de Lajas las concentraciones de SST son menores a lo indicado por la BMS (2018), esta organización señala que los valores de solidos suspendidos totales en aguas residuales pueden variar entre los 35 mg/l a 300 mg/l.

Es importante la eliminación o disminución de los SST, ya que estos son indicadores de la cantidad de material orgánico soluble en las AR, por ende, deben ser removidos en los sistemas de tratamiento obteniendo así efluentes de buena calidad (Martínez, 2016).

4.5. Eficiencia de la PTAR – Lajas

Luego de haber determinado las concentraciones de los indicadores DBO₅, DQO, SST. Se procedió a calcular la eficiencia de dichos parámetros para lo que se utilizó la siguiente formula:

Según Martínez (2016) la eficiencia se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \left(\frac{S_o - S_f}{S_o} \right) \times 100$$

En donde:

E = Eficiencia y se representa en %.

S_f = Valor registrado a la entrada de la PTAR.

S_o = Valor registrado en la salida de la PTAR.

4.5.1. Eficiencia en la remoción de DBO₅

Con el análisis de este parámetro de los cuatro muestreos realizados (ver tabla 6) se procedió a calcular la eficiencia de la PTAR de la ciudad de Lajas en la remoción de DBO₅.

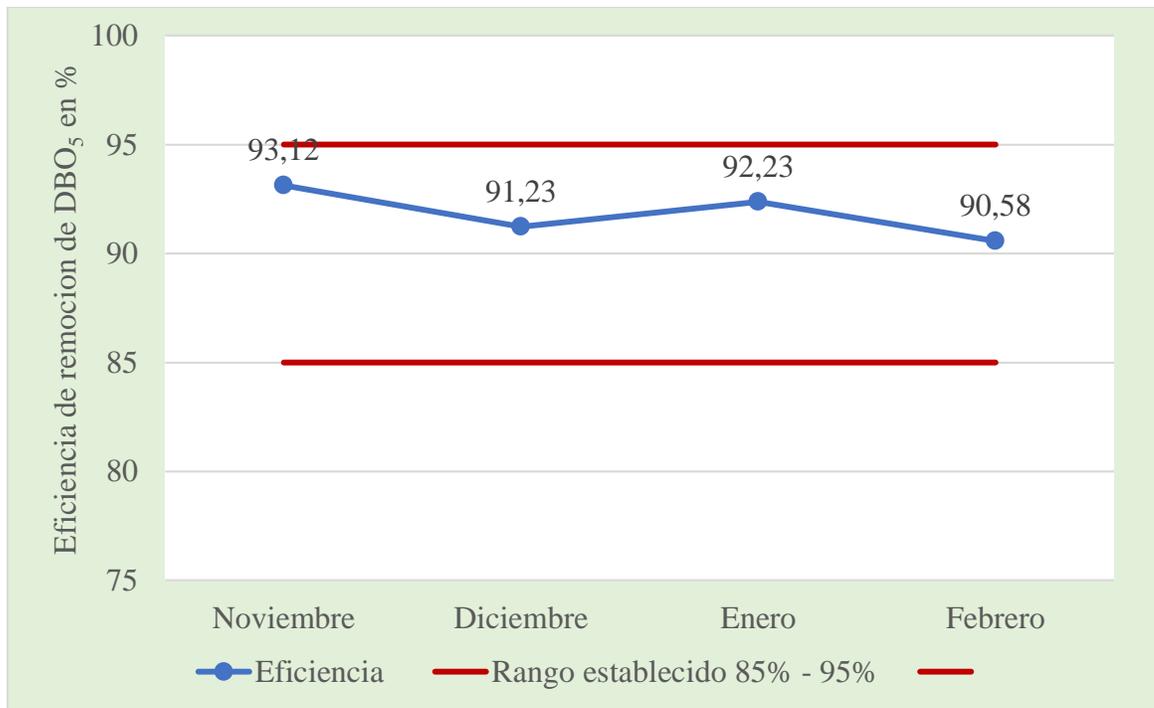
Tabla 10

Porcentaje de remoción de DBO₅ en la PTAR de la ciudad de Lajas

Meses	A	E	Eficiencia (%)
Noviembre	59,6	4,1	93,12
Diciembre	68,4	6	91,23
Enero	68,3	5,2	92,39
Febrero	75,4	7,1	90,58
Promedio	67,93	5,60	91,83

Figura 6

Eficiencia de remoción de DBO₅ en la PTAR – Lajas



En la tabla 10 y figura 6 se observa los porcentajes de eficiencia obtenidos con los datos de los cuatro muestreos realizados al ingreso (A) y salida (E) de la PTAR de la ciudad de Lajas. Con los resultados obtenidos se muestra que la eficiencia en la remoción de DBO₅ está en el rango establecido.

En promedio se obtuvo un 91,83% de eficiencia de remoción de DBO₅. Ortega et al. (2010) establecen que para una PTAR que tiene como tratamiento primario a un Tanque Imhoff y tratamiento secundario a filtros percoladores; el rango de porcentajes de remoción de DBO₅ para este sistema de tratamiento esta entre 85% y 95% (p. 313).

Micha y Rojas (2019) evaluaron la eficiencia de una PTAR similar al de la ciudad de Lajas; donde, el porcentaje de remoción de DBO₅ obtenido fue de -23,8%; un valor muy lejano a 91,83% de eficiencia que se obtiene en la PTAR de la ciudad de Lajas. Los bajos porcentajes de remoción de DBO₅ se debe a que los microorganismos no degradan la materia orgánica de manera adecuada, esto por factores como el poco tiempo de retención hidráulica y sobre todo a la falta de operación y mantenimiento en los sistemas de tratamiento,

4.5.2. Eficiencia en la remoción de DQO

Con los datos obtenidos luego de analizar las muestras recolectadas (ver tabla 7), se procedió al cálculo de la eficiencia para cada mes en que se realizó el muestreo.

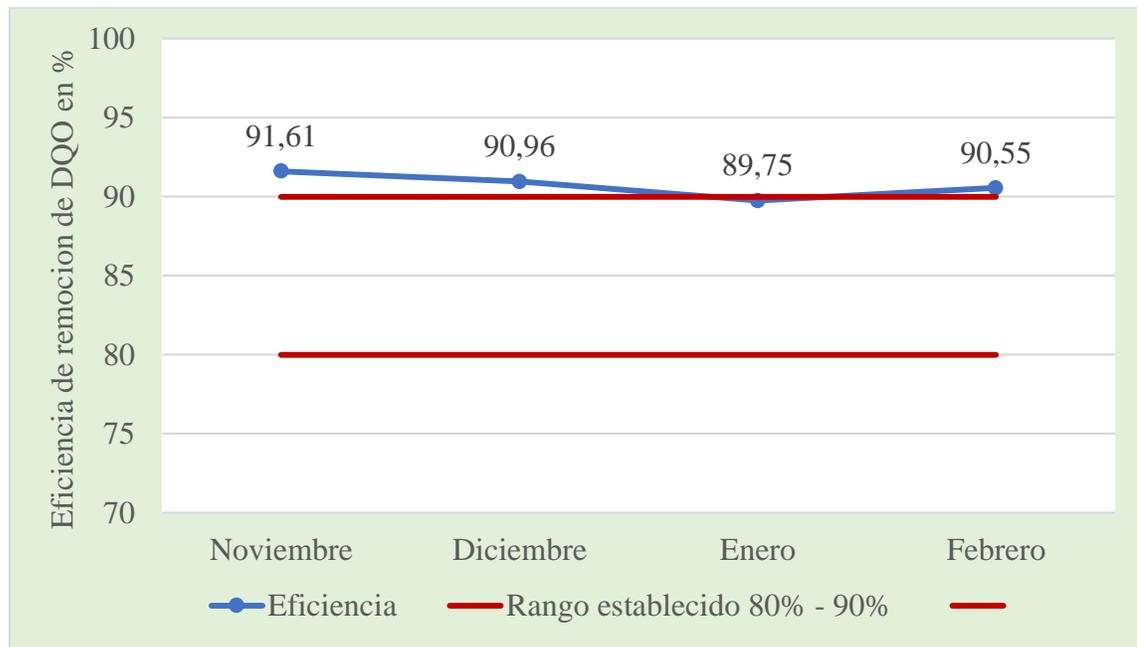
Tabla 11

Porcentaje de remoción de DQO en la PTAR de la ciudad de Lajas

Meses	A	E	Eficiencia (%)
Noviembre	116,8	9,8	91,61
Diciembre	128,3	11,6	90,96
Enero	131,7	13,5	89,75
Febrero	150,2	14,2	90,55
Promedio	131,75	12,28	90,72

Figura 7

Eficiencia de remoción de DQO en la PTAR – Lajas



En la tabla 13 y figura 7 se determinan los porcentajes de remoción de DQO de la PTAR de la ciudad de Lajas. De los 4 muestreos realizados se obtuvo como promedio 90,72% de eficiencia en la remoción de DQO.

De esta manera los valores calculados de la eficiencia para este parámetro se encuentran dentro del rango de remoción de un Tanque Imhoff y filtros percoladores (entre 80% y 90%), establecidos por Ortega et al. (2010). (p. 313)

En la tabla 11 se muestra que el porcentaje de la eficiencia de la PTAR de la ciudad de Lajas está por encima del valor promedio obtenido por Micha y Rojas (2019) quienes muestran un 25,8% de eficiencia de remoción de DQO para un tratamiento de AR idéntico al de la ciudad de Lajas. Cuando los porcentajes de remoción de la DQO, son bajos posiblemente por la baja depuración de la PTAR, también al inadecuado o inexistente programa de operación y manteniendo (Núñez, 2019).

4.5.3. Eficiencia en la remoción de SST

Luego de analizar las muestras recolectadas (ver tabla 9), se procedió al cálculo de la eficiencia para cada mes en que se realizó el muestreo.

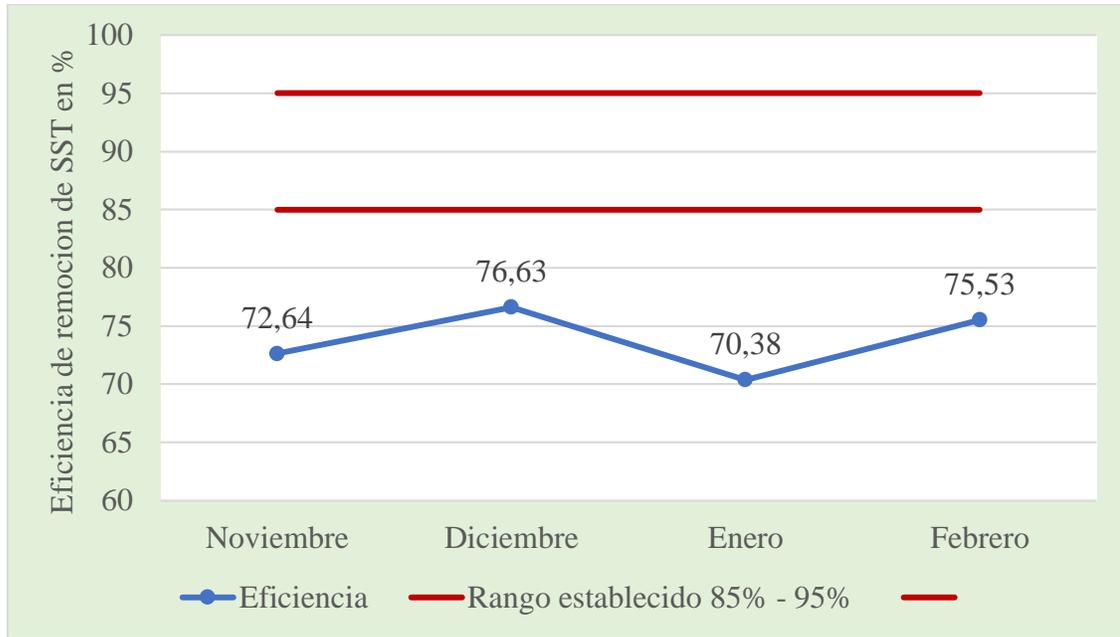
Tabla 12

Porcentaje de remoción de SST en la PTAR de la ciudad de Lajas

Meses	A	E	Eficiencia (%)
Noviembre	30,7	8,4	72,64
Diciembre	41,5	9,7	76,63
Enero	39,5	11,7	70,38
Febrero	52,3	12,8	75,53
Promedio	41,00	10,65	73,79

Figura 8

Eficiencia de remoción de SST en la PTAR – Lajas



Al observar la tabla 12 y la figura 8 se aprecia los porcentajes de remoción de SST en la PTAR de la ciudad de Lajas. El valor promedio obtenido de los 4 muestreos realizados es de 73,79%, este valor está por debajo del rango establecido para este sistema de tratamiento que esta entre 85% a 95% (Ortega et al., 2010, p. 313). Si bien el valor promedio no cumple con el rango establecido, si se puede considerar como aceptable, teniendo en cuenta que las concentraciones obtenidas del afluente y efluente son bajas; sin embargo, para obtener resultados de eficiencia óptimos se debe realizar el mantenimiento correspondiente durante la vida útil de la planta de tratamiento y así evitar generación de malos olores u otro tipo de contaminación por la poca eficiencia en la remoción de SST (Figuroa, 2016; Barrera et al., 2018).

4.6. Prueba t para la eficiencia de remoción de materia orgánica

A continuación, se describen las hipótesis, las que se comprobaron por métodos estadísticos. Se calculó para cada parámetro la prueba t con los datos de las concentraciones obtenidas en la entrada y salida de la PTAR.

Hi= La eficiencia en la remoción de materia orgánica de la PTAR de la ciudad de Lajas es alta.

Ho=La eficiencia en la remoción de materia orgánica de la PTAR de la ciudad de Lajas es baja.

4.6.1. Prueba t para la eficiencia remoción de DBO₅

Se procedió a calcular la prueba t de Student para las muestras recolectadas en el ingreso y salida de la PTAR.

Tabla 13

Prueba t para eficiencia de la remoción de DBO₅ en la PTAR

	Afluyente	Efluente
Media	67,93	6,68
Varianza	41,85	1,93
Observaciones	4	4
Grados de libertad	6	
Estadístico t	18,5142651	
P(T<=t) dos colas	0,0000016	
Valor crítico de t (dos colas)	2,4469119	

Nota. Nivel de significancia $\alpha=0,05$

El P valor es menor a 0,05; por ende, se acepta la hipótesis Hi y se rechaza la hipótesis Ho, al haber una diferencia significativa entre los datos de las concentraciones en el ingreso y salida de la PTAR de la ciudad de Lajas, y es eficiente para la remoción de este parámetro.

4.6.2. Prueba t para la remoción de DQO

Tabla 14

Prueba t para eficiencia de la remoción de DQO en la PTAR

	Afluyente	Efluente
Media	131,75	12,23
Varianza	191,94	3,93
Observaciones	4	4
Grados de libertad	6	
Estadístico t	17,073702	
P(T<=t) dos colas	0,000003	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Nota. Nivel de significancia $\alpha=0,05$

El P valor es menor a 0,05; rechazando la H_0 y aceptando la H_1 , al haber una diferencia significativa entre los datos de las concentraciones antes (A) y después (E) en la PTAR de la ciudad de Lajas, demostrando que es eficiente para la remoción de este parámetro.

4.6.3. Prueba t para la remoción de SST

Tabla 15 *Prueba t para eficiencia de la remoción de SST en la PTAR*

	Afluyente	Efluente
Media	41,00	10,65
Varianza	78,76	3,90
Observaciones	4	4
Grados de libertad	6	
Estadístico t	6,676514	
P(T<=t) dos colas	0,000547	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Nota. Nivel de significancia $\alpha=0,05$

P es menor a 0,05; de tal manera que se acepta la hipótesis H_i y se rechaza la hipótesis H_o y, al haber una diferencia significativa entre los datos de las concentraciones en el entrada y salida de la PTAR de la ciudad de Lajas, se demuestra que es eficiente para la remoción de este parámetro.

Para los 3 parámetros de estudio se cumple que el P valor es menor a 0,05 aceptando la hipótesis planteada en el proyecto y demostrando que la PTAR de la ciudad de Lajas es eficiente en la remoción de material orgánico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- La PTAR de la ciudad de Lajas presenta buena eficiencia en la remoción de materia orgánica utilizando los parámetros DBO₅, DQO y SST; cuyos valores fueron 91,83%; 90,72% y 73,79%; determinándose una alta eficiencia de remoción para los parámetros de DBO₅ y DQO; en tanto para los SST una eficiencia aceptable.
- La caracterización del afluente (A) y efluente (E) en la PTAR de la ciudad de Lajas durante 4 meses continuos dio como resultado promedio 67,9 mgO₂/l en el punto A y 5,6 mgO₂/l en E para la DBO₅; 131,8 mgO₂/l en A y 12,3 mgO₂/l en E para la DQO; 41,0 mg/l en A y 10,65 mg/l en E para los SST.
- Las concentraciones obtenidas de los parámetros en el efluente de la PTAR se encuentran dentro de los LMP para descarga final de efluentes establecidos según D. S. N° 003-2010-MINAM.

RECOMENDACIONES

- A la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, el mejoramiento del laboratorio de aguas con métodos de ensayo y equipos, de tal manera que los estudiantes y egresados tengan la facilidad de obtener resultados de análisis confiables para las investigaciones a realizar.
- A la municipalidad distrital de Lajas, elaborar los instrumentos de gestión ambiental para la PTAR, donde se especifiquen las actividades a realizar a fin de garantizar un adecuado funcionamiento.
- A la municipalidad distrital de Lajas, gestionar la adquisición de equipos de campo, donde se pueda evaluar a diario los procesos en cada componente de la planta y del efluente a fin de tomar acciones necesarias ante cualquier evento anómalo.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvites, E. (2018). *Caracterización de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca y su propuesta de tratamiento en la zona del fundo Betania* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2043>
- Ancalle, C., y Ledesma, W. (2020). *Caracterización de las aguas residuales en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3317>
- Añazco, H., Maza, J., y Sánchez, A. (2018). Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales rurales de la cuenca media del río Arenillas. *Conference Proceedings*, 2(1), 166-177. <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/274/224>
- Arias, J. P. (2018). *Caracterización fisicoquímica y bacteriológica, del agua de consumo humano del centro poblado de Pampa Hermosa, distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa–2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/414>
- Barrantes, E. A. B., y Núñez, M. C. (2017). Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 9(1), 193-197. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n1/1659-4266-cinn-9-01-00193.pdf>
- Barrera, L., Díaz, A., López, E., Medina, E., Rivera, M., y Vallester, E. (2018). Evaluación del desempeño del filtro biológico de la Universidad Tecnológica de Panamá. *Revista de Iniciación Científica*, 4(1), 23-29. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.1.1863>

- Butler Manufacturing Services [BMS]. (2018, 23 de mayo). *Parámetros del alcantarillado 7: Demanda química de oxígeno (DQO)*. <https://www.butlerms.com/es/sewage-parameters-7-chemical-oxygen-demand-cod/>
- Butler Manufacturing Services [BMS]. (2018, 23 de mayo). *Parámetros del alcantarillado 2: Sólidos suspendidos (SS)*. <https://www.butlerms.com/es/sewage-parameters-2-suspended-solids-ss/>
- Casas-García, E. y Vallejo-Santacruz, A. (2018). *Análisis operativo del proceso de remoción de materia orgánica por lodos activados de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajicá utilizando el software libre ASMI* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/22537>
- Caso, G., Laureano, L. (2018). *La goma de tara como agente floculante en la optimización del proceso de remoción de arsénico con $FeCl_3$ presente en agua de Mina* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3337>
- Castro, J. (2018). *Evaluación de la remoción de materia orgánica en un reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente (UASB) para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Huancavelica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1648>
- Crespo, M., y Martínez, D. (2018). *Diseño, construcción y arranque de operación de un reactor de lodos activados a escala de laboratorio* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana sede Quito]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15235>
- Decreto Supremo N°003-2010 [Ministerio del Ambiente]. Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas

o Municipales. 16 de marzo 2010.

http://www.vivienda.gob.pe/ambiente/AnexosPDF/Normativa/Impds_0032010minam.pdf

Espinoza, F. A. M., & Arriaza, F. C. M. (2021). Estimación de Biodegradabilidad del Efluente de las aguas residuales del CIRA/UNAN-Managua según ISO 10707 y OECD 301D. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (37), 17-34. DOI: <https://doi.org/10.5377/farem.v0i37.11210>

Esquivel, J., y Lacayo, M. (2020). Evaluación del impacto de las aguas residuales domésticas y semi-industriales sobre la calidad físico-química del río Chiquito, León, en el período de mayo 2016-enero 2017. *Revista Torreón Universitario*, 9(25), 58-76. <https://doi.org/10.5377/torreon.v9i25.9854>

Flores, M. (2015). *Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales generadas en el servicio de lavado del Concesionario Nor Autos Chiclayo SAC* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/931>

Flórez, G., López, M., y Mannsbach, M. (2016). Remoción de materia orgánica en aguas residuales municipales a partir de procesos de coagulación-floculación. *Revista internacional de investigación y docencia*, 1(4), 33. DOI: <http://dx.doi.org/10.19239/riidv1n4p33>

Garavito, G. I., Ospina, L. V., y Ospina, D. C. (2020). Evaluación de un sistema a escala laboratorio, de un filtro de macrófitas en flotación como tratamiento de aguas residuales de un autolavado. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 12(1), 10-20. <https://doi.org/10.22335/rlct.v12i1.977>.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. Ciudad de México, McGRAW-HILL.

- Larios-Meño, J., González, C., y Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista Saber y Hacer*, 2 (2), 9-25. <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Lavagnino, H. (2016). *Eficiencia en la remoción de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Rafael Landívar, Campus Central* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2016/06/15/Lavagnino-Herberth.pdf>
- López, C., Buitrón, G., García, H. Cervantes, F. (Eds.). (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño*. Cambridge, Reino Unido: IWA Publishing. DOI: <https://doi.org/10.2166/9781780409146>
- Madera, C., Silva, J., y Peña, M. (2005). Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanque séptico - filtro anaerobio y humedales subsuperficiales. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 7(2), 5-10. <https://doi.org/10.25100/iyc.v7i2.2512>
- Marín, R. (2017). Medida de la materia orgánica en las aguas residuales: DQO y COT ¿rivales o amigos? *XXXIV Jornadas Técnicas de AEAS* (pp. 536-546). Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento.
- Martínez, M. (2016). *Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1760>
- Meléndez, G. (2012). *Validación parcial de la metodología Demanda Química de Oxígeno (DQO) a rango bajo en aguas en aguas residuales por método colorimétrico, en el laboratorio de*

- Corponariño* [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño].
<http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/3306>
- Menéndez, C., y Dueñas, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 39(3), 97-107.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000300097&lng=es&tlng=pt.
- Metcalf y Eddy (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización*. Primera edición. Madrid, España: Editorial McGraw-Hill, S.A.
- Micha, E. y Rojas, E. (2019). *Determinación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta la encañada del periodo abril–agosto 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/22011>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2009). *Manual para municipios ecoeficientes*. ENOTRIA S.A.
https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf
- Montenegro, J. (2016). *Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Distrito El Parco, Bagua, Amazonas, Abril–octubre 2013* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/6054>
- Moreno, S. (2017). *Tratamiento de aguas residuales en el tanque IMHOFF para disminuir la contaminación en la quebrada Sicacate del distrito de Montero* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1154>
- Municipalidad Distrital de Lajas [MDL]. (2018). *Construcción del sistema de agua potable y saneamiento integral de la localidad de Lajas, distrito de Lajas – Chota – Cajamarca*. Lajas, Perú: Expediente técnico.

- Murillo, B. (2018). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales en la industria alimentaria* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3188>
- Norma Técnica de Edificación OS.090 [Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento]. *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones. 23 de mayo del 2006. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AA381897B934542205257DC7005EC0C3/\\$FILE/OS.090.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AA381897B934542205257DC7005EC0C3/$FILE/OS.090.pdf)
- Noyola, A., Morgan-Sagastume, J., y Güereca, L. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas*. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México.
- Núñez, M. (2019). *Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba-Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3526>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima, Perú. MINAM.
- Ortega, E., Ferrer, Y., Salas, J. J., Aragón, C., y Real, A. (2010). *Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. <https://www.aragon.es/documents/20127/24009052/Manual+CEDEX2.pdf/32188fba-b20f-ecac-fb01-49a15e0e3cd9?t=1578648844927>
- Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. (2018). *Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales*

- industriales*. CYTED. <http://triton-cyted.com/wp-content/uploads/2017/04/D10-Manual-tecnolog%C3%ADas-aerobias-1.pdf>
- Raffo, E., y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 17(2), 71-80. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855010>
- Resolución Ministerial N°273-2013 [Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento]. *Aprueban Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR*. 24 de octubre del 2013. <http://www.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/anexo-rm-2732013-vivienda.pdf>
- Rodas, J. E. (2017). *Propuesta de Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Decantación de Flujo Radial para reducir el grado de Contaminación del cuerpo Receptor, Distrito de Yántalo-Moyobamba* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto]. <http://hdl.handle.net/11458/2394>
- Rodríguez, H. (2017, 13 de marzo). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. Iagua. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Ruiz, D. (2017). *Método de estimación de sólidos suspendidos totales como indicador de la calidad del agua mediante Imágenes satelitales* [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59720>
- Sánchez, R., y García, K. (2018). Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 103-111. DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08>

- Sánchez-Ramírez, J., Ribes, J., Ferrer, J., y García-Usach, M. (2017). Obtención de los principales parámetros del agua residual urbana empleados en los modelos matemáticos de fangos activados a partir de una caracterización analítica simple. *Ingeniería y Región*, 17, 33-48. DOI: <https://doi.org/10.25054/22161325.1534>
- Satalaya, K. (2015). *Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1042>
- Valenzuela, P., y Navarrete, H. (2015). Dicromato vs. UVIS. Diferencias entre analizadores de DQO en PTAS con UVIS y Dicromato. *Induambiente*, 137, 102-103. <https://www.induambiente.com/informe-tecnico/aguas/dicromato-vs-uvis>
- Velasco, G. (2017). *Evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica en una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Manta* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14029>
- Vidal Vega, F. M. (2016). *Remoción de materia orgánica presente en agua residual industrial mediante la desestabilización de la capa hidrofílica* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4623>
- Vidaurre, L. (2019). *Eficiencia de la Remoción de Coliformes Totales, Termotolerantes, Demanda Bioquímica y Química de Oxígeno en la Laguna de Estabilización del Distrito la Florida, San Miguel, Cajamarca. Noviembre–diciembre De 2013* [Tesis de postgrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/6105>
- Villanueva, L., y Yance, J. (2017). *Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la Ptar del distrito de Huáchac-Chupaca* [Tesis de

pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12894/3781>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Panel fotográfico

Figura 9

PTAR de la ciudad de Lajas.



Nota. Vista panorámica de la PTAR-Lajas.

Figura 10

Rotulado de muestra in situ.



Nota. Identificación y rotulado de la muestra de las PTAR.

Figura 11

verificación de las coordenadas en los puntos de muestreo



Nota. Georreferenciación del punto de muestreo.

Figura 12

Datos de la cadena de custodia de las muestras



Nota. En la cadena de custodia se indica toda la información relevante de la muestra.

Figura 13

Recolección de muestras en el afluente o entrada a la PTAR



Nota. La toma de muestras del afluente con frascos estériles y de plástico.

Figura 14

Preservación de la muestra en el afluente para análisis de DQO



Nota. Se preservó con H_2SO_4 al 50% para muestra de DQO de afluente.

Figura 15

Recolección de muestras en el efluente de la PTAR



Nota. La toma de muestras del efluente con frascos estériles y de plástico.

Figura 16

Preservación de la muestra en el efluente para análisis de DQO



Nota. Se preservó con H_2SO_4 al 50% para muestra de DQO de efluente.

7.2. Informes de análisis de muestras de agua residual



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1120686A

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **Luis Angel Díaz Muñoz**
Dirección **ELEODRO BENEL 342 - CHOTA**
Persona de contacto **Luis Angel Díaz Muñoz** Correo electrónico **ldiaz1397@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **24.11.20** Hora de Muestreo **09:00 a 09:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **02**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **DISTRITO DE LAJAS - CHOTA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 986A** Cadena de Custodia **CC - 686A - 21**
Fecha y Hora de Recepción **24.11.20 12:40** Inicio de Ensayo **24.11.20 12:45**
Reporte Resultado **03.12.20 15:00**

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 03 de Diciembre de 2020.

Nota. Datos generales de las muestras recolectadas el 24/11/2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1120686A

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS					
Código de la Muestra			A	E	-	-	-	-
Código Laboratorio			1120686A-01	1120686A-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			MUNICIPAL	MUNICIPAL	-	-	-	-
Localización de la Muestra			LAJAS - CHOTA	LAJAS - CHOTA	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	30.7	8.4	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	59.6	4.1	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	116.8	9.8	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 03 de Diciembre de 2020.

Nota. Resultados de parámetros analizados en laboratorio el 24/11/2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1220746A

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **Luis Angel Díaz Muñoz**
Dirección **ELEODRO BENEL 342 - CHOTA**
Persona de contacto **Luis Ángel Díaz Muñoz** Correo electrónico **ldiaz1397@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **21.12.20** Hora de Muestreo **08:00 a 08:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **02**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **DISTRITO DE LAJAS - CHOTA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1010A** Cadena de Custodia **CC - 746A - 21**
Fecha y Hora de Recepción **21.12.20 11:10** Inicio de Ensayo **21.11.20 11:25**
Reporte Resultado **30.12.20 12:00**



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 30 de Diciembre de 2020.

Nota. Datos generales de las muestras recolectadas el 21/12/2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1220746A

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS					
Código de la Muestra			A	E	-	-	-	-
Código Laboratorio			1220746A-01	1220746A-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			MUNICIPAL	MUNICIPAL	-	-	-	-
Localización de la Muestra			LAJAS - CHOTA	LAJAS - CHOTA	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	41.5	9.7	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	68.4	6.0	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	128.3	11.6	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 30 de Diciembre de 2020.

DEL AGUA

Nota. Resultados de parámetros analizados en laboratorio el 21/12/2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0121032

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **Luis Ángel Díaz Muñoz**
Dirección **ELEODRO BENEL 342 - CHOTA**
Persona de contacto **Luis Ángel Díaz Muñoz** Correo electrónico **ldiaz1397@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **21.01.21** Hora de Muestreo **09:15 a 09:26**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **02**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **DISTRITO DE LAJAS - CHOTA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 023** Cadena de Custodia **CC - 032 - 21**
Fecha y Hora de Recepción **22.01.21 08:15** Inicio de Ensayo **22.01.21 08:30**
Reporte Resultado **02.02.21 15:00**



Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Edder Miguel FAU
20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02.02.2021 15:12:49 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 02 de Febrero de 2021.

Nota. Datos generales de las muestras recolectadas el 21/01/2021.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0121032

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS					
Código de la Muestra			A	E	-	-	-	-
Código Laboratorio			0121032-01	0121032-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			MUNICIPAL	MUNICIPAL	-	-	-	-
Localización de la Muestra			LAJAS - CHOTA	LAJAS - CHOTA	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	39.5	11.7	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	68.3	5.2	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	131.7	13.5	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 02 de Febrero de 2021.



Firmado digitalmente por COLINA
VENEGAZ Juan Jose FAU
20453744168 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 02/02/2021 15:43:21 -05:00



Firmado digitalmente por NEYRA
JANKO Edder Miguel FAU
20453744168 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 02/02/2021 16:12:11 -05:00

Nota. Resultados de parámetros evaluados en laboratorio el 21/01/2021.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0221070

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **Luis Angel Díaz Muñoz**
 Dirección **ELEODRO BENEL 342 - CHOTA**
 Persona de contacto **Luis Ángel Díaz Muñoz** Correo electrónico **ldiaz1397@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **22.02.21** Hora de Muestreo **07:30 a 08:00**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
 Procedimiento de Muestreo **-**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **02**
 Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
 Referencia de la Muestra: **DISTRITO DE LAJAS - CHOTA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 96** Cadena de Custodia **CC - 70 - 21**
 Fecha y Hora de Recepción **22.02.21 11:25** Inicio de Ensayo **22.02.21 11:40**
 Reporte Resultado **03.03.21 15:00**



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 02 de Marzo de 2021.

Nota. Datos generales de las muestras recolectadas el 22/02/2021.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0221070

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS					
Código de la Muestra			A	E	-	-	-	-
Código Laboratorio			0221070-01	0221070-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			MUNICIPAL	MUNICIPAL	-	-	-	-
Localización de la Muestra			LAJAS - CHOTA	LAJAS - CHOTA	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	52.3	12.8	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	75.4	7.1	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	150.2	14.2	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 02 de Marzo de 2021.

Nota. Resultados de parámetros evaluados en laboratorio el 22/02/2021.