



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE
LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE
LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. DANY JHON POCOHUANCA YANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ
2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE
LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE
LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DANY JHON POCOHUANCA YANA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

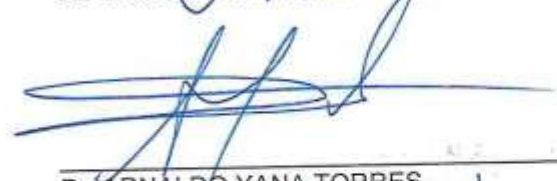
PRIMER MIEMBRO

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1318-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 9481 presentado por el (la) Bachiller: **DANY JHON POCOHUANCA YANA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **DANY JHON POCOHUANCA YANA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R y en mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTÍCULO SEGUNDO - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **DANY JHON POCOHUANCA YANA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 29 de octubre del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Fritz Willy Morales Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Atte.
Archivo
Autorizada (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 276-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 13 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 003116 por el señor (a): **DANY JHON POCOHUANCA YANA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 134 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 004- 2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **DANY JHON POCOHUANCA YANA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Cesar Guillermo Camargo Najara de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 004- 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **DANY JHON POCOHUANCA YANA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. MONTES CALLA
DECANO (e)
CIP: 32730UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc:
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 091-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-030, presentado el señor (a) **DANY JHON POCOHUANCA YANA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 014 -2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 419-2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **DANY JHON POCOHUANCA YANA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 419-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **DANY JHON POCOHUANCA YANA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
D. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Pálio Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



DANY JHON POCOHUANCA YANA

EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTA DE ME...

 TESIS DE PREGRADO

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:536660111

Fecha de entrega

4 dic 2025, 21:22 GMT-5

Fecha de descarga

4 dic 2025, 21:47 GMT-5

Nombre del archivo

T036_70293021_T.docx

Tamaño del archivo

10.6 MB

111 páginas

20.788 palabras

114.853 caracteres



TESIS UANCV

14% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	DANY JHON POCOHUANCA YANA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70293021
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-6452-9384
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Lampa Distrito: Cabanilla Latitud: S 15° 21' 49" Longitud: O 70° 21' 56"  https://maps.app.goo.gl/INPEFbXzzHuP9Mke6
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2025 - Octubre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03
- Librería	



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Frida Willy Mamani Apaza
DIRECTOR



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DANY JHON POCOHUANCA YANA, identificado con DNI
Nro. 70293021, en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD

CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

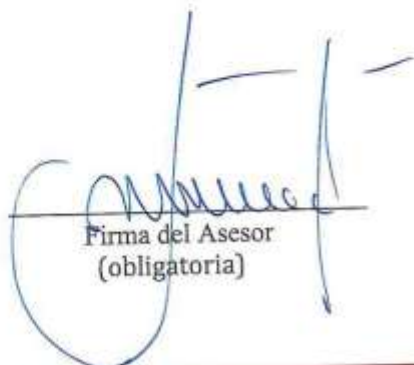
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 14 de noviembre del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud dedico este trabajo a mis padres y a toda mi familia, que siempre me han apoyado. Gracias por quererme, por sacrificarte, por darme las herramientas para salir adelante. Su fe, sus palabras, me han acompañado en este camino; este título es el resultado de su trabajo. Cada paso ha sido gracias a ustedes por creer en mí cuando más lo necesitaba. Esta dedicación es solo un pequeño agradecimiento por todo lo que me han enseñado y por la fuerza que me han transmitido.

A mis compañeros de aprendizaje, por permitirme aprender de su experiencia en este camino de aprendizajes, desafíos y logros. Su amistad ha hecho de esto algo para recordar.

Dedicado a mí misma, para recordarme que con esfuerzo, perseverancia y fe todo se puede lograr.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme ayudado en este camino. Su amor y sabiduría me han tranquilizado y me han hecho superar cualquier obstáculo. Sin su apoyo continuo, esto no habría sido posible.

También, gracias a todas las personas que me han acompañado. A mis amigos, profesores, a todas las personas que me apoyaron, me enseñaron y me alentaron. Gracias por su paciencia, dedicación y por permitirme aprender de su experiencia, la cual me ha ayudado en mi desarrollo personal y académico. Su generosidad y orientación han hecho posible alcanzar esta meta.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática.....	12
1.2	Planteamiento del problema.....	14
1.2.1	Problema general.....	14
1.2.2	Problemas específicos.....	14
1.3	Objetivos de la investigación.....	14
1.3.1	Objetivo general.....	14
1.3.2	Objetivos específicos.....	15
1.4	Justificación de la investigación.....	15
1.4.1	Justificación técnica.....	15
1.4.2	Justificación económica.....	16
1.4.3	Justificación social.....	16
1.4.4	Justificación ambiental.....	17
1.5	Hipótesis de la investigación.....	17
1.5.1	Hipótesis general.....	17
1.5.2	Hipótesis específicas.....	18
1.6	Variables.....	18
1.6.1	Variable independiente.....	18
1.6.2	Variable dependiente.....	18
1.7	Operacionalización de variables.....	19



CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	22
2.1.3	Antecedentes regionales	24
2.2	Bases teóricas	26
2.2.1	Aguas residuales	26
2.2.2	Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).....	29
2.2.3	Tipos de plantas de aguas residuales.....	35
2.2.4	Letrinas.....	38
2.3	Marco conceptual	43

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Enfoque de investigación.....	45
3.2	Tipo de investigación	46
3.3	Nivel de la investigación	46
3.4	Diseño de la investigación	47
3.5	Métodos de la investigación.....	47
3.6	Población y muestra de la investigación	48
3.6.1	Población.....	48
3.6.2	Muestra	49
3.7	Técnicas e instrumentos.....	49
3.7.1	Técnicas	49
3.7.2	Instrumentos.....	50
3.8	Validación y confiabilidad del instrumento	50
3.8.1	Validación de los instrumentos	50
3.8.2	Confiabilidad de instrumentos.....	51
3.9	Procedimiento de recolección de datos	51
3.10	Procesamiento y análisis de datos.....	57



CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	58
4.1.1	Variación horaria del caudal en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante la recolección y análisis de datos de caudal	61
4.1.2	Calidad del efluente según la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales	63
4.1.3	Propuesta de diseño de los componentes para optimizar el funcionamiento	65
4.2	Discusión de resultados	86
CONCLUSIONES		89
RECOMENDACIONES		91
BIBLIOGRAFÍA		92
ANEXOS		96



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	19
Tabla 2 Caudal de ingreso a la PTAR	60
Tabla 3 Caudal de ingreso a la PTAR	61
Tabla 4 Características físico químico del efluente en la PTAR.....	63
Tabla 5 Características inorgánicas del efluente en la PTAR	64
Tabla 6 Características microbiológicos y parasitológicos del efluente en la PTAR.....	65
Tabla 7 Análisis del desarenador.....	65
Tabla 8 Análisis del canal de medición y el repartidor de carga(caudal).....	66
Tabla 9 Análisis del tanque de sedimentación.....	67
Tabla 10 Análisis de la laguna de estabilización.....	68



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fosa.....	39
Figura 2 Brocal.....	40
Figura 3 Losa	41
Figura 4 Terraplén y aparatos	42
Figura 5 Caseta	43
Figura 6 Macro localización.....	59
Figura 7 Macro localización.....	59
Figura 8 Ámbito del proyecto	60
Figura 9 Altura de medición del agua en el vertedero	61
Figura 10 Caudal de ingreso a la PTAR.....	62
Figura 11 Diseño del desarenador (transición).....	75
Figura 11 Diseño del desarenador (Planta).....	75
Figura 11 Diseño del desarenador (Elevación).....	75
Figura 12 Diseño del lecho de secado	84
Figura 13 Área de contacto	85
Figura 14 Componentes de la plata de tratamiento	86



RESUMEN

El estudio "Evaluación de la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales y propuesta de mejoramiento de su capacidad en la comunidad campesina de Lizacia, distrito de Cabanilla – 2025" examina las variaciones horarias del caudal en el afluente de la PTAR a través de la recolección y análisis de datos en la comunidad de Lizacia. La investigación, de enfoque aplicado y nivel explicativo, utiliza un diseño experimental para identificar patrones de variación y evaluar la eficiencia del sistema. Se determinó que el caudal promedio diario es de 5.422 l/s, con picos a las 6:00 a. m., entre 11:00 a. m. y 3:00 p. m. (máximo de 5.976 l/s a las 12:00 p. m.) y a las 6:00 p. m. El análisis de la calidad del efluente mostró un pH de 6.56, DBO de 1 mg/L, DQO de 3.6 mg/L y una concentración de aceites y grasas de 0.4 mg/L. Los compuestos inorgánicos, como uranio, arsénico y mercurio, están dentro de los límites permitidos, sin riesgos significativos. Sin embargo, la presencia de coliformes fecales de 920 NMP/100 ml excede los estándares aceptables, representando un riesgo sanitario. La planta cuenta con un sistema de tratamiento compuesto por un tanque sedimentador, un filtro percolador y un sistema de manejo de lodos, diseñado para servir a 1,596 habitantes con una vida útil de 20 años. La distribución y configuración de la planta están optimizadas para su operatividad. Se concluye que es necesario mejorar la eliminación de coliformes y ajustar la capacidad del sistema para manejar las fluctuaciones del caudal mediante tecnologías de desinfección adicionales, lo que garantizaría el cumplimiento de los estándares de calidad y reduciría riesgos sanitarios.

Palabras Clave: Operatividad, Planta de tratamiento de aguas residuales, Evaluación del caudal y Parámetros físicos-químicos.



ABSTRACT

The study "Evaluation of the operability of the wastewater treatment plant and proposal for improving its capacity in the rural community of Lizacia, district of Cabanilla – 2025" examines hourly variations in flow in the WWTP tributary through data collection and analysis in the community of Lizacia. The research, which is applied in nature and explanatory in scope, uses an experimental design to identify patterns of variation and evaluate the efficiency of the system. It was determined that the average daily flow rate is 5,422 l/s, with peaks at 6:00 a.m., between 11:00 a.m. and 3:00 p.m. (maximum of 5,976 l/s at 12:00 p.m.) and at 6:00 p.m. The effluent quality analysis showed a pH of 6.56, BOD of 1 mg/L, COD of 3.6 mg/L, and an oil and grease concentration of 0.4 mg/L. Inorganic compounds, such as uranium, arsenic, and mercury, are within acceptable limits, posing no significant risk. However, the presence of fecal coliforms at 920 NMP/100 ml exceeds acceptable standards, posing a health risk. The plant has a treatment system consisting of a sedimentation tank, a trickling filter, and a sludge management system, designed to serve 1,596 inhabitants with a useful life of 20 years. The distribution and configuration of the plant are optimized for its operation. It is concluded that it is necessary to improve coliform removal and adjust the system's capacity to handle flow fluctuations through additional disinfection technologies, which would ensure compliance with quality standards and reduce health risks.

Keywords: Operability, Wastewater treatment plant, Flow evaluation and Physical-chemical parameters.



INTRODUCCIÓN

La provisión de agua potable y servicios sanitarios adecuados es un componente esencial para la salud pública y el desarrollo sostenible de las comunidades. Aquí es donde el tratamiento de aguas residuales se vuelve esencial para proteger el medio ambiente, prevenir enfermedades y reutilizar el agua de manera efectiva. Pero en muchas comunidades rurales las (PTAR) se ven limitadas en su funcionamiento por problemas como diseños inapropiados, falta de mantenimiento, falta de personal técnico y económico y crecimiento poblacional que exige mayor capacidad de tratamiento.

La comunidad de Lizacia, en el distrito de Cabanilla, tiene serios problemas con el tratamiento de sus aguas residuales. La planta de tratamiento existente tiene deficiencias de capacidad y eficiencia que pueden afectar la calidad del agua tratada y su impacto en el medio ambiente. Ante esta situación, es necesario evaluar integralmente la forma como opera la PTAR, sus fallas y proponer estrategias de mejora que permitan optimizar su funcionamiento y aumentar su capacidad de tratamiento.

El objetivo es evaluar la operatividad actual de la PTAR comunitaria de Lizacia y plantear soluciones técnicas para mejorar su capacidad. Para ello, se abordarán aspectos técnicos, operativos y ambientales, para generar propuestas factibles que permitan la gestión eficiente del recurso hídrico.

Esta investigación es importante porque pretende contribuir al desarrollo sostenible de la comunidad, al asegurar un tratamiento adecuado de aguas residuales y reducir los impactos ambientales, mejorando la calidad de vida de la población. Además, será una guía con miras a futuras investigaciones y proyectos de mejora de plantas de tratamiento en comunidades rurales con características similares.

Capítulo I: En este capítulo se definen las variables y se crea un marco conceptual. Se plantean los objetivos generales y específicos, así como la justificación de la



importancia del estudio, por lo que es importante resolver la problemática planteada. Finalmente, se plantean las hipótesis de trabajo que orientan la investigación.

Capítulo II: Aquí se hace una revisión crítica de estudios anteriores y las principales colaboraciones en el ámbito. Este marco teórico reconoce las principales teorías y vacíos teóricos, enmarcando la investigación en un contexto teórico que justifique su relevancia.

Capítulo III: En este capítulo se detalla la metodología utilizada, la selección de la muestra y las estrategias metodológicas. Se justifican las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos, garantizando la validez de la investigación.

Capítulo IV: Los resultados se muestran en tablas y gráficos para una mejor comprensión. Estos se discuten en comparación con investigaciones anteriores, señalando los principales hallazgos, correspondencias y divergencias que contribuyen al conocimiento en el campo de estudio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

El tratamiento de aguas residuales es un problema ambiental y de salud mundial. De acuerdo con la ONU, el 80% de las aguas servidas del mundo se vierte sin tratamiento, contaminando cuerpos de agua y dañando la salud humana. En muchas partes, la falta de infraestructura, el crecimiento demográfico y la falta de recursos hacen inviable el funcionamiento de las (PTAR). En países como India, por ejemplo, grandes ríos como el Ganges han sufrido contaminación severa debido a evacuación de aguas residuales sin tratamiento previo. En África subsahariana, solo el 28% de las aguas residuales recibe tratamiento adecuado, lo que contribuye a la proliferación de enfermedades como el cólera y la diarrea. Incluso en países desarrollados, como España y Estados Unidos, algunas PTAR enfrentan problemas de sobrecarga y falta de mantenimiento, lo que compromete la condición del agua tratada (Bautista, 2017).

En Perú, la situación del procesamiento de aguas residuales sigue siendo preocupante. Según datos del Ministerio del Ambiente (MINAM), solo el 30% de las aguas residuales recibe tratamiento antes de ser vertidas en ríos y lagos, lo que representa un alto riesgo ambiental y sanitario. Muchas PTAR en el país presentan deficiencias en su operatividad debido a infraestructura obsoleta, insuficiente financiamiento para

mantenimiento y dificultades en la gestión operativa. Un claro ejemplo de este problema es el Río Rímac, que recibe descargas de aguas residuales de diversas plantas que no se ajustan con los estándares ambientales. Asimismo, en la región de Arequipa, la PTAR La Enlozada ha enfrentado dificultades operativas debido al alto costo de mantenimiento y la presencia de residuos industriales que afectan el proceso de tratamiento. En comunidades rurales, el problema se agrava debido a la limitada capacidad de las plantas para procesar los volúmenes generados, lo que compromete la calidad del agua disponible para la población (Instituto del agua, 2024).

A nivel local, en la comunidad de Lizacia, distrito de Cabanilla, la (PTAR) tiene deficiencias en su funcionamiento. La infraestructura está deteriorada por falta de mantenimiento, lo que ha disminuido la eficiencia del tratamiento. Además, el crecimiento demográfico y el incremento de aguas residuales han saturado la planta y disminuido su capacidad de tratamiento de efluentes. Como resultado, el agua tratada puede no alcanzar los estándares de calidad definidos por la (ANA), lo que puede llevar a la degradación de cuerpos de agua cercanos. Esto impacta a la ciudadanía porque el agua contaminada puede causar problemas de salud y limitar el acceso a agua segura para consumo y actividades agrícolas.

El mal funcionamiento de la PTAR en Lizacia no solo causa daños ambientales, sino que también crea un riesgo para la salud pública. La alteración del agua para uso agrícola y pecuario puede causar enfermedades y disminuir la productividad agrícola, lo que impacta la economía local. Adicionalmente, la falta de capacitación del personal que opera la planta agudiza el problema, al no realizar las acciones de mantenimiento y monitoreo apropiadas para asegurar un tratamiento efectivo de las aguas residuales.

Ante esta situación, es necesario evaluar la forma en que opera la PTAR comunitaria de Lizacia para determinar sus fallas y proponer soluciones que mejoren su eficiencia y capacidad de tratamiento. La eficiencia de los procesos en la PTAR es determinante para dar cumplimiento a la normatividad ambiental y proteger la salud de la

población. Es por ello que esta investigación pretende analizar la situación actual de la PTAR y proponer estrategias de mejora para optimizar su funcionamiento y asegurar el recurso hídrico en la comunidad.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales y cuál es la propuesta de mejoramiento de la capacidad en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025?

1.2.2 *Problemas específicos*

- a. ¿Cuál es la variación horaria del caudal en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante la recolección y análisis de datos de caudal en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025?
- b. ¿Cuál es la calidad del efluente según la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025?
- c. ¿Cuál es la propuesta de diseño de los componentes para optimizar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales y cuál es la propuesta de mejoramiento de la capacidad en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Analizar la variación horaria del caudal en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante la recolección y análisis de datos de caudal en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025.
- b. Determinar la calidad del efluente según la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025.
- c. Proponer un diseño de componentes para optimizar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Desde el enfoque técnico, este análisis facilitará identificar las principales deficiencias en la infraestructura y operatividad de la PTAR de Lizacia. Mediante la aplicación de metodologías de evaluación, se analizará la eficiencia de los procesos de tratamiento, la capacidad de la planta para manejar los volúmenes de aguas residuales generados y el cumplimiento con las directrices de calidad del agua dictadas por (ANA) y la (MINAM).

Además, se evaluará la necesidad de implementación de nuevas tecnologías o de mejoras en el diseño actual de la planta para optimizar su rendimiento. La identificación de fallas permitirá proponer estrategias de mantenimiento y rehabilitación que extiendan la vida útil de la infraestructura y mejoren la eficiencia en la remoción de contaminantes. De este modo, la investigación aportará un análisis técnico fundamentado en datos reales, otorgando herramientas para la toma de decisiones en la gestión de la PTAR.

1.4.2 Justificación económica

El tratamiento inadecuado del agua residual resulta en costos adicionales para la comunidad y las agencias de agua. La falta de mantenimiento y las intervenciones correctivas elevan los costos operativos, comprometiendo la sostenibilidad del sistema de tratamiento.

Con esta investigación se pretende analizar alternativas económicamente viables para mejorar la operatividad de la PTAR sin generar costos excesivos. Se estudiarán fuentes de financiamiento y formas de disminuir los gastos operativos a través de la administración de recursos y la eficiencia de procesos. Además, el tratamiento adecuado del agua puede generar beneficios económicos indirectos, tales como la disminución de gastos en salud pública por enfermedades asociadas al agua contaminada y el incremento de la productividad agrícola por la mejora en la calidad del agua de riego. Por el otro, un sistema de tratamiento adecuado puede abrir la puerta a la reutilización del agua para fines agrícolas, disminuyendo la demanda de agua potable y beneficiando la economía local.

1.4.3 Justificación social

El acceso al agua limpia y un buen saneamiento son derechos que determinan la calidad de vida de la población. La falta de tratamiento de aguas residuales impacta a la población, aumentando el riesgo de enfermedades gastrointestinales, dermatológicas y otras enfermedades asociadas al consumo o contacto con agua contaminada. Asimismo, la contaminación de las fuentes hídricas para consumo humano y agrícola puede causar conflictos entre la población y las autoridades ambientales. Es por ello que esta investigación pretende conocer el estado actual de la PTAR, pero también educar a la comunidad sobre la importancia del mantenimiento y funcionamiento adecuado de las PTAR.

Con este estudio se busca comprometer a la población en la búsqueda de soluciones sustentables, desarrollando estrategias de educación ambiental y participación en la gestión del agua y saneamiento. Esto fortalecerá la responsabilidad y la gobernanza

del agua, mejorando la calidad de vida de la población de la Comunidad Campesina de Lizacia.

1.4.4 Justificación ambiental

El resultado de no tratar adecuadamente las aguas residuales es un alto impacto ambiental, contaminando cuerpos de agua, alterando la biodiversidad y poniendo en riesgo los ecosistemas. Para la Comunidad Campesina de Lizacia, por ejemplo, se ha verificado que los efluentes tratados no estarían cumpliendo con la normativa ambiental, lo que podría estar contaminando fuentes de agua para riego y consumo animal. Esta investigación determinará el nivel de impacto ambiental generado por la PTAR y plantear estrategias de mitigación y adaptación para disminuir su impacto negativo. Con las mejoras en el sistema de tratamiento se logrará disminuir la carga contaminante en los vertimientos, protegiendo los recursos hídricos y dando cumplimiento a la normatividad ambiental vigente.

Además, se analizará la viabilidad de implementar soluciones ecológicas, como sistemas de tratamiento con humedales artificiales o tecnologías de bajo impacto ambiental, para mejorar la eficiencia del tratamiento sin causar daños al medio ambiente. La optimización del tratamiento de aguas residuales apoyará la sostenibilidad ambiental y asegurará la disponibilidad de recursos hídricos para las futuras generaciones.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla presentara deficiencias que pueden ser optimizadas mediante una propuesta de mejoramiento de su capacidad.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

- a. Existirá una variación horaria significativa en el caudal del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia, lo que puede afectar su eficiencia operativa.
- b. La calidad del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia no cumplirá con los estándares ambientales establecidos, debido a inadecuados procesos de tratamiento.
- c. La propuesta de diseño de componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales permitirá mejorar su funcionamiento y aumentar su capacidad de tratamiento en la comunidad campesina de Lizacia.

1.6 Variables

1.6.1 *Variable de caracterización*

Operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales.

- Caudal del afluente y efluente.
- Calidad del agua tratada.

1.6.2 *Variable de interés*

Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

- Diseño de componentes en infraestructura

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Valor final	Instrumentos de medición
V. Caracterización: Operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales.	Se refiere al estado actual de funcionamiento de la planta en términos de caudal, eficiencia de procesos, calidad del agua tratada y cumplimiento de normativas ambientales.	Caudal del afluente y efluente.	Variación horaria del caudal.	Lt/s	Medición con caudalímetro.
			Parámetros físicos y químicos.	PH, DBO, DQO y (etc)	Análisis físico-químico en laboratorio.
		Calidad del agua tratada	Parámetros inorgánicos.	Uranio, arsénico, mercurio y (etc)	Análisis inorgánicos en laboratorio
			Parámetros microbiológicos	Coliforme, E. coli	Pruebas microbiológicas en laboratorio
V. Interés: Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.	Se refiere a las acciones y modificaciones propuestas para optimizar la capacidad y eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales.	Diseño de componentes en infraestructura	Componentes de la planta de tratamiento.	Cámara de contacto	Simulación del sistema AutoCAD
				Lecho de secado	
				Desarenador Tanque de sedimentación	



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según Lopez y Fuentes (2022) en su estudio “Estudio y Propuesta de Mejora para el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual en el Batallón de Policía Naval No. 70 - Ciudad de Bogotá”, e enmarca en el estudio, evaluación y diagnóstico cualitativo y cuantitativo de la (PTAR), ubicada en la carrera 69 No.49A-31, en la localidad de Engativá, ciudad de Bogotá. Actualmente, la planta se encuentra en funcionamiento y en buen estado estructural, sin presentar daños en su infraestructura. Sin embargo, se han identificado problemáticas relacionadas con el manejo y la operatividad de los procesos de tratamiento del agua residual, destacándose una alta producción de espuma debido a la presencia de tensoactivos. Esta condición afecta la eficiencia del proceso y reduce la reutilización del agua tratada, generando un nivel de riesgo medio en su calidad. Esta situación crea un reto para la administración de la infraestructura, por lo cual es necesario evaluar los procesos actuales con miras a la sostenibilidad y eficiencia operativa. Por lo cual, esta investigación pretende plantear alternativas y estrategias para mejorar la PTAR y así mejorar su operación en general. Como parte de ello, se desarrolla la técnica de



análisis de tensoactivos por azul de metileno en aguas residuales, creando un procedimiento estandarizado para futuras evaluaciones.

Además Orozco (2022) en su investigación titulada "Diagnóstico y soluciones de mejoramiento para el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) en la planta COMFENALCO de Ibagué-Tolima", donde el objetivo fue diagnosticar el estado actual de la PTARD y, a partir de ello, plantear alternativas de mejora. Para ello, se realizó la recopilación de identificaciones históricas, la revisión de resoluciones anteriores sobre la normativa actual, la detección de errores principales y, por último, la propuesta de estrategias de mejora. El diagnóstico arrojó que la planta no tiene control sobre el nivel y actividad microbiana y no cumple con el TRH óptimo. Como resultado, se propusieron alternativas de mejora a corto y largo plazo para mejorar su desempeño operativo. Los resultados de este estudio, aunado a la experiencia de la pasantía institucional, demostraron la importancia del correcto procesamiento de datos históricos y la importancia del ingeniero químico en la evaluación y optimización de procesos de esta naturaleza. Además, el estudio de caracterización evidenció que la PTARD no está dando cumplimiento a algunos de los límites máximos permitidos en la Resolución 0631, específicamente en las mediciones de (DBO₅), (DQO) y (SST). Este incumplimiento podría generar sanciones por parte de la autoridad ambiental, obligando a IBAL a tomar medidas correctivas. El estudio concluye que las principales causas del incumplimiento normativo son la falta de control sobre la actividad microbiana en el reactor y la ineficiencia en el cumplimiento del TRH. Para abordar estas deficiencias, se formularon alternativas de mejora escalonadas en el tiempo, que pueden ser incorporadas en la estrategia de optimización de la planta. Finalmente, se resalta la necesidad de implementar evaluaciones periódicas que permitan monitorear el estado de la PTARD, realizar un seguimiento continuo de su desempeño y garantizar el cumplimiento de la normativa.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Shapiama (2022) en su investigación titulada "Optimización del vertido de aguas residuales en la PTAR, a través del uso de floculante, Chazuta, Perú, 2021", tiene como objetivo mejorar la calidad del vertimiento de aguas residuales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Chazuta. Para ello, se analizaron muestras de aguas residuales, las cuales fueron trasladadas a EMAPA SM para llevar a cabo el proceso de floculación mediante jarras, utilizando cal como agente coagulante. Durante el procedimiento, se colocaron 1000ml de agua residual, sometiéndolos a una homogenización rápida de 30s a 300RPM, seguida de una homogenización lenta de 15min a 60RPM. Los resultados indicaron que la mejor eficiencia en la remoción de la (DQO) se obtuvo con una dosis de 20g de cal/L en mezcla rápida a 300RPM durante 30s (T4), logrando una tasa de eliminación del 66.57 %. En cuanto a la temperatura de los tratamientos 1, 2 y 3, se registró un valor de 29.0°C con dosis de 5.0, 15.0 y 30g de cal/L, alcanzando una eficiencia de solo 1.33 %. Para los (STS), el mejor resultado se obtuvo en el tratamiento T6, con un valor de 14.1 mg/L y una dosis de 30g de cal/L, lo que representó una eficiencia de remoción del 71.22 %. En el caso de los coliformes termotolerantes, el tratamiento T6 también mostró la mayor eficiencia, reduciendo su concentración a 9 000 000NMP/100ml con 30g de cal/L, alcanzando una remoción del 78.05 %. Las aguas residuales en su estado previo al tratamiento (T0) presentaron altas concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, superando los límites establecidos en la normativa vigente. En conclusión, el uso de cal en el proceso de floculación demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad del agua residual en la PTAR de Chazuta, logrando reducciones significativas en DQO, STS y coliformes termotolerantes. No obstante, los impactos ambientales identificados resaltan la necesidad de continuar optimizando el tratamiento y establecer estrategias de mitigación para reducir la afectación ambiental.



Además Pineda (2022) en su investigación titulada " Análisis y mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales y su efecto en las condiciones sanitarias de la comunidad de Huayllabamba, distrito de María Parado de Bellido, provincia de Cangallo, Ayacucho – 2020", el objetivo de esta investigación es evaluar y mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales con el fin de lograr unas condiciones sanitarias óptimas. La investigación se basa en métodos de investigación tanto cualitativos como cuantitativos. Con el fin de describir la perspectiva de la comunidad sobre el estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales, se utilizó la recopilación de datos sin medición numérica. Como parte del proceso de desarrollo de la metodología, se llevó a cabo un estudio topográfico de la comunidad y se utilizó una ficha técnica para evaluar el sistema de saneamiento básico. Además, se realizaron encuestas entre los residentes con el fin de recopilar datos sobre las condiciones higiénicas de las viviendas y la accesibilidad de las instalaciones sanitarias. Los resultados obtenidos del formulario de evaluación sugieren que el sistema de saneamiento básico que utiliza la comunidad se encuentra en un estado de degradación. La falta de un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado es otro factor que contribuye a que el índice de condiciones sanitarias de la población se clasifique como regular. Una solución que se ha sugerido para este problema es la construcción de una fosa séptica con dos cámaras separadas. Este contenedor tiene un volumen total de 13,20 metros cúbicos, que se divide en dos compartimentos: la primera cámara tiene un volumen de 9,24 metros cúbicos y unas dimensiones de 1,65 metros de altura (H), 2,00 metros de ancho (W) y 2,80 metros de longitud (L), y la segunda cámara tiene un volumen de 3,96 metros cúbicos con unas dimensiones de 1,65 metros de altura (H), 2,00 metros de anchura (B) y 1,20 metros de longitud (L). El diseño supondrá una mejora en el tratamiento de las aguas residuales del barrio, lo que contribuirá a mejorar la calidad de vida y a reducir los problemas de salud relacionados con una gestión inadecuada de los residuos.

2.1.3 Antecedentes regionales

Según Mendo (2025) en su investigación titulada “Análisis de la efectividad del tratamiento en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lampa, Puno 2024”, el objetivo general era determinar el grado de eficacia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lampa, situada en Puno. Para lograr este objetivo, se utilizó una técnica basada en el muestreo in situ tanto del influente como del efluente. Se evaluaron una serie de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, entre ellos el pH, la temperatura, los (SST), los aceites y grasas, la (DQO), la (DBO) y los coliformes termotolerantes. Las muestras se procesaron en este laboratorio. De acuerdo con el LMP, se comprobó que los parámetros de pH, sólidos suspendidos totales, aceites, grasas y coliformes termotolerantes cumplían con los resultados. Más concretamente, el pH se mantuvo en 7,26, los (SST) se redujeron de 160mg/L en el afluente a 101mg/L en el efluente, y las cantidades de aceites y grasas fueron significativamente inferiores al límite recomendado de 20mg/L. Sin embargo, las lecturas de DQO y DBO fueron superiores a los límites impuestos. La concentración de oxígeno disuelto (DBO) era de 208mg/L en el influente y de 128mg/L en el efluente, lo que supera el límite autorizado de 100mg/L. La (DQO) se midió en 520mg/L en el influente y en 320mg/L en el efluente. Según estos resultados, la eliminación de materia orgánica es ineficaz, lo que puede ser un factor en el desarrollo de la eutrofización en caso de que el efluente no se someta a un tratamiento adicional o a un tratamiento suficiente. En lo que respecta al cumplimiento de las normas relativas al pH, las partículas totales en suspensión, la temperatura, los aceites y grasas y los coliformes termotolerantes, la (PTAR) de Lampa muestra resultados relativamente altos en términos de eficiencia. Sin embargo, debido a que los niveles de DQO y DBO en el efluente siguen siendo superiores al MPL, existen problemas considerables para reducir estos niveles. Esto subraya la necesidad de realizar cambios en el proceso de tratamiento con el fin de maximizar la eliminación de materia orgánica y reducir el impacto negativo que tiene el vertido de aguas residuales en el medio ambiente.

Además Gallegos (2024) en su investigación titulada " Evaluación de los parámetros físico-químicos del afluente y efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica, Puno 2023", se analizaran las características físico-químicas de los afluentes y efluentes de la planta, se llevó a cabo este estudio. Se han designado tres estaciones de muestreo: M1, que corresponde al afluente, M2, que corresponde al efluente, y M3, que corresponde a la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales. Dentro de la planta de tratamiento en el municipio de Capachica, se situaron los puntos de muestreo M1 y M2. El punto M3, por su parte, se situó en el sector de Tectoro, a dos kilómetros de distancia de la (PTAR). Tras la recogida de las muestras de acuerdo con el protocolo de muestreo de agua, estas se transportaron al laboratorio para su análisis tras ser correctamente identificadas. Para obtener los siguientes valores del efluente, se sistematizaron los resultados obtenidos y se compararon con los límites máximos permitidos. Con un pH de 7,69, una temperatura de 16,50°C, sólidos totales de 310mg/L, (DQO) de 75, 04mg/L, (DBO) de 31,02 mg/L, aceites y grasas de 14,50 mg/L, turbidez de 12,12NTU, conductividad eléctrica (CE) de 124µS/cm y sólidos totales disueltos de 62,80 mg/L son las características de la muestra de agua. Se concluyó que una tasa de eficiencia del 66,23 % representa un nivel adecuado. Con la excepción de los valores de aceites y grasas, que alcanzaron los 32,40mg/L, y los sólidos totales, que registraron 775mg/L en la muestra de efluente M2, se concluyó que los criterios fisicoquímicos del influente y el efluente de la PTAR de Capachica se corresponden con los MPL que se han desarrollado a lo largo del tiempo. A la luz de los resultados de la investigación, se llegó a esta conclusión. En dos casos distintos, la concentración de sólidos totales en la muestra M3, que corresponde al efluente, alcanzó los 310mg/L, lo que supera los límites aprobados por el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Aguas residuales

El agua es un recurso primordial para la existencia humana y el equilibrio de los ecosistemas. Sin embargo, su disponibilidad se ve reducida progresivamente debido al aumento de la contaminación, la cual se genera por la descarga de diversas sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas, en el medio acuático. Estas sustancias pueden encontrarse en estado disuelto, suspendido o disperso en el agua. Un cuerpo de agua se considera contaminado cuando la concentración de estos compuestos excede los límites aceptables para un determinado uso, lo que repercute negativamente en las condiciones sanitarias de una población y deteriora su calidad de vida (Tudela, 2017).

Los cuerpos hídricos que reciben aguas residuales experimentan alteraciones significativas en sus características, lo que modifica su estado natural. Dichos cambios pueden derivar en la afectación de las propiedades del agua, su potabilidad y su capacidad para sostener la vida acuática. La contaminación de fuentes hídricas puede manifestarse a través de distintos factores y elementos perjudiciales, cuya presencia altera de manera sustancial la composición del ecosistema acuático (Fonseca & Coleman, 2021).

Las aguas residuales se pueden clasificar en función de su origen. En primer lugar, se encuentran los efluentes domésticos, que provienen de viviendas, centros educativos, hospitales, establecimientos comerciales, instituciones gubernamentales y demás espacios donde se desarrollan actividades humanas cotidianas. Estas aguas están compuestas principalmente por residuos generados en procesos biológicos del ser humano y por desechos provenientes de labores domésticas, como el lavado, la cocina y la higiene personal (Torres et al., 2023).

Por otro lado, las aguas residuales industriales constituyen las que emergen de los procesos productivos de fábricas, empresas y diversas industrias dedicadas a la manufactura de bienes y productos. Estas descargas contienen una variedad de compuestos químicos, metales pesados y otros elementos que pueden tener un alto

impacto ambiental si no se tratan de manera adecuada antes de ser vertidos en cuerpos de agua naturales (Villalta & Lévano, 2021).

❖ Indicadores claves en la caracterización de aguas residuales

Al realizar un estudio exhaustivo sobre las aguas residuales provenientes de fuentes domésticas, resulta indispensable medir y analizar una serie de parámetros clave que permiten evaluar con precisión el grado de contaminación presente, así como anticipar los posibles impactos que estos desechos puedan generar en el entorno natural. Entre los indicadores más importantes a tener en cuenta se encuentran la (DQO) y la (DBO5), las cuales nos indican el contenido de componente orgánico y contaminantes que consumen oxígeno para descomponerse. También es importante monitorear parámetros como el pH, una medida de acidez o alcalinidad, y la temperatura, que afecta los procesos químicos y biológicos. Es importante considerar también la concentración de sólidos totales y sólidos disueltos, indicadores que dan una idea de la presencia de materiales particulados y sustancias disueltas que contaminan el agua. En conjunto, estos parámetros proporcionan una imagen completa de la condición de las aguas residuales y son la base para desarrollar estrategias efectivas de tratamiento y mitigación ambiental (Sánchez et al., 2021).

- ❖ (DQO): Este parámetro se usa para definir la cantidad total de materia orgánica que se encuentra en el agua de desechos, biodegradable o no. Su importancia es que es un indicador para medir la contaminación del agua, ya que nos indica la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar químicamente toda la materia orgánica que se encuentre en el agua. En otras palabras, a través de esta medida podemos hacernos una idea de lo contaminada que está una muestra de agua, ya que la materia orgánica necesita oxígeno para descomponerse. Para llevar a cabo esta valoración, generalmente se usa como agente oxidante el dicromato de potasio. Se elige este compuesto por ser un excelente oxidante de la materia orgánica y así poder determinar

la cantidad exacta de oxígeno requerido para descomponer por completo la materia orgánica contaminante que se encuentre disuelta en la muestra a analizar. Así, este método otorga un número para medir y poder reconocer el nivel de impacto ambiental y poder dar estrategias de tratamiento adecuado a aguas residuales (Montalban & Sullón, 2021).

- ❖ **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5):** Es la cantidad total de oxígeno que necesitan los microorganismos aerobios para descomponer la materia orgánica biodegradable en las aguas residuales. Este indicador nos permite conocer la cantidad de oxígeno que se consume en los procesos naturales de biodegradación de la materia orgánica contaminante del agua. La DBO5 se mide en condiciones controladas de temperatura (20 °C) y tiempo (5 días). Los resultados de esta prueba se dan en mg O₂/l H₂O, lo que nos da una idea precisa y medible del grado de contaminación orgánica. Por su efectividad y confiabilidad, la DBO5 se continúa utilizando para evaluar y monitorear el estado del agua en cuerpos de agua superficiales y aquellos que reciben descargas residuales, siendo un indicador para la gestión ambiental y el diseño de tratamientos de agua (Davila, 2021).
- ❖ **pH:** Este indicador mide qué tan ácida o básica es una muestra de agua. En el tratamiento de aguas residuales, el control de pH es vital, sobre todo en sistemas biológicos con microorganismos que degradan contaminantes. Para que sean efectivos, estos procesos requieren un rango de pH que permita el crecimiento y la actividad metabólica de los organismos que purifican el agua (Vásquez, 2021).
- ❖ **Temperatura:** En el tratamiento de aguas residuales, este es un factor de gran importancia, ya que influye directamente en la velocidad con que ocurren los procesos biológicos de depuración. Los microorganismos que descomponen la materia orgánica en el agua requieren de condiciones térmicas apropiadas para llevar a cabo sus procesos metabólicos de manera eficiente. Un ambiente a temperatura adecuada los hace trabajar y acelerar la biodegradación y, por lo tanto, mejorar el tratamiento del

agua. Por el contrario, cambios bruscos de temperatura pueden entorpecer o incluso detener estas reacciones biológicas, alterando la calidad del proceso y, por lo tanto, el resultado final del tratamiento de aguas residuales (Lindado, 2023).

- ❖ **Sólidos Totales:** Este término se refiere a la cantidad total de materia que se encuentra en el agua, tanto en forma disuelta como en suspensión. Para establecer este parámetro, la muestra de agua se somete como resultado de evaporación y secado a 103 °C, quedando como residuo los sólidos no evaporables a esta temperatura (Shapiama, 2022).
- ❖ **Sólidos Suspendidos Totales:** Se refiere a las partículas de material que quedan suspendidas en el agua superficial o en aguas residuales. Estos sólidos pueden ser de origen orgánico o inorgánico y su concentración afecta la calidad del agua y los procesos de tratamiento (Shapiama, 2022).

2.2.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

Las aguas residuales son aguas cuya calidad ha sido alterada por el hombre. Como resultado de diversas actividades domésticas, industriales y comerciales, estas aguas están tan contaminadas que deben ser tratadas antes de ser devueltas a los cuerpos de agua naturales o reutilizadas para otros fines (Ricaldi, 2021).

La (PTAR), también llamado proceso de depuración, es una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que se realizan para eliminar los sólidos suspendidos, reducir la materia orgánica y eliminar diversos contaminantes que deterioran la calidad del agua. A través de técnicas físicas, químicas y biológicas, este proceso convierte el agua residual en un efluente que cumple con las regulaciones ambientales actuales, permitiendo que el agua tratada pueda ser descargada en el ambiente sin causar daño o, en muchos casos, ser reutilizada para propósitos específicos. En resumen, el proceso que se lleva a cabo en la PTAR busca proteger los recursos hídricos y fomentar prácticas sostenibles para preservar el medio ambiente y la salud pública (Ministerio de Vivienda, 2014).

En la naturaleza, el agua se va purificando lentamente, pero este proceso puede demorarse siglos. Las plantas depuradoras aceleran el proceso con tecnologías específicas para mejorar la calidad del agua en mucho menos tiempo. Esto permite que se pueda volver a utilizar en diversos campos, tales como la agricultura, la industria, las actividades recreativas, etc (Echeverría et al., 2021).

Aunque la purificación del agua es una práctica antigua, hoy en día es necesaria para conservar el equilibrio ambiental y el bienestar social de los pueblos. A lo largo de los años se han ido desarrollando y mejorando las técnicas de tratamientos residuales, mejorando su diseño y eficiencia. Por ello, los sistemas de tratamiento se han categorizado en tres tipos, cada uno con una función específica en la purificación (Arias, 2023).

La creciente legislación ambiental más exigente ha abierto la puerta a nuevas tecnologías de tratamiento de agua que no solo aseguran la descontaminación, sino que permiten recuperar y aprovechar los residuos generados en el proceso. Esto ha generado un cambio hacia una gestión más sustentable de los recursos hídricos, eficientizando el uso del agua y disminuyendo los impactos ambientales por contaminación (Gerónimo, 2022).

Las aguas residuales provenientes de actividades domésticas e industriales deben ser tratadas antes de ser vertidas nuevamente en cuerpos de agua naturales. Para ello se utilizan las (PTAR), diseñadas para reducir y controlar la contaminación del agua a través de diferentes procesos de tratamiento. Estas plantas están dotadas de infraestructura especializada y personal capacitado que supervisa, opera y mantiene los sistemas de tratamiento para garantizar su funcionamiento y continuidad (Orozco, 2022).

El proceso de tratamiento en una PTAR se compone de varias etapas distintas, cada una con objetivos específicos para optimizar el proceso y mejorar la calidad final del agua tratada. Estas etapas incluyen el pretratamiento para remover sólidos grandes y materiales flotantes, el tratamiento primario para sedimentar y reducir los sólidos

suspendidos, el tratamiento posterior para degradar biológicamente la materia orgánica, y el tratamiento terciario o avanzado para eliminar contaminantes restantes y mejorar aún más la calidad del agua antes de su descarga o reutilización.

- **Pretratamiento:** Esta primera etapa tiene como objetivo remover basuras y partículas grandes que puedan interferir con las etapas posteriores. Por medios mecánicos (rejas, cribas y sedimentadores) se remueven sólidos gruesos y flotantes que podrían causar dificultades operacionales y taponamientos en las estructuras de la planta (Velasquez, 2023).
- **Tratamiento Primario:** En esta etapa se produce una gran disminución de la materia orgánica, los gérmenes patógenos y los sólidos en suspensión por medios físico-químicos. La sedimentación y la coagulación-floculación son algunos de los procesos que se aplican en esta etapa, separando partículas suspendidas y mejorando las condiciones del agua para las siguientes etapas. Gracias a este proceso se puede llegar a eliminar alrededor del 60% de las partículas suspendidas y disminuir en un 40% la (DQO), facilitando la posterior depuración biológica (Velasquez, 2023).
- **Tratamiento Secundario:** En esta etapa se busca remover la materia orgánica y los sólidos restantes a través de procesos biológicos. Se utilizan microorganismos que consumen la materia orgánica del agua residual y la transforman en sustancias menos contaminantes. Este tratamiento se puede llevar a cabo mediante lodos activados, filtros percoladores u otros procesos biológicos para maximizar la eliminación de materia orgánica biodegradable.
- **Tratamiento Terciario o Avanzado:** En la última etapa, se utilizan tecnologías especializadas para mejorar aún más la calidad del agua tratada. El objetivo es eliminar nutrientes y sustancias de desecho que no fueron eliminadas en las etapas anteriores. Este tratamiento avanzado hace que el agua sea apta para su reutilización en diferentes

sectores como el agrícola, industrial o incluso para consumo humano, en función del grado de purificación que se logre. (Duarte, 2024)

En conjunto, estos procesos aseguran que las aguas residuales tratadas puedan ser descargadas nuevamente en el medio ambiente sin causar daños significativos a los cuerpos de agua y la salud pública.

2.2.2.1 Procesos para la obtención de agua reutilizable

Para recuperar agua de calidad reutilizable, el agua debe pasar por diversas etapas de tratamiento. Cada una de estas etapas juega un papel crucial en la remoción gradual de contaminantes y residuos en el agua residual.

❖ Pretratamiento

Esta primera etapa es principalmente física y es la primera forma de descontaminar el agua residual. Su objetivo es remover del agua materiales sólidos grandes que están flotando. Para ello se emplean dispositivos como rejillas y desarenadores, que retienen y separan sólidos gruesos, impidiendo que pasen a las siguientes etapas del tratamiento (Alfaro et al., 2024).

❖ Tratamiento Primario

En esta segunda etapa, el fin es disminuir en gran medida la carga contaminante del agua residual. Para ello se remueven sólidos sedimentables y flotantes a través de procesos unitarios diseñados para mejorar la calidad del efluente.

Los procedimientos empleados en esta fase incluyen:

- Ecualización, para suavizar las fluctuaciones en el flujo y en la concentración de contaminantes en el agua antes de los tratamientos posteriores.
- Neutralización, para ajustar el pH del agua y hacer más eficientes las reacciones químicas de las etapas posteriores.

- Oxidación, proceso químico que contribuye a la degradación de materia orgánica y eliminación de algunos contaminantes.
- Coagulación: adición de sustancias químicas para aglomerar las partículas en suspensión.
- Floculación: proceso en el que se aglomeran partículas pequeñas en estructuras mayores denominadas flóculos, que pueden ser fácilmente retiradas.
- Clarificación: proceso de separación de los flóculos y demás sólidos sedimentables o flotables.

A través de la combinación de estos distintos procesos de tratamiento se consigue eliminar gran parte de los sólidos en suspensión, coloides, metales pesados, aceites y grasas, mejorando la calidad del agua residual (Alfaro et al., 2024).

En esta investigación abordaremos de manera detallada estos procedimientos, haciendo énfasis en el proceso de clarificación. Esto se debe a lo determinante que es esta etapa para la efectiva separación de las partículas que están contenidos en el agua y que ayudan a optimizar el proceso en general.

❖ Tratamiento Secundario

Es un proceso principalmente biológico para remover la materia orgánica biodegradable en aguas residuales. Este tratamiento es obligatorio para aquellos vertidos que vayan a ser descargados en cauces naturales (ríos, lagos, mares, etc.) para disminuir su impacto ambiental. En este proceso se emplean consorcios bacterianos y otros microorganismos que degradan la materia orgánica por medio de procesos naturales de descomposición.

Las aguas residuales generadas por industrias con una alta carga de materia orgánica pueden ser tratadas mediante este sistema biológico. Entre las principales industrias que generan este tipo de vertidos destacan aquellas del sector agroalimentario,

aunque también otras, como la industria papelera, farmacéutica y química, producen residuos que pueden ser sometidos a este tipo de tratamiento (Alfaro et al., 2024).

Los procesos biológicos aplicados en el tratamiento secundario pueden clasificarse en dos categorías principales:

- **Tratamiento Aeróbico:** Se basa en la utilización de microorganismos aeróbicos para degradar la materia orgánica presente en el agua residual. Para que este proceso sea eficiente, se incorpora oxígeno al sistema mediante aireadores o difusores, lo que permite que las bacterias realicen su actividad metabólica de manera óptima.
- **Tratamiento Anaeróbico:** A diferencia del anterior, este método se desarrolla en ausencia de oxígeno. En este ambiente, los microorganismos anaerobios descomponen la materia orgánica, generando productos finales como biogás (principalmente metano y dióxido de carbono), lo que hace que este proceso tenga una ventaja adicional en términos de aprovechamiento energético (Alfaro et al., 2024).

❖ **Tratamiento Terciario**

El tratamiento terciario es una etapa avanzada de purificación que utiliza procesos físicos y químicos para eliminar contaminantes específicos. En esta etapa se pretende eliminar fósforo, nitrógeno, metales pesados, minerales, compuestos orgánicos persistentes, virus y microorganismos patógenos.

Por su sofisticación y el empleo de tecnologías específicas, es uno de los tratamientos más caros, pero se justifica cuando se necesita una alta calidad de purificación, en particular para aguas residuales industriales con contaminantes refractarios.

En ciertos casos, el tratamiento terciario también se utiliza como una fase complementaria para mejorar la eficiencia de los tratamientos primario y secundario. Uno de los métodos más empleados en esta etapa es la filtración rápida en arena, la cual permite eliminar una mayor cantidad de sólidos y nutrientes en suspensión, además de reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), optimizando la calidad del agua tratada para su posible reutilización o descarga segura en el medio ambiente (Chate, 2024).

2.2.3 Tipos de plantas de aguas residuales

En la actualidad, existen diferentes opciones tecnológicas para el tratamiento de aguas residuales, las cuales fueron diseñadas para maximizar la remoción de contaminantes y garantizar la calidad del agua tratada antes de ser descargada en el medio ambiente. Estas tecnologías difieren en sus mecanismos y procesos para ajustarse a distintos tipos de aguas residuales y condiciones particulares. Entre los sistemas de tratamiento más comunes se encuentran los siguientes tipos principales:

❖ Lagunas de Estabilización

Las lagunas de estabilización son estanques contruidos y excavados directamente en el suelo para acelerar la limpieza de las aguas residuales. Este proceso de tratamiento se basa en la acción combinada de microorganismos y algas que viven en estas lagunas, y que en conjunto descomponen la materia orgánica presente en el agua. Básicamente, el sistema utiliza la capacidad biológica de bacterias u otros microorganismos vivos para degradar de forma natural los contaminantes orgánicos en sustancias menos perjudiciales o inofensivas. Gracias a esta actividad biológica potenciada, las lagunas de estabilización representan una forma efectiva y natural de reducir la carga contaminante en cuerpos de agua, permitiendo su tratamiento y ayudando a preservar el medio ambiente (Velasquez & Maxi, 2022).

❖ Tanques de Sedimentación

Los sistemas de sedimentación separan por gravedad las partículas sólidas del agua residual. Muchas de las materias en suspensión, por su pequeño tamaño o por su escasa densidad, no pueden ser retenidas en tratamientos preliminares como el tamizado o el desarenado. Por ello, en esta etapa se facilita la decantación de los sólidos más pesados, permitiendo su acumulación en el fondo del tanque, mientras que el agua más clara es conducida hacia las fases posteriores del tratamiento (Velasquez & Maxi, 2022).

❖ Tratamiento con Lodos Activados

Se ha consolidado como una de las técnicas más extendidas y efectivas para el tratamiento de aguas residuales. En este proceso, el agua residual se mezcla con una alta concentración de microorganismos vivos (lodos activados) en un tanque de aireación. Este ambiente aeróbico, enriquecido con oxígeno, proporciona las condiciones para que los microorganismos metabolicen. Gracias a esta oxigenación constante, los organismos biológicos pueden degradar la materia orgánica presente en el agua con gran eficacia, transformándola en compuestos menos nocivos. Posteriormente, el agua tratada pasa por etapas de sedimentación y clarificación, donde se separan los sólidos y se obtiene un efluente más limpio y apto para su reutilización o vertido, cumpliendo con los estándares ambientales establecidos (Saavedra, 2021).

❖ Zanjas de Oxidación

Este sistema es una variante del método de aireación extendida y se caracteriza por el uso de cepillos giratorios y depósitos diseñados para mantener la mezcla en movimiento a lo largo de un canal con forma ovalada. Su funcionamiento prolongado permite una degradación efectiva de los residuos orgánicos mediante la oxigenación constante del agua, lo que facilita la eliminación de contaminantes biodegradables.

❖ Filtros Percoladores

Los filtros percoladores funcionan como un sistema de tratamiento biológico basado en un lecho de material filtrante, generalmente compuesto por grava u otros sustratos porosos. Las aguas residuales pretratadas se vierten sobre este medio, permitiendo que los microorganismos presentes se adhieran a la superficie y formen una película biológica. Esta capa microbiana es la responsable de descomponer la materia orgánica a medida que el agua percola a través del filtro, logrando así una depuración progresiva.

❖ Filtros Intermitentes de Arena

Este tipo de sistema de filtración consiste en un lecho de arena con una profundidad aproximada de 24 pulgadas, conformado por materiales seleccionados cuidadosamente según su granulometría específica. El agua residual es distribuida de manera uniforme sobre la superficie del filtro y, a medida que atraviesa el medio arenoso, se eliminan sólidos suspendidos y se mejora su calidad antes de continuar con las siguientes fases del tratamiento (Campoverde et al., 2024).

❖ Humedales

Los humedales pueden ser sistemas naturales o artificiales utilizados en la gestión de aguas residuales gracias a su capacidad de autodepuración. Son ecosistemas semiacuáticos con abundante vegetación y nivel de agua permanente que crean las condiciones para la interacción de procesos físicos, químicos y biológicos que purifican el agua.

Humedales naturales: Son ecosistemas localizados en la zona de contacto entre ambientes acuáticos y terrestres, por lo que tienen características de ambos. Por esta característica no son cuerpos de agua ni tierras emergidas en sentido estricto. Su capacidad de retención y filtración de contaminantes los hace una alternativa sustentable para mejorar la calidad del agua en sistemas naturales (Romero, 2021).

2.2.4 Letrinas

Las letrinas de hoyo seco son estructuras sanitarias con el propósito de manipular de manera segura las heces humanas y evitar poner en riesgo la salud pública y contaminar el entorno en que se localizan (suelo, aire y fuentes de agua vecinas). Este método básico de saneamiento consiste en la creación de una excavación en el terreno con una profundidad determinada, que funciona como un contenedor natural donde se acumulan las excretas humanas. Al estar confinados en esta cámara, los residuos quedan aislados de las áreas pobladas y de los recursos naturales, disminuyendo el riesgo de propagación de enfermedades y contaminación. Además, su simplicidad y bajo costo hacen que sea una opción accesible y efectiva para comunidades con restricciones en infraestructura sanitaria (Carrasco, 2022).

Este tipo de letrinas se instala principalmente en zonas rurales y áreas urbano-marginales en donde no es posible instalar sistemas convencionales de alcantarillado u otros sistemas de saneamiento más sofisticados. Para asegurar su buen funcionamiento y prevenir cualquier riesgo de contaminación, se deben mantener unas distancias mínimas de estructuras y fuentes de agua:

- Distancia entre la letrina y la vivienda: mínimo 5 metros.
- Distancia entre la letrina y un tanque de agua sobre suelo: mínimo 10 metros.
- Distancia entre la letrina y un tanque de agua elevado en torre: mínimo 8 metros.
- Distancia entre la letrina y los límites de la propiedad: mínimo 5 metros.
- Distancia entre la letrina y una tubería de agua potable: mínimo 3 metros.

Además, es desaconsejable construir letrinas en zonas con riesgo de inundación o en terrenos pantanosos, ya que esto podría generar filtraciones y contaminar el agua subterránea. Lo ideal es que se localice lo más cerca posible de la vivienda para no tener que recorrer grandes distancias para utilizarlo, sobre todo de noche o en condiciones climáticas desfavorables.

Las letrinas de este tipo están conformadas por seis componentes esenciales, los cuales aseguran su funcionamiento eficiente y seguro:

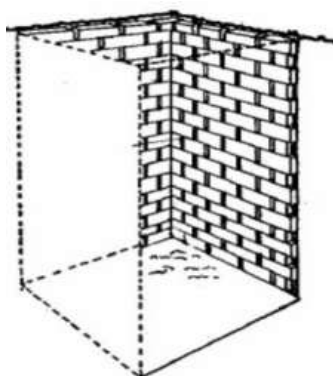
- Hoyo o cámara: cavidad excavada en el suelo donde se depositan los desechos.
- Brocal: estructura que rodea el hoyo y evita su colapso.
- Losa: superficie firme que cubre el hoyo y sobre la cual se coloca el sanitario.
- Terraplén: zona de tierra compactada alrededor de la letrina para estabilizar la estructura.
- Aparato sanitario: puede ser un asiento o una taza que facilita su uso.
- Caseta: estructura que brinda privacidad y protección a los usuarios.

Las letrinas de hoyo seco son una solución sanitaria para comunidades sin acceso a sistemas convencionales de alcantarillado, mejorando las condiciones sanitarias y disminuyendo las enfermedades asociadas al saneamiento deficiente.

Una fosa o agujero cavado en la tierra, una cavidad para recoger y almacenar excrementos humanos. Esta estructura se debe construir a una profundidad determinada y de tal manera que su duración no sea mayor a cuatro años. En forma geométrica puede ser redonda o cuadrada, siempre con medidas no menores de 0.80 m ni mayores de 1.50 m por lado, para asegurar su funcionalidad y estabilidad estructural (Rodríguez, 2021).

Figura 1

Fosa

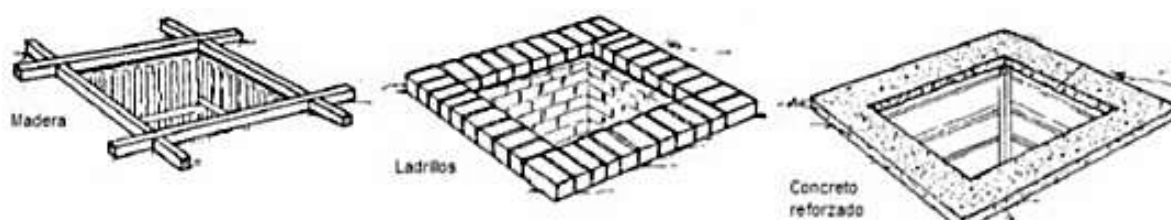


Nota. Tomada de (Rodríguez, 2021).

El brocal es un anillo que forma parte del diseño de una letrina y sirve para proteger y reforzar la boca de la excavación. Su función es la de asegurar la estabilidad del contorno del hoyo, sirviendo de soporte a la losa y previniendo filtraciones de agua pluvial. Este elemento se puede construir con diferentes materiales resistentes, como estructurales de madera, concreto, ladrillo o bloques de piedra, entre otros. En cuanto a su montaje, inicie su edificación cuando le falten 20 cm para llegar al nivel del terreno y extiéndalo 10 cm sobre este; de este modo garantizará su durabilidad y resistencia (Aquino & Barrientos, 2022).

Figura 2

Brocal



Nota. tomada de (Aquino & Barrientos, 2022).

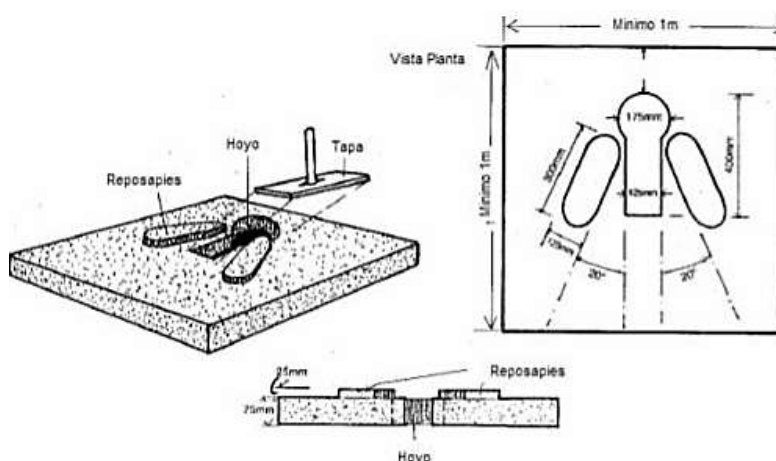
La losa es una parte integral en el diseño de una letrina, ya que es la que proporciona una superficie resistente sobre la cual el usuario se apoyará para hacer uso de la letrina. Generalmente, esta estructura se fabrica con concreto armado, aunque también puede elaborarse con otros materiales de alta durabilidad que posean la capacidad de soportar el peso de una persona y, en caso de ser necesario, el de un aparato sanitario adicional. Entre las opciones de materiales adecuados para su construcción se encuentran la madera tratada con resistencia a la humedad, el concreto reforzado u otras alternativas que cumplan con los requisitos de carga y estabilidad (Torres, 2023).

En cuanto a sus dimensiones, la losa debe ser ligeramente más amplia que la parte superior del brocal, extendiéndose hasta 10 centímetros más allá de sus bordes. Además, es imprescindible que se encuentre a una altura que varíe entre un mínimo de 10

centímetros y un máximo de 60 centímetros con respecto al nivel del suelo natural, lo que garantiza un uso seguro y adecuado de la letrina.

Figura 3

Losa



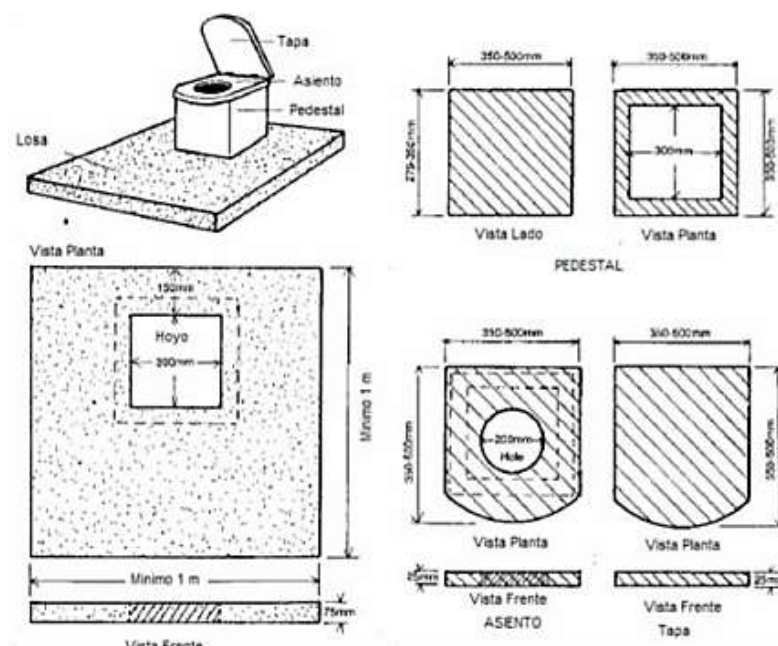
Nota. Tomada de (Torres, 2023).

Terraplén: Se trata de una capa de tierra compactada que se dispone alrededor del brocal con la finalidad principal de evitar la infiltración de agua en el interior del hoyo de la letrina. Este componente es fundamental para mantener la funcionalidad y la integridad del sistema, ya que es la protección contra lluvias o escurrimientos superficiales. Para asegurar su efectividad, su edificación debe considerar una altura mínima de 15 cm y máxima de 60 cm sobre el nivel natural del terreno, para garantizar la contención y proteger el área circundante.

Aparato sanitario: Es un adminículo para hacer más confortable el uso de la letrina, aunque muchas veces no existe y solo se usa un agujero en la losa como punto de descarga de los excrementos. Cuando se añade este complemento, se ha de considerar como un elemento independiente que se apoya sobre la losa, lo que permite manipularlo y limpiarlo. Además, es preferible que tenga una tapa de madera con bisagras de cierre automático para mantener mejores condiciones sanitarias en el interior de la instalación (Sifuentes, 2022).

Figura 4

Terraplén y aparatos



Nota. Tomada de (Torres, 2023).

Caseta: Es una construcción que tiene como fin darle privacidad a quien usa la letrina. Su diseño se ha de ajustar a las condiciones y materiales disponibles en el lugar donde se vaya a emplazar, pudiéndose construir con materiales locales como madera, ladrillos, adobe u otros materiales que aseguren su estabilidad y durabilidad.

En cuanto a las medidas, la altura de la caseta puede oscilar en sus extremos, de 2 metros en un lado a 1,90 en el otro, lo que crea una pequeña pendiente en la cubierta. La puerta, por su parte, debe contar con un ancho sugerido de 70 centímetros y una altura mínima de 1,60 metros para facilitar el acceso al interior (Calderon & Apaza, 2023).

Además, el techo debe tener una pendiente del 10% para permitir que el agua de lluvia se escurra y no se acumule en la parte superior. También es aconsejable añadir un alero que sobresalga alrededor de la caseta para protegerla de la lluvia y prolongar su vida útil (Pineda, 2022).

Figura 5*Caseta***Nota.** Tomada de (Torres, 2023).

2.3 Marco conceptual

- a. **Sistema de alcantarillado o desagüe:** El alcantarillado sanitario es una red de tuberías que recogen y transportan las aguas residuales de una comunidad. Su principio es la gravedad, por donde los residuos líquidos fluyen naturalmente hacia el punto final. Este sistema es un servicio básico en cualquier área habitada, pues permite llevarse de manera segura los desechos líquidos y así evitar problemas sanitarios y ambientales.
- b. **Planta de tratamiento de aguas residuales:** Son plantas conformadas por una serie de sistemas para limpiar contaminantes en el agua residual. Su objetivo es el tratamiento del agua para hacerla reutilizable en diversas aplicaciones, pero no para consumo humano. Gracias a estos procesos se disminuye el impacto ambiental de las aguas residuales y se hace un uso eficiente del agua.
- c. **Gestión de aguas residuales:** El tratamiento de aguas residuales es el conjunto de procesos, estrategias y regulaciones para manipular, tratar y eliminar de manera segura el agua sucia generada por hogares, industrias, negocios y granjas. Su finalidad es



disminuir el impacto ambiental y sanitario de estos vertimientos, disminuyendo la contaminación de cuerpos de agua y protegiendo la salud pública.

- d. **Letrina:** Es una estructura sanitaria elemental para recolectar y eliminar en forma higiénica los excrementos humanos y así ayudar a mantener la higiene y el saneamiento ambiental. Su diseño puede depender de los materiales locales y las necesidades de la población, pero por lo general se trata de un agujero cavado en la tierra y cubierto con una losa resistente que tiene un orificio para la descarga de los desechos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Es el conjunto de principios, procesos y técnicas metódicas que se utilizan para planificar y llevar a cabo un estudio con el objetivo de responder preguntas específicas o resolver problemas. Es una manera organizada que guía al investigador en la recolección, análisis e interpretación de datos de una manera sistemática. Además, la metodología de la investigación garantiza que los procedimientos sean éticos, replicables y objetivos. Esto asegura que los resultados sean precisos y confiables, contribuyendo al desarrollo del conocimiento en la disciplina o campo de estudio (Villanueva, 2022).

3.1 Enfoque de investigación

El abordaje de la investigación es mixto, ya que el estudio involucra tanto a la investigación cualitativa como cuantitativa; la primera porque se realiza caracterización y luego se cuantifican los datos.

El método mixto de investigación usa los enfoques cualitativo y cuantitativo, tomando lo mejor de ambos para resolver un problema de investigación. Esta metodología hace posible recoger y analizar datos numéricos y descriptivos, ofreciendo una comprensión más rica y profunda del fenómeno estudiado. Mediante la triangulación de

métodos, el abordaje mixto pretende no sólo medir y cuantificar el problema, sino también comprender las experiencias, perspectivas y contextos que se encuentran tras los números. Su principal beneficio es que permite la triangulación de resultados, fortaleciendo la validez y confiabilidad de las conclusiones (Rodríguez, 2020).

3.2 Tipo de investigación

Aplicada, ya que pretende dar solución a un problema práctico y mejorar un sistema ya existente, como lo es el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia.

La investigación aplicada es un tipo de investigación científica que busca resolver problemas prácticos en situaciones particulares. La aplicada busca desarrollar soluciones prácticas que beneficien a la sociedad, la industria, la educación, la medicina, entre otras áreas del conocimiento. Este tipo de investigación es de naturaleza pragmática, en el sentido de que intenta dar respuesta a preguntas concretas que se plantean en la práctica. Busca convertir el conocimiento teórico en algo práctico, en herramientas, procesos, productos o tecnologías aplicables al mundo laboral, científico o tecnológico. Por eso, su diseño metodológico a menudo es flexible y ajustado al problema de investigación, integrando métodos experimentales, estudios de caso, encuestas o análisis de datos en contextos naturales (Rodríguez, 2020).

3.3 Nivel de la investigación

El nivel es descriptivo, ya que se observa, registra, analiza y describe la forma en que opera la planta de tratamiento de aguas residuales y cómo su mejora puede aumentar su capacidad.

El nivel descriptivo de la investigación es un tipo de estudio que busca observar, registrar, analizar y describir las características de un fenómeno, grupo o situación sin manipular las variables. En este tipo de estudio el investigador se dedica a describir las condiciones, conductas, actitudes o características de los sujetos o cosas estudiadas. El

método descriptivo busca dar una mirada objetiva de la realidad que se estudia y muchas veces es el primer paso para estudios más complejos. No pretende encontrar relaciones de causa y efecto entre variables, sino solamente dar una imagen fiel de la realidad que se está estudiando (Villanueva, 2022).

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipula la variable independiente, sino que se observan, analizan y describen fenómenos de la realidad operativa actual de la planta de tratamiento de aguas residuales y la propuesta de mejora para optimizar su capacidad, manipulando variables y midiendo su efecto en la eficiencia del sistema.

Un diseño no experimental es aquel en el que el investigador observa, mide y describe fenómenos sin manipular variables. En vez de manipular las variables en los individuos o en las situaciones, las observa tal como suceden en su ambiente natural. Este tipo de investigación explora asociaciones entre variables sin determinar una causa y efecto.

Normalmente se emplea cuando la manipulación experimental no es factible o ética, y entre sus métodos se encuentran las encuestas, los estudios de caso, los correlacionales y los observacionales. Un ejemplo clásico es el análisis de datos secundarios o el estudio de fenómenos en su ambiente natural sin manipulación (Villanueva, 2022).

3.5 Métodos de la investigación

Método científico, ya que implica un proceso sistemático de investigación: observación, formulación de hipótesis, experimentación, análisis de datos y conclusiones. Primero, se observa y evalúa la forma en que opera actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales, detectando fallas en su operación. Luego, se hace una hipótesis o propuesta de mejora, a partir del análisis de caudales y calidad del efluente.

La investigación científica es un proceso sistemático, controlado y lógico que se utiliza para obtener conocimientos verificables de la realidad. Su objetivo es desarrollar, probar o refutar hipótesis a través de la observación, experimentación y recolección de datos. Por medio de este proceso se intentan dar explicaciones razonadas de fenómenos naturales o sociales y así construir y desarrollar el conocimiento científico. Este es un proceso con pasos definidos que aseguran la objetividad y replicabilidad de los resultados. Primero, se reconoce un problema o fenómeno de interés que necesita ser investigado. A continuación, se hace una revisión de literatura para conocer lo que ya se ha investigado sobre el tema y se establece el marco teórico. Con estos datos se crea una hipótesis, una posible explicación o predicción que se pondrá a prueba en la investigación (Villanueva, 2022).

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

El término población se refiere al conjunto total de elementos, individuos u objetos que poseen una peculiaridad en común y que son objeto de estudio en una investigación. Dependiendo del enfoque del estudio, la población puede estar conformada por personas, empresas, productos, eventos o cualquier otra entidad que se desee analizar. La población es de gran importancia en cualquier estudio, ya que define el grupo sobre el cual se pretende obtener información o generar conclusiones. Sin embargo, en la mayoría de los casos, investigar a toda la población es inviable debido a limitaciones de tiempo, costos o accesibilidad. Por esta razón, se selecciona una muestra, que es un subconjunto característico de la población, permitiendo hacer inferencias válidas sobre el conjunto total (Iglesias, 2021).

La población del estudio está conformada por la población en general de la comunidad campesina de Lizacia (1596 habitantes) y también por toda el agua residual generada en la comunidad citada, mismo que es procesada en la planta de tratamiento.

3.6.2 Muestra

Es un subconjunto representativo de la población que se selecciona con el propósito de obtener información y realizar inferencias sobre el grupo total. Debido a que en muchos estudios no es viable analizar toda la población por razones de tiempo, costos o accesibilidad, la muestra permite obtener datos relevantes de manera eficiente y con un nivel aceptable de precisión. Para que una muestra sea válida, debe cumplir con el criterio de representatividad, lo que significa que debe expresar claramente las características esenciales de la población (Castillo et al., 2014).

La muestra está constituida por los caudales medidos y las muestras de agua residual tomadas en diferentes puntos de la planta de tratamiento, incluyendo el influente (agua antes del tratamiento), los procesos intermedios y el efluente (agua tratada).

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Son los métodos y técnicas concretas para recoger, manipular y analizar datos en una investigación científica. Estas técnicas recogen información rica y estructurada sobre el fenómeno de interés, asegurando la validez y fiabilidad de los resultados. Hay varias técnicas de investigación, las cuales se pueden clasificar según el tipo de enfoque que utilicen. En la investigación cuantitativa predominan métodos estructurados como encuestas, experimentos, análisis estadísticos y observaciones sistemáticas. Estas dan lugar a datos numéricos que pueden ser medidos y analizados objetivamente. En cambio, en la investigación cualitativa se emplean métodos más flexibles como entrevistas a profundidad, grupos focales, análisis de contenido, estudio de caso, que buscan comprender significados, percepciones y contextos (Hadi et al., 2023).

- Observación directa
- Medición y Monitoreo de Parámetros.
- Análisis Documental.

- Pruebas de Laboratorio.

3.7.2 Instrumentos

Son instrumentos para recoger datos de forma sistemática en una investigación. Estos instrumentos son capaces de medir, registrar y analizar la información de un fenómeno de interés, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. La elección de un instrumento de investigación apropiado estará determinada por el propósito de la investigación, el tipo de datos que se deseen obtener y el contexto en el que se realizará la recolección de datos. Además, los instrumentos deben ser válidos y fiables, es decir, que midan lo que realmente se quiere medir y que den resultados consistentes en el tiempo (Hadi et al., 2023).

- Equipos de Medición de Parámetros Físico-Químico.
- Fichas de Registro y Formatos de Muestreo.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación de los instrumentos

Es un proceso que determina si un instrumento de recolección de datos mide con exactitud y de manera consistente el fenómeno o variable que se pretende medir. Este proceso es indispensable para garantizar la fiabilidad de los resultados de una investigación, ya que un instrumento no validado puede producir datos inexactos, distorsionados o poco representativos de la realidad.

Hay varios tipos de validez que se pueden medir en un instrumento. La validez de contenido es si el instrumento abarca todos los aspectos importantes de la variable en estudio y generalmente es juzgada por expertos en la materia. La validez de criterio analiza si los resultados del instrumento se correlacionan con una medida externa que ya ha sido validada previamente. Por otro lado, la validez de constructo verifica si el instrumento

realmente mide lo que se propone medir (el concepto teórico), y que sus ítems representen la estructura del fenómeno que se desea investigar (Iglesias, 2021).

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

Es la habilidad del instrumento de dar los mismos resultados en aplicaciones repetitivas y en tiempos diferentes. Un instrumento fiable asegura que las mediciones sean exactas y reproducibles, reduciendo errores y variabilidad en los datos recogidos.

Para determinar la fiabilidad de un instrumento, se aplican diferentes estadísticos y técnicas de prueba. Uno de los más utilizados es el coeficiente alfa de Cronbach, el cual determina la consistencia interna de los ítems en una escala, es decir, si las preguntas del instrumento se relacionan entre sí y miden el mismo constructo. Otra es la técnica test-retest, que implica administrar el instrumento en dos momentos distintos a las mismas personas y verificar si los efectos son consistentes en el tiempo (Iglesias, 2021).

3.9 Procedimiento de recolección de datos

❖ Delimitación del área de estudio

La definición del área de estudio se inició considerando el territorio específico en el que se desarrollaría la investigación. Para ello, se englobaron las viviendas ubicadas en la zona urbana de la localidad de Lizacia que cuentan con alcantarillado y se encuentran contiguas entre sí.

Se estableció que el agua tratada por el sistema actual proviene exclusivamente de las viviendas conectadas a la red de alcantarillado, las cuales se localizan dentro del área urbana. Por este motivo, no se incluyeron en el estudio las viviendas que no disponen de agua potable ni desagüe, ya que su contribución al sistema es nula.

❖ **Trabajo de campo**

Se llevó a cabo un levantamiento topográfico que abarcó desde el buzón inicial de la red emisora hasta la zona destinada al sistema de tratamiento actualmente en uso. El objetivo de esta práctica fue reconocer y describir la superficie y pendiente del terreno, ya que son datos necesarios para saber cómo fluye el agua por las tuberías colocadas. En el campo se llevó una libreta en donde se anotaban las cosas más evidentes que ayudaran a diferenciar y ordenar la información recogida.

Finalizada esta etapa, los datos capturados en forma de nube de puntos fueron descargados para ser procesados en softwares especializados y hojas de cálculo para el análisis numérico y gráfico. Gracias a este proceso se pudo definir de manera precisa el área disponible y la pendiente del terreno, información crucial para la selección de un diseño apropiado para la planta de tratamiento. En particular, se eligió un sistema mixto que funciona sólo por gravedad, sin necesidad de bombas ni sistemas mecánicos de impulsión. Esta elección no sólo simplifica la operación, sino que disminuye drásticamente el consumo de energía y combustible, lo que se traduce en ahorros sustanciales en los costos de mantenimiento y operación del sistema.

❖ **Proceso de recolección de muestras en la (PTAR) en Lizacia**

El procedimiento de toma de muestras en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Lizacia se llevó a cabo durante el presente año en el horario matutino, específicamente a las 6:00 a. m. Este horario se eligió ya que es el momento en el que se espera que la planta se encuentre en su punto máximo de funcionamiento y, por lo tanto, se descarguen más aguas residuales en el punto de entrada de la planta. Dado que esta condición garantiza la representatividad de la muestra en términos del caudal y la carga contaminante, se estableció que la toma de muestras se realizara bajo estas condiciones óptimas.

Para la ejecución del muestreo en los dos puntos previamente determinados dentro de la PTAR, fue necesario emplear una serie de insumos y equipos que permitieron garantizar la adecuada recolección, almacenamiento y preservación de las muestras, asegurando la fiabilidad de los resultados obtenidos en los análisis posteriores. A continuación, se detallan los materiales y herramientas utilizadas durante el proceso:

- **Recipientes de vidrio con capacidad de un litro:** Se emplearon dos unidades de envases tipo botella de vidrio, cada uno destinado a contener una muestra específica. Uno de estos recipientes fue utilizado para recolectar la muestra proveniente del afluente, es decir, el agua residual que ingresa a la planta para su tratamiento, mientras que el otro se reservó para la muestra correspondiente al efluente, que representa el agua tratada que es descargada al medio ambiente.
- **Recipientes de boca ancha de un litro de capacidad:** Se requirieron tres unidades de estos frascos de tipo tarro, diseñados específicamente para el análisis de aceites y grasas. Cada uno de estos recipientes fue utilizado con un propósito determinado: uno de ellos en relación con la muestra del afluente, otro para la muestra del efluente y el tercero para la toma en el punto de desembocadura final de la PTAR.
- **Caja de tecnopor:** Se dispuso de una caja fabricada con material de tecnopor, con capacidad suficiente para almacenar de manera segura hasta cuatro frascos de vidrio de un litro cada uno. Este contenedor cumplió la función de proporcionar aislamiento térmico y protección mecánica a las muestras durante su transporte.
- **Hielo para conservación:** Se añadió hielo suficiente para mantener refrigeradas las muestras hasta el momento de su análisis. La preservación a bajas temperaturas es fundamental para evitar alteraciones en los parámetros físico-químicos de las muestras.
- **Etiquetas de identificación:** Se utilizaron etiquetas adhesivas para etiquetar los frascos, garantizando que cada muestra estuviera identificada con información

crucial como el punto de muestreo, la fecha y hora de recolección, entre otros detalles.

- **Elementos de protección personal (EPP):** Para garantizar la seguridad de los responsables del muestreo y minimizar la exposición a posibles agentes contaminantes, se utilizó equipo de protección individual compuesto por mascarillas y guantes.
- **Cámara fotográfica:** Se tomó una cámara fotográfica para tomar evidencia fotográfica del proceso de toma de muestras, evidenciando gráficamente cada paso del procedimiento y las condiciones en que se encontraban los puntos de muestreo.
- **Dispositivo GPS:** Se usó un GPS para georreferenciar con exactitud los puntos donde se tomaron las muestras y así poder rastrear espacialmente los datos.
- **Registros de campo:** Se completaron registros en formato físico o digital con información detallada del procedimiento realizado, consignando datos como las características ambientales del sitio, observaciones relevantes y cualquier incidencia ocurrida durante la toma de muestras.
- **Formato de cadena de custodia:** Se utilizó un formato oficial para llevar la trazabilidad de las muestras desde su obtención hasta la entrega en el laboratorio de análisis. Este formato es fundamental para garantizar la integridad de las muestras y la validez de los resultados obtenidos.

❖ Procedimiento de diseño de planta de tratamiento

La configuración hidráulica de la infraestructura para el procesamiento de agua residual se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en el (RNE), considerando los siguientes aspectos clave:

Datos de Diseño

El diseño del sistema se fundamentó en un análisis exhaustivo de diversas estadísticas y parámetros técnicos que influyen directamente en el correcto

dimensionamiento de las estructuras de tratamiento. Para llevar a cabo esta planificación, se consideraron múltiples variables esenciales que permiten ajustar las dimensiones y características del sistema a las condiciones reales y proyectadas. Entre los factores más importantes evaluados se encuentran:

- La población total prevista que utilizará y aportará residuos al sistema, determinando así la magnitud del diseño.
- Los caudales de agua residual, contemplando sus valores promedio diarios, así como los mínimos y máximos que pueden registrarse en el sistema de alcantarillado.
- Los caudales máximos y mínimos que pueden presentarse en períodos horarios específicos, lo cual es clave para dimensionar correctamente las instalaciones.
- El volumen de agua adicional que ingresa al sistema por infiltraciones externas, un aporte que puede variar y afectar el rendimiento del tratamiento.
- La cantidad de aguas residuales generadas por cada persona, específicamente aquellas de origen doméstico, para estimar con precisión el volumen a tratar.
- La carga contaminante que incluye la (DBO), los niveles de nitrógeno y los sólidos en suspensión, que son indicadores vitales para definir la capacidad de depuración necesaria.
- Las propiedades físicas y químicas del agua residual, entre las que se destacan las concentraciones de DBO, (DQO), Totales (SST) y la presencia de coliformes, ya que estos parámetros determinan el tipo y nivel de tratamiento requerido.

Criterios de Diseño de la Planta de Tratamiento

Los estándares y directrices técnicas aplicables al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales ofrecen un marco de referencia esencial para la planificación y construcción de sistemas de alcantarillado y tratamiento. Estas regulaciones dan pautas específicas para el desarrollo de infraestructuras adecuadas, que garanticen sistemas

eficientes, sostenibles y en cumplimiento con las regulaciones ambientales y de salud pública. Entre los aspectos que contemplan estos lineamientos:

- Redes colectoras principales y primarias.
- Emisor general.
- Infraestructura del sistema de tratamiento.

Según el RNE OS.090, la información recogida permitió definir los criterios de diseño de la (PTAR). Para su planificación se proyectó a 20 años, analizando las condiciones presentes, futuras e intermedias de acuerdo a los parámetros definidos.

Estimación de la Población y Consumo de Agua

Para el cálculo de la carga hidráulica de diseño, se tomó en cuenta la población proyectada o futura, determinada a partir de la población actual y la proyección demográfica a 20 años, según los datos del INEI.

El consumo de agua potable varía según la ubicación geográfica:

- Costa: 90L por habitante/día.
- Sierra: 80L por habitante/día.
- Selva: 100L por habitante/día.

Dado que el estudio se encuentra en la región de la sierra, se asumió un consumo de 80L por habitante/día.

Coefficiente de Recuperación de Agua Residual

Según el RNE, aproximadamente el 80% del agua consumida se convierte en aguas residuales, con fluctuaciones horarias.

Diseño del Sistema de Alcantarillado y Conducción

Los colectores primarios y secundarios se colocan en la vía pública (calles y jirones) para asegurar el flujo continuo del agua residual y prevenir su acumulación en la superficie.

El emisor general, encargado de transportar el total del agua residual hacia la PTAR, fue diseñado con:

- Pendiente base: $S = 2.0\%$, asegurando la correcta gestión de los sólidos en suspensión y sedimentación.
- Diámetro de la tubería principal: 250 mm.
- Hidráulica del Sistema de Alcantarillado

El comportamiento hidráulico de los colectores y emisores principales se rige por la ecuación de Monitoreo, que expresa la ecuación de flujos no uniformes gravitacionales en canales abiertos. Se priorizó un diseño que permitiera el flujo sin presión, eliminando el bombeo y disminuyendo los costos de operación y mantenimiento.

3.10 Procesamiento y análisis de datos

La etapa de análisis de datos es una etapa esencial del proyecto, en la que los datos recopilados se organizan, transforman y analizan para extraer información. Esta fase hace posible dar sentido a los datos y definir las acciones a seguir apoyándose en evidencias. Para ello se utilizan diversos métodos estadísticos, algoritmos informáticos y herramientas específicas que permiten descubrir patrones, tendencias y relaciones significativas en los datos. De esta manera, el análisis no solo estructura la información, sino que también proporciona significado a los fenómenos estudiados, orientando las futuras acciones y garantizando la efectividad del proyecto.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Se evalúa la operatividad de la PTAR en la comunidad campesina de Lizacia y se propone mejorar su capacidad. El estudio abarca el análisis de caudales y de las características físicas y químicas del agua, así como propuestas para la mejora de la infraestructura y la eficiencia del sistema de tratamiento.

UBICACIÓN POLÍTICA

Región : Puno
Provincia : Lampa
Distrito : Cabanilla
Localidad : Comunidad de Lizacia

Coordenadas UTM (WGS84)

ESTE : 353033
NORTE : 8268896
ALTITUD : 3,876 m.s.n.m.

Coordenadas Geográficas:

Latitud Sur : 15° 13' 35"
Longitud Oeste : 69° 55' 05.38"
Altitud : 3835 m.s.n.m.

Figura 6

Macro localización



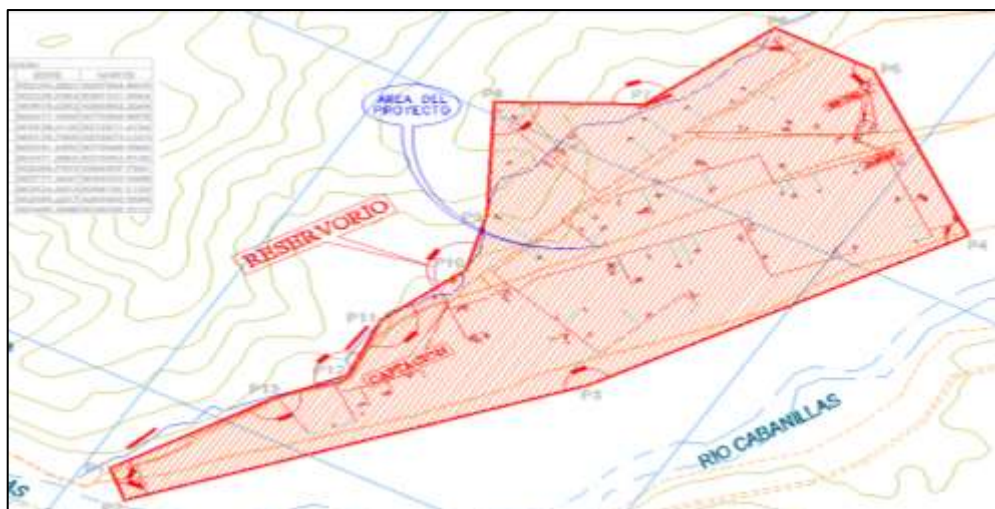
Figura 7

Macro localización



Figura 8

Ámbito del proyecto



❖ **Vías de acceso al sector de Lizacia**

Tabla 2

Caudal de ingreso a la PTAR

	Desde	Hasta	Tipo Vía	Medio de Transporte	Kms	Tiempo
Vías de acceso desde Puno	Puno	Juliaca	Carretera Asfaltada	Vehículo motorizado	45	50 min.
	Juliaca	Cabanillas	Carretera Asfaltada	Vehículo motorizado	30	30 min.
	Cabanillas	Cabanilla	Carretera Afirmada	Vehículo motorizado	3	5 min.
Accesibilidad desde la Capital del Distrito	Cabanilla	Sector Karipata C.C. Lizacia	Trocha Carrozable	Vehículos particulares, a pie	5	7 min.
TOTAL					83	92 min.

4.1.1 Variación horaria del caudal en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante la recolección y análisis de datos de caudal

Figura 9

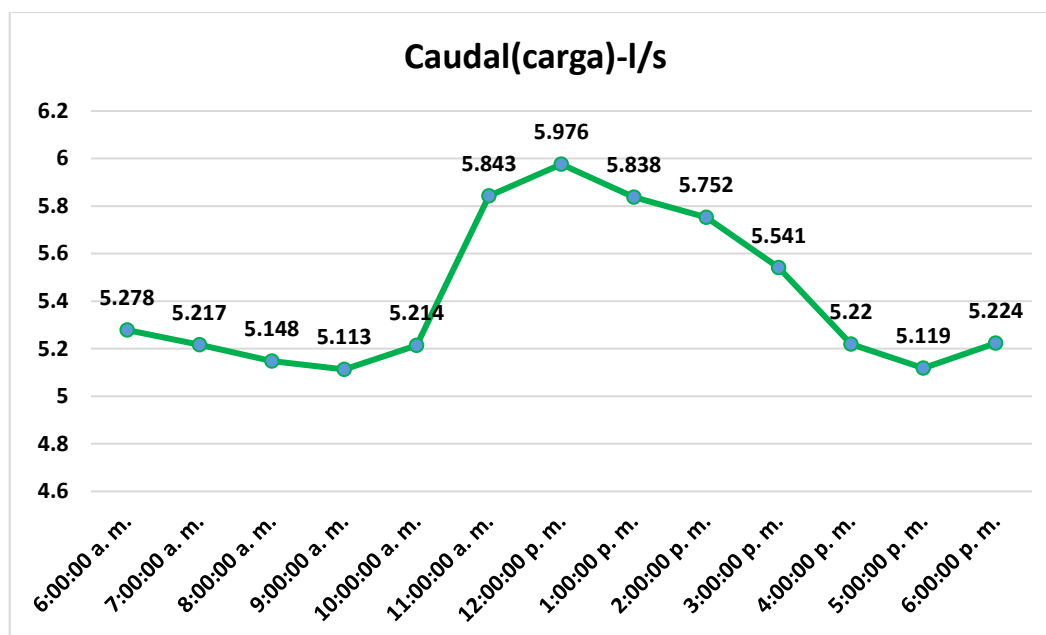
Altura de medición del agua en el vertedero



Tabla 3

Caudal de ingreso a la PTAR

Tiempo(horas)	CAUDALES	
	Alturas	Caudal(carga)l/s
6:00:00 a. m.	0.485	5.278
7:00:00 a. m.	0.476	5.217
8:00:00 a. m.	0.471	5.148
9:00:00 a. m.	0.465	5.113
10:00:00 a. m.	0.475	5.214
11:00:00 a. m.	0.493	5.843
12:00:00 p. m.	0.511	5.976
1:00:00 p. m.	0.494	5.838
2:00:00 p. m.	0.483	5.752
3:00:00 p. m.	0.471	5.541
4:00:00 p. m.	0.463	5.22
5:00:00 p. m.	0.471	5.119
6:00:00 p. m.	0.478	5.224
Promedio	0.480	5.422

Figura 10*Caudal de ingreso a la PTAR*

Se muestra la variación del caudal de ingreso a la (PTAR) a lo largo del día. En el eje horizontal se representan las horas del día, desde las 6:00 a. m. hasta las 6:00 p. m., mientras que en el eje vertical se muestra el caudal en litros por segundo (l/s). Se observa que el caudal presenta un comportamiento fluctuante, con valores más bajos en las primeras horas de la mañana, manteniéndose cerca de 5.2 l/s entre las 6:00 a. m. y las 10:00 a. m. A partir de las 11:00 a. m., se evidencia un incremento notable, alcanzando su punto máximo a las 12:00 p. m. con un valor de 5.976 l/s. Posteriormente, el caudal comienza a descender gradualmente hasta las 5:00 p. m., donde alcanza su punto más bajo de la tarde con 5.119 l/s. Finalmente, a las 6:00 p. m., el caudal muestra una ligera recuperación, llegando a 5.224 l/s. El promedio del caudal a lo largo del día es de 5.422 l/s, lo que indica que, en términos generales, el flujo de ingreso a la PTAR se mantiene estable, con variaciones moderadas a lo largo del día y un incremento significativo en horas del mediodía, posiblemente relacionado con el aumento en el consumo de agua en este período.

4.1.2 Calidad del efluente según la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales

Tabla 4

Características físico químico del efluente en la PTAR

Parámetro	Unidad De Medida	Resultado De La Muestra	Limite Máxima Permisible - Lmp*	Aceptable
FÍSICO QUÍMICO				
Nitrógeno Amoniacal N NH ₃	mg/l	0.124	.....	.....
Fluoruros F-	mg/l	0.15	1	SI
Nitrato NO ₃	mg/l	38.4	50	SI
Nitrito NO ₂	mg/l	a<0.005	0.2	SI
Conductividad Eléctrica CE	us/cm	1445	1500	SI
Oxígeno Disuelto O ₂	mg/l	5.61	.....	.....
pH	unidad de pH	6.56	6.5 a 8.5	SI
Material Flotante	presencia o ausencia	AUSENCIA	AUSENCIA	SI
Color	Pt Co	a<2	15	SI
Turbidez	NTU	a<0.50	5	SI
Cianuro Total	mg/l	a<0.0050	0.07	SI
Cloruros Cl	mg/l	336.7	250	SI
Dureza Total CaCO ₃	mg/l	284.5	500	SI
Sólidos Disueltos SD	mg/l	774	1000	SI
Sulfato SO ₄ =	mg/l	92.4	250	SI
Aceites y Grasas	mg/l	0.4	0.5	SI
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO-5	mg/l	1	.....	.....
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/l	3.6	.....	.....
Fenoles	mg/l	a<0.001	.....	.....

El análisis de los resultados indica que la mayoría de los parámetros cumplen con los límites permisibles, por lo que el agua analizada se considera aceptable para su tratamiento. Por ejemplo, el oxígeno disuelto (5.61 mg/L) y el pH (6.5 - 8.5) se encuentran dentro de los valores recomendados. Asimismo, la baja turbidez (≤ 0.50 NTU) y la ausencia de material flotante sugieren una mínima presencia de partículas en suspensión. Sin embargo, algunos valores, como la conductividad eléctrica (1445 μ S/cm), están cerca del

límite máximo de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica una alta concentración de sales disueltas que debe ser monitoreada.

Tabla 5*Características inorgánicas del efluente en la PTAR*

Parámetro	Unidad De Medida	Resultado De La Muestra	Límite Máxima Permissible - Lmp*	Aceptable
INORGÁNICO				
Uranio (U)	mg/l	0.000056	0.015	SI
Arsénico (As)	mg/l	b<0.0012	0.01	SI
Mercurio (Hg)	mg/l	b<0.00041	0.001	SI
Zinc (Zn)	mg/l	0.0041	3	SI
Plomo (Pb)	mg/l	b<0.0026	0.01	SI
Aluminio (Al)	mg/l	b<0.029	0.2	SI
Selenio (Se)	mg/l	0.0024	0.01	SI
Molibdeno (Mo)	mg/l	b<0.00038	0.07	SI
Cromo (cr)	mg/l	0.00159	0.05	SI
Berilio (Be)	mg/l	b<0.000079	.....	.....
Cadmio (Cd)	mg/l	0.00138	0.003	SI
Cobre Cu	mg/l	b<0.002	2	SI
Fierro (Fe)	mg/l	b<0.016	0.3	SI
Manganeso (Mn)	mg/l	0.0008	0.4	SI
Boro (B)	mg/l	0.5326	1.5	SI
Níquel (Ni)	mg/l	b<0.00051	0.02	SI
Bario (BA)	mg/l	0.31262	0.7	SI
Antimonio (Sb)	mg/l	b<0.00049	0.02	SI

El análisis de los resultados indica que todos los parámetros cumplen con los límites máximos permisibles, ya que sus concentraciones están dentro de los valores establecidos. Elementos altamente tóxicos como el arsénico ($\leq 0.0012 \text{ mg/L}$), mercurio ($\leq 0.00041 \text{ mg/L}$), plomo ($\leq 0.002 \text{ mg/L}$) y cadmio (0.00138 mg/L) presentan concentraciones muy por debajo de sus límites permisibles, lo que sugiere un bajo nivel de contaminación en el agua analizada. También se observan bajos niveles de cromo (0.00159 mg/L), cobre (0.00079 mg/L) y níquel ($\leq 0.00051 \text{ mg/L}$), los cuales están muy por debajo de los valores críticos de referencia. Sin embargo, el boro (0.5326 mg/L) se encuentra en una concentración relativamente alta, aunque aún dentro del límite permitido (1.5 mg/L). Esto sugiere que, si

bien no representa un problema inmediato, su presencia debe ser monitoreada para evitar que alcance niveles preocupantes.

Tabla 6

Características microbiológicas y parasitológicas del efluente en la PTAR

Parámetro	Unidad De Medida	Resultado De La Muestra	Limite Máxima Permisible - Lmp*	Aceptable
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Total	NMP/100mL	920	0 (*)	NO
Coliformes termotolerantes (Fecales)	NMP/100mL	b<1.8	0 (*)	SI
E. Coli	NMP/100mL	b<1.8	0 (*)	SI
Vibrio Cholerae	Pres. o Aus/100 ml	AUSENCIA	AUSENCIA	SI

Los resultados reflejan que el agua presenta contaminación microbiológica debido a la alta presencia de coliformes totales, aunque no se detectaron microorganismos más peligrosos como Escherichia coli o Vibrio cholerae.

4.1.3 Propuesta de diseño de los componentes para optimizar el funcionamiento

❖ Evaluación del estado actual de parámetros de diseño

Tabla 7

Análisis del desarenador

Parámetro	Valores obtenidos en campo	Normativa OS. 090	Observaciones
Superficie	Cálculo: $(1.44 \times 0.8) + (0.64 \times 2.13) = 4.18 \text{ m}^2$		Ligeramente inferior al diseño establecido
Capacidad volumétrica	4.18 m ³	No se ajusta a la relación entre longitud y profundidad	La altura de 1 metro resulta excesiva en relación con la superficie total
Cantidad de cribas	1 unidad		Se encuentran completamente obstruidas con residuos inorgánicos como plásticos y botellas
Material de las cribas	Barras cilíndricas de acero	Se recomienda barras rectangulares de acero	Las cribas presentan un estado deficiente de conservación, evidenciando corrosión y desgaste

Se presenta el análisis del desarenador, evaluando parámetros como superficie, capacidad volumétrica, cantidad y material de cribas, comparándolos con la normativa OS. 090. Se

identifican deficiencias en el diseño, como una superficie ligeramente menor a la establecida, cribas obstruidas con residuos y un material inadecuado con signos de corrosión y desgaste.

Tabla 8*Análisis del canal de medición y el repartidor de carga(caudal)*

Parámetro	Valores obtenidos en campo	Normativa OS. 090	Observaciones
Dimensiones	$1.3 \times 1.52 \times 1 \text{ m} = 0.67 \text{ m}^3$		Se observan daños en la estructura de concreto
Cantidad de repartidores de caudal	2 unidades		Existen dos dispositivos de distribución de caudal que desembocan en una laguna
Tipo de vertederos	Forma triangular	Circulares o cuadrados	No se adecúa a las especificaciones normativas
Medidas del vertedero	Base: 0.39 m, Lado: 0.69 m, Espesor: 0.15 m, Inclinación: 30°	Se permiten diseños triangulares, cuadrados o circulares	Cumple con los parámetros establecidos en la normativa
Mantenimiento	No se ha realizado mantenimiento	No especificado	Se encuentra en completo abandono y sin mantenimiento adecuado

Se presenta el análisis del sistema de medición y reparto de caudal, comparando los datos tomados en campo con la normativa OS. 090 y resaltando observaciones clave. Se identifican daños en el concreto, y se reporta que los repartidores de caudal son dos, ingresando a una laguna. La forma de los vertederos es triangular, lo que no cumple con la normativa que exige formas circulares o cuadradas. Sin embargo, las dimensiones del vertedero se ajustan a los valores indicados en la norma. Finalmente, se evidencia que no se realiza mantenimiento, encontrándose en un estado de abandono y deterioro.

Tabla 9

Análisis del tanque de sedimentación

Parámetro	Valores obtenidos en campo	Normativa OS. 090	Observaciones
Dimensiones	Largo: 34 m, Ancho: 19 m, Profundidad: no visible	La proporción largo/ancho debe ser de 2	Cumple con la relación dimensional establecida
Cantidad de tanques de sedimentación	1 unidad		Se observa acumulación de lodo en el fondo, debido a la ausencia de un sistema de tratamiento de lodos
Geometría del tanque	Rectangular	Se permiten diseños circulares, rectangulares o cuadrados	Se ajusta a los lineamientos normativos
Mantenimiento	No se lleva a cabo mantenimiento	No especificado en la norma	Presenta signos de abandono y falta de mantenimiento

Se presenta el análisis del tanque de sedimentación, comparando los valores obtenidos en campo con la normativa OS. 090 y destacando observaciones relevantes. Las dimensiones del tanque (34 m de largo y 19 m de ancho) cumplen con la relación dimensional establecida, pero la profundidad no es visible. Se registra la presencia de un solo tanque de sedimentación, el cual muestra acumulación de lodo en el fondo debido a la ausencia de un sistema de tratamiento. La geometría del tanque es rectangular, lo que cumple con la normativa. Sin embargo, no se lleva a cabo mantenimiento, lo que ha generado signos de abandono y deterioro.

Tabla 10*Análisis de la laguna de estabilización*

Parámetro	Valores obtenidos en campo	Normativa OS. 090	Observaciones
Dimensiones	Largo: 35 m, Ancho: 15 m	La relación entre largo y ancho debe ser de 2	Se ajusta a la proporción establecida en la norma
Cantidad de lagunas de estabilización	1 unidad		Cumple con el requerimiento de cantidad
Configuración del tanque	Rectangular	Se aceptan formas circulares, rectangulares o cuadradas	Se encuentra dentro de los parámetros normativos
Mantenimiento	No se efectúan tareas de mantenimiento	No especificado en la norma	Presenta un estado de abandono debido a la falta de mantenimiento

Se muestra el análisis de la laguna de estabilización, comparando los valores obtenidos en campo con la normativa OS. 090 y señalando observaciones clave. Las dimensiones del tanque (35 m de largo y 15 m de ancho) cumplen con la proporción establecida en la normativa. Se registra una unidad de laguna de estabilización, lo que cumple con el requisito de cantidad. La configuración del tanque es rectangular, lo que se encuentra dentro de los parámetros normativos, aunque se aceptan otras formas como circulares o cuadradas. Sin embargo, no se realizan tareas de mantenimiento, lo que ha generado un estado de abandono y deterioro.

❖ **Mejoramiento de la planta de tratamiento**

❖ **Tratamiento preliminar**

Sistemas de Cribado

Dentro de las etapas de tratamiento preliminar de las aguas residuales, se encuentran las cribas, que constituyen una estructura metálica de gran relevancia en el proceso de

depuración. Su función principal radica en la retención y eliminación de materiales sólidos de dimensiones amplias que puedan estar presentes en el flujo de agua residual, evitando así obstrucciones o daños en las fases posteriores del tratamiento.

Este mecanismo actúa como un primer filtro que impide el paso de objetos voluminosos, tales como ramas, plásticos, trapos, piedras y otros residuos de considerable dimensión, permitiendo así que el agua continúe su proceso de purificación sin elementos que puedan comprometer la eficiencia del sistema. Diseñados para maximizar la captura de sólidos y prevenir interferencias en las siguientes etapas del proceso de tratamiento.

Los valores característicos de comportamiento del sistema de cribado en términos de caudal y propiedades físicas son:

- Caudal máximo(Q_{max}): 127.16 litros por segundo, equivalente a 0.13 metros cúbicos por segundo.
- Caudal promedio(Q_{prom}): 57.80 litros por segundo, equivalente a 0.06 metros cúbicos por segundo.
- Caudal mínimo(Q_{min}): 28.90 litros por segundo, equivalente a 0.03 metros cúbicos por segundo.
- Aceleración gravitatoria(g): 9.81 metros por segundo al cuadrado (m/s^2).

Estos datos son esenciales para el diseño y dimensionamiento correcto del sistema de cribado, para anticipar su capacidad de retención y asegurar su funcionamiento eficiente bajo condiciones variables de caudal.

Eficiencia del Sistema (E)

Este indicador se representa con un valor adimensional y en porcentaje, lo que permite interpretarlo como efectividad operativa. En este caso la eficiencia obtenida es de 0.66 o 65.79%, que es la capacidad del sistema para eliminar los sólidos en el agua.

Cálculo de la Velocidad del Flujo sobre las Cribas (V_o)

Para calcular la velocidad del agua sobre las cribas, se ha obtenido 0.46 m/s. Este valor es determinante para asegurar un buen flujo a través del sistema de cribado y lograr una óptima separación de los residuos sin turbulencias que afecten el proceso.

Determinación del Área Útil (A_u)

Área útil: es el área a través de la cual realmente pasa el agua a través de la criba, en función de las condiciones de trabajo. Los valores de este parámetro para diferentes condiciones de caudal son:

- Área útil en condiciones de caudal máximo ($A_u \text{ Max}$): 0.19 metros cuadrados (m^2).
- Área útil bajo condiciones de caudal promedio ($A_u \text{ prom}$): 0.09 metros cuadrados (m^2).
- Área útil en condiciones de caudal mínimo ($A_u \text{ min}$): 0.04 metros cuadrados (m^2).

Estos valores representan la variación del área efectiva de paso de agua a través de la criba en función del caudal que esté circulando en un instante dado.

Determinación del Área Total (A_t)

Área total: es un área que engloba toda la estructura de cribado, incluidas partes que no siempre están en uso, pero que son parte de la superficie por donde puede circular el agua.

Los valores para este parámetro son:

- Área total en condiciones de caudal máximo ($A_t \text{ Max}$): 0.29 metros cuadrados (m^2).
- Área total bajo condiciones de caudal promedio ($A_t \text{ prom}$): 0.14 metros cuadrados (m^2).
- Área total en condiciones de caudal mínimo ($A_t \text{ min}$): 0.06 metros cuadrados (m^2).

Estos valores son determinantes para el diseño y evaluación de la capacidad estructural de la criba y garantizar que pueda soportar el flujo de agua sin fallar.

Longitud del Canal de Cribado (L)

La longitud del canal por donde fluye el agua a través de las cribas es otro elemento a considerar en el diseño. Tras los cálculos, se ha llegado a la conclusión de que la longitud óptima del canal es de 1.35 m, redondeándose para hacerla viable y que encaje con el resto del sistema.

Determinación del Ancho del Canal de Cribado (b)

Después de haber realizado los procedimientos adecuados para poder calcular este parámetro, se ha llegado a obtener un valor aproximado de 0.90 metros (m) para el ancho del canal.

Velocidad Máxima del Flujo en el Sistema de Cribado (V_{max})

La velocidad máxima del flujo a través del sistema de cribado es un factor crítico para el buen funcionamiento del sistema, ya que afecta la eficiencia de captura de sólidos y la estabilidad hidráulica del canal. En este caso se ha definido que la velocidad máxima del flujo sea de 0.30 m/s, de acuerdo al RNE, siendo un valor de referencia de 0.90.

Pérdida de Carga a Través de las Cribas

- Rejas Limpias ($V = 0.30$ m/s)

Cuando las rejillas están limpias (sin residuos), la pérdida de carga se calcula con dos modelos matemáticos:

- Ecuación de Kischmer: Determina una pérdida de carga de 0.00090(m).
- Ecuación de Metcalf y Eddy: Calcula una pérdida de carga de 0.0040(m).
- Rejas Sucias ($V' = 2V = 0.60\text{m/s}$)

Cuando las rejillas presentan una acumulación de residuos considerable, la velocidad del flujo a través de las aberturas aumenta, generando una mayor pérdida de carga. En este caso, los valores obtenidos son:

- Ecuación de Kischmer: La pérdida de carga se incrementa a 0.004 metros (m).
- Ecuación de Metcalf y Eddy: La pérdida de carga aumenta significativamente hasta 0.015 metros (m).

Estas pérdidas de carga reflejan la importancia del mantenimiento regular del sistema de cribado para evitar obstrucciones que podrían generar alteraciones en el flujo y comprometer la eficiencia del sistema de tratamiento.

Determinación de la Longitud de las Varillas o Barrotes (L)

De los cálculos se ha obtenido 0.831 m de largo para cada varilla o barrote. Además, para que el sistema funcione, se ha llegado a la conclusión de que el número ideal de varillas debe ser 11 (10.87 unidades redondeadas).

Este dimensionamiento es fundamental para garantizar el paso adecuado del flujo a través del sistema de cribado y evitar restricciones hidráulicas excesivas.

Desarenador

El desarenador es una estructura importante en el tratamiento de aguas residuales, ya que es el encargado de retener y remover partículas mayores o iguales a 0.20 mm. Esta parte

del sistema separa arenas y otros sólidos inorgánicos pesados que podrían pasar a las siguientes etapas del tratamiento y provocar sedimentación o averías en los equipos.

Datos Básicos del Sistema de Desarenado

Los valores fundamentales que caracterizan el caudal y la altura del flujo en el desarenador son los siguientes:

- Caudal máximo ($Q_{\max}$): 127.16(lt/s), correspondiente a 0.13 metros cúbicos por segundo (m^3/s).
- Caudal promedio (Q_{prom}): 57.80(lt/s), correspondiente a 0.06 metros cúbicos por segundo (m^3/s).
- Caudal mínimo ($Q_{\min}$): 28.90(lt/s), correspondiente a 0.03 metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Las alturas del flujo en diferentes condiciones de operación son:

- Altura máxima ($H_{\max}$): 0.33 metros (m).
- Altura promedio (H_{prom}): 0.20 metros (m).
- Altura mínima ($H_{\min}$): 0.13 metros (m).

Otros parámetros relevantes del diseño incluyen:

- Ancho estándar de la estructura (W): 12 pulgadas.
- Coeficiente K : 0.690.
- Índice de rugosidad de Manning (n): 1.522.

Diseño del Desarenador

Diámetro de Partículas Retenidas (d)

El sistema está diseñado para capturar partículas con un diámetro mínimo de 0.20 milímetros (mm), siguiendo las normativas establecidas en (RNE), Norma OS 090 para PTAR.

Ancho del Desarenador (b)

El ancho del canal del desarenador se determina a partir del balance entre el caudal y la altura del flujo, obteniendo un valor inicial de 1.32 metros (m). Sin embargo, tras realizar los ajustes pertinentes y redondear el resultado, se tomará un valor definitivo de 1.30 metros (m) para el ancho de la estructura.

Número de Varillas o Barrotes (N)

Para garantizar un adecuado proceso de separación de partículas, se ha calculado que el número óptimo de varillas o barrotes dentro del sistema es de 61 unidades. Este diseño permite mejorar la eficiencia de la retención de partículas sin generar una excesiva obstrucción al flujo de agua.

Velocidad del Flujo en el Desarenador

De acuerdo con lo estipulado en la Norma OS 090 del RNE, la velocidad recomendada del flujo dentro del desarenador es de 0.30 metros por segundo (m/s). Este valor es fundamental para garantizar la sedimentación adecuada de las partículas sin generar turbulencias que puedan afectar la eficiencia del proceso.

Longitud del Desarenador (L)

Para asegurar un tiempo de retención suficiente y permitir que las partículas sedimentables sean eliminadas de manera eficiente, se ha determinado que la longitud del desarenador debe ser de 8.20 metros (m).

Figura 11

Diseño del desarenador (transición)

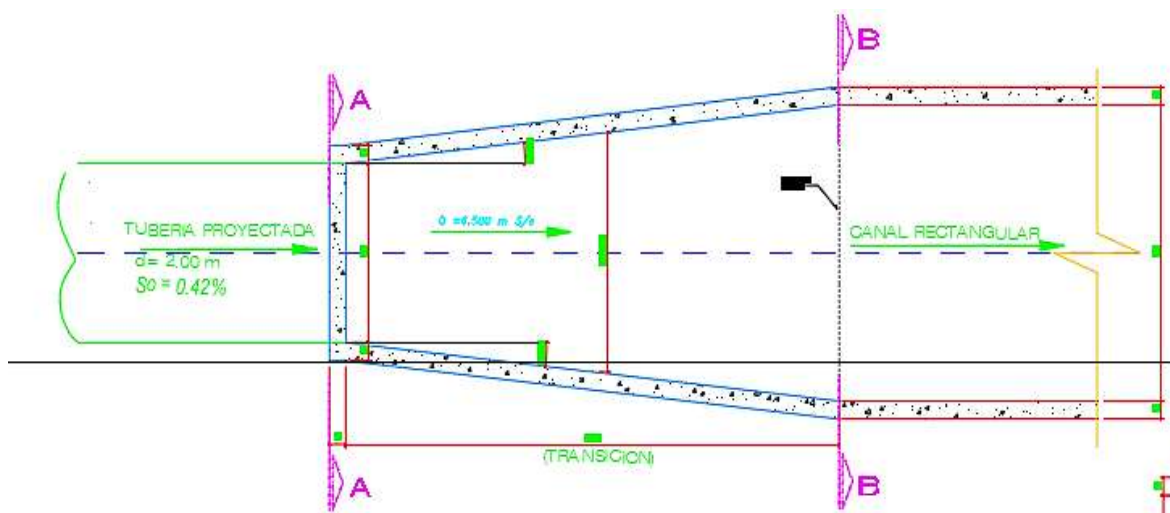


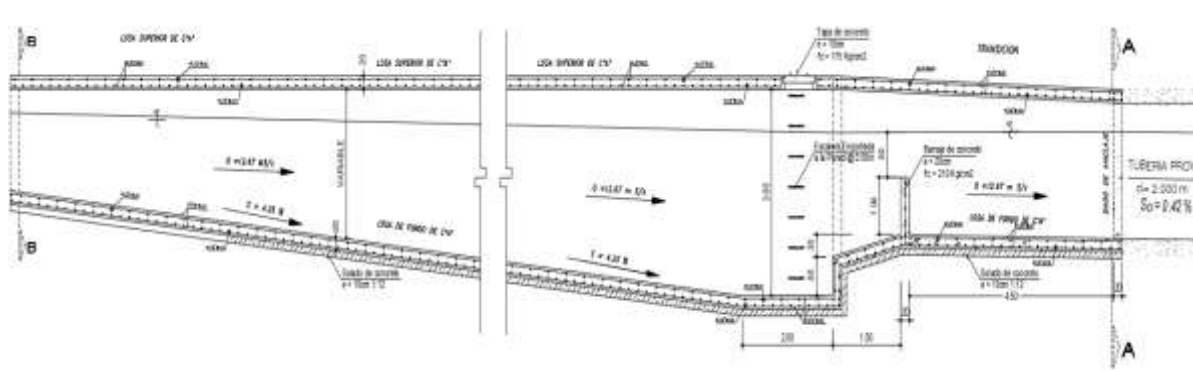
Figura 12

Diseño del desarenador (Planta)



Figura 13

Diseño del desarenador (Elevación)



Diseño del Tanque Sedimentador

Periodo de retención nominal (Pr)

El tiempo de retención nominal se establece en 2 horas, conforme a la Norma OS 090, que recomienda un rango de 1.5 a 2.5 horas.

Volumen del tanque sedimentador (Vol)

El volumen del tanque sedimentador se calcula como:

$$Vol=416.16m^3$$

Longitud del tanque sedimentador (L)

La longitud del tanque sedimentador se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$L=16.08m$$

Proporciones entre largo, ancho y profundidad

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las relaciones dimensionales son las siguientes:

$$L=4A=15P$$

Donde:

- L representa la longitud
- A el ancho
- P la profundidad

A partir de la relación de dimensiones y redondeando los valores, se obtienen las siguientes medidas para el tanque:

- Longitud: $L=16.08m \rightarrow 16.00m$
- Ancho: $A=4.02m \rightarrow 4.00m$

- Profundidad: $P=1.608\text{m} \rightarrow 1.60\text{ m}$

Velocidad horizontal (V_h)

El cálculo de la velocidad horizontal da como resultado:

$$V_h = 9.375 \times 10^3 \text{ m/s}$$

Velocidad de sedimentación (V_s)

La velocidad de sedimentación se determina en:

$$V_s = 9.375 \times 10^4 \text{ m/s}$$

Área superficial del sedimentador (A_s)

La superficie del sedimentador se obtiene mediante la ecuación:

$$A_s = 64.00 \text{ m}^2$$

Inclinación de las paredes de las tolvas (P_t)

De acuerdo con el RNE, para un ángulo de inclinación $\theta=60^\circ$, se obtiene:

$$P_t = 27.71 \text{ m}$$

Volumen de la tolva en forma piramidal (V_t)

El volumen de la tolva se calcula como:

$$V_t = 591.15 \text{ m}^3$$

Caudal promedio (Q_{prom})

El caudal promedio es:

$$Q_{\text{prom}} = 57.80 \text{ l/s} = 0.06 \text{ m}^3/\text{s} = 208.08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Carga superficial (C_s)

De acuerdo con la Norma OS 090, la carga superficial varía entre 24 y 60 m/d, tomando un valor promedio de:

$$Cs=40\text{m/d}$$

Profundidad (P)

La profundidad del sedimentador se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P=3.33\text{m}$$

TRAMPA DE GRASAS

Volumen de grasas y aceites (V_{tga})

Según los análisis de laboratorio, la concentración de grasas y aceites es inferior a 22.80 mg/L, y se considera un periodo de acumulación de 30 días. El volumen de la trampa de grasas se calcula como:

$$V_{tga}=9.77\text{m}^3$$

Proporciones dimensionales

Se aplica la misma lógica utilizada en el tanque de sedimentación para definir las dimensiones de la trampa de grasas:

$$L=4A=10P$$

Dado el volumen conocido, se obtienen las siguientes dimensiones:

- Longitud: $L=7.31\text{m}$
- Ancho: $A=1.83\text{m}$
- Profundidad: $P=0.731\text{m}$

SISTEMA DE AIREACIÓN

Consumo de oxígeno

Los resultados de laboratorio indican una (DQO) de 305.98 mg/L, equivalente a:

$$0.31\text{kg/m}^3$$

El consumo diario de oxígeno se estima en:

$$\text{Consumo}=1.55\text{kg/día}$$

Suministro de aire requerido (SAR)

El suministro de aire necesario se calcula como:

$$\text{SAR}=61.51\text{m}^3/\text{día}$$

DISEÑO DE FILTRO PERCOLADOR

- Caudal promedio (Q_{prom}): $57.80 \text{ l/s} = 4,993.92\text{m}^3/\text{día}$
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): 135.09mg/L

Carga Contaminante (C)

La carga contaminante se calcula como:

$$C=929.63\text{Kg DBO/día}$$

Este valor se encuentra dentro del rango de carga alta según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Carga Orgánica (Corg)

La carga orgánica aplicada en el diseño es:

$$Corg=3.00Kg \text{ DBO}/m^3/día$$

Medio de Soporte (V)

El volumen del medio filtrante se obtiene mediante la ecuación:

$$V=309.88 \text{ m}^3$$

Este valor también cumple con **los criterios de carga alta establecidos en el RNE.**

Profundidad del Filtro

Se ha definido una profundidad de:

$$1.5 \text{ m}$$

Área Superficial (As)

El área superficial del filtro percolador se determina como:

$$As=206.58 \text{ m}^2$$

Dado que se contempla el mantenimiento periódico del sistema, se ha optado por diseñar **dos filtros percoladores**, dividiendo el área total entre ambos:

$$A=103.29 \text{ m}^2$$

Diámetro del Filtro Percolador (D)

Para determinar el diámetro del filtro, se usa la relación:

$$D=11.47 \text{ m}$$

$$\text{Redondeando: } D=11.50 \text{ m}$$

Carga Hidráulica (Ch)

La carga hidráulica resultante es:

$$Ch=24.17 \text{ m}^3/\text{día}$$

Este valor cumple con los parámetros establecidos en el RNE, que recomienda un rango de **8.00 a 40.00 m³/día**.

DBO sin Recirculación

En ausencia de recirculación, la concentración de DBO en el efluente es:

$$\text{DBO sin recirculación}=38.79\text{mg/L día}$$

DBO con Recirculación

Si se implementa recirculación en el sistema, la DBO se reduce a:

$$\text{DBO con recirculación}=28.21\text{mg/L día}$$

Eficiencia del Sistema

La eficiencia de remoción de DBO del filtro percolador se estima en:

$$\text{Eficiencia}=79.12\%$$

DISEÑO DEL LECHO SECADO

Contribución Per Cápit

La cantidad de sólidos suspendidos totales (SST) generada por habitante al día se estima en:

$$C.\text{percapita}=31.72\text{gr SST/hab x día}$$

Sólidos que Ingresa al Sedimentador

El volumen de sólidos suspendidos que ingresan al sedimentador se calcula como:

$$\text{Carga}= 875.35\text{Kg SST/día}$$

MASA DE SÓLIDOS (LODOS) (Msd)

La cantidad de sólidos que conforman los lodos se determina en función de la carga de sólidos y su concentración en el sistema.

Densidad De Los Lodos

La densidad de los lodos se ha definido en:

$$\text{Densidad}=1.05 \text{ Kg/L}$$

Este valor se establece según la Norma OS 090.

Porcentaje De Sólidos-Lodo

De acuerdo con la Norma OS 090, el contenido de sólidos en los lodos es de:

$$\% \text{Slodo}=12.5\%$$

Volumen Diario De Lodo Digerido (Vld)

El volumen de lodo digerido diariamente es:

$$\text{Vld}=2167.52 \text{ L/día}$$

Volumen De Lodos Extraído Del Tanque(Vel)

El volumen total de lodos al ser extraído del tanque se estima en:

$$\text{Vel}=164.73 \text{ m}^3$$

DISEÑO DEL LECHO DE SECADO

Número de Lechos de Secado (#lechos)

Para el adecuado manejo de los lodos, se ha diseñado un sistema con:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de lechos}=2 \text{ unidades}$$



Profundidad(Prof)

La profundidad de aplicación en los lechos de secado se establece en:

$$\text{Profundidad}=0.40 \text{ m}$$

Este valor cumple con los estándares de la Norma OS 090, que recomienda un rango de **0.20 a 0.40 m.**

Área del Lecho de Secado(Als)

El área total de los lechos de secado se calcula como:

$$\text{Als}=411.83 \text{ m}^2$$

Área Unitaria (Au)

El área unitaria por cada lecho de secado es:

$$\text{Au}=205.91 \text{ m}^2$$

Dimensiones del Lecho de Secado

Ancho (A)

De acuerdo con la Norma OS 090, en instalaciones de gran tamaño el ancho mínimo recomendado es de **10 metros**, por lo que se establece:

$$\text{A}=10.00 \text{ m}$$

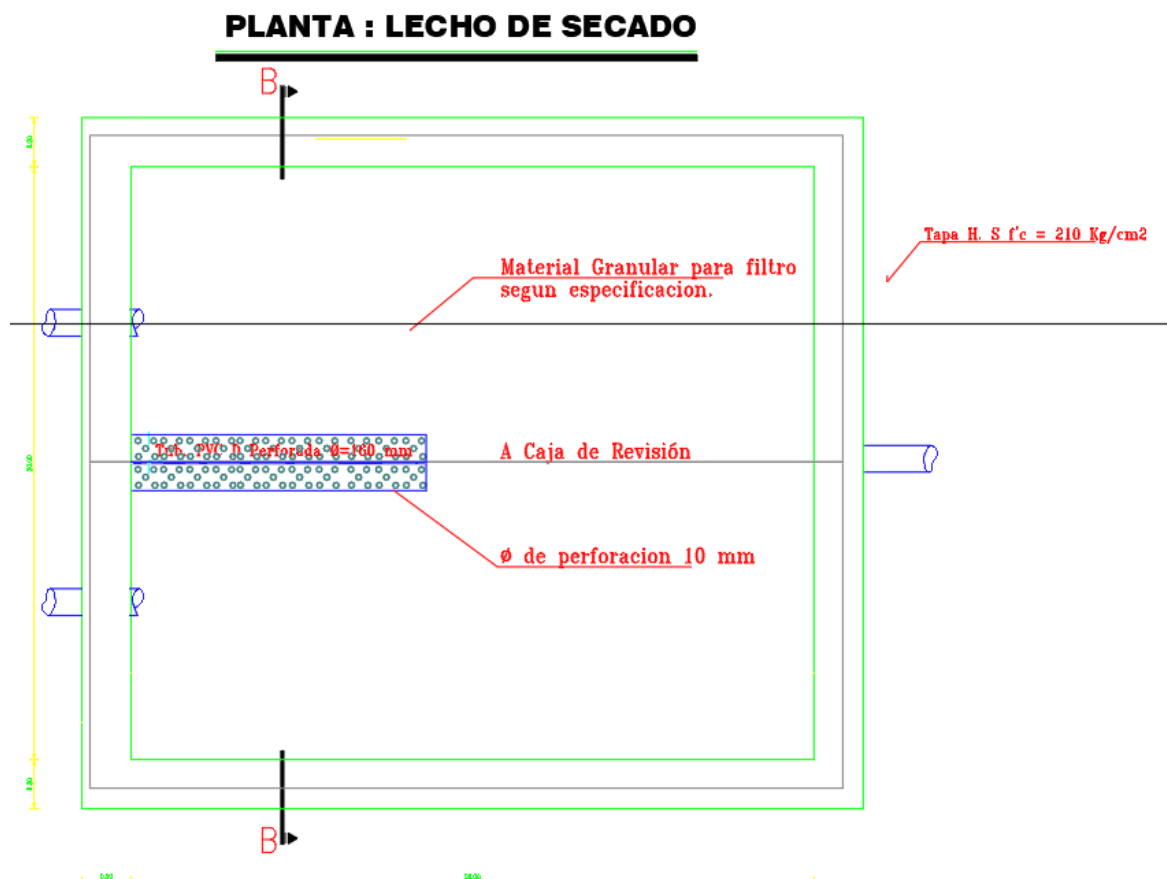
Longitud (L)

La longitud del lecho de secado se define como:

$$\text{L}=20.00 \text{ m}$$

Figura 14

Diseño del lecho de secado



ESQUEMA PARA CÁMARA DE CLORACIÓN

Datos:

- **Tiempo de contacto:** 0.15min
- **Altura de la cámara:** 2.00 m (seleccionada por facilidad en el encofrado)

Cantidad de Sólidos que Entra al Sedimentador

La cantidad de sólidos suspendidos totales (SST) que ingresan al sedimentador es:

$$\text{Carga} = 875.35 \text{ Kg SST/día}$$

Características dimensionales de la Cámara de Cloración

Se ha considerado un diseño de forma **cuadrada**, con una altura de **2.00 m**, lo que facilita el proceso de encofrado. Además, se ha definido que la **longitud y el ancho sean iguales**.

Las dimensiones establecidas son:

- **Altura:** $H=2.00H = 2.00H=2.00$ m
- **Longitud:** $L=5.00L = 5.00L=5.00$ m
- **Ancho:** $A=5.00A = 5.00A=5.00$ m

Estas medidas han sido redondeadas para optimizar la construcción.

Figura 15

Área de contacto

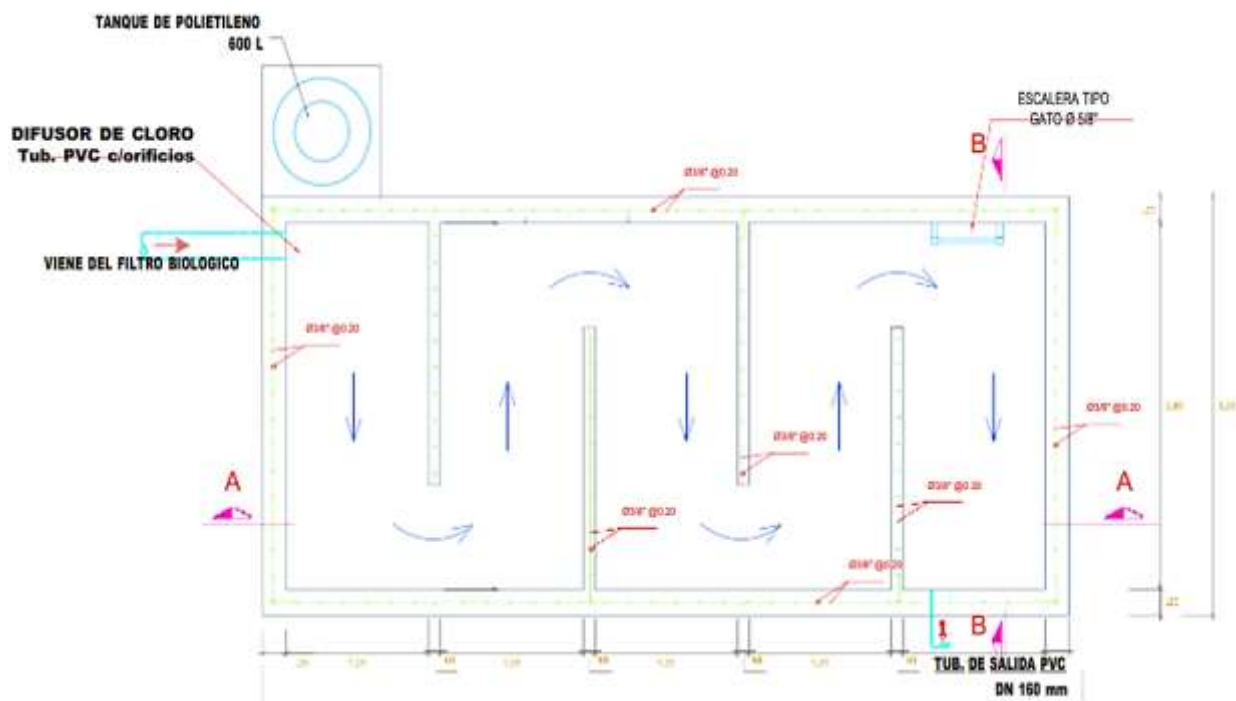
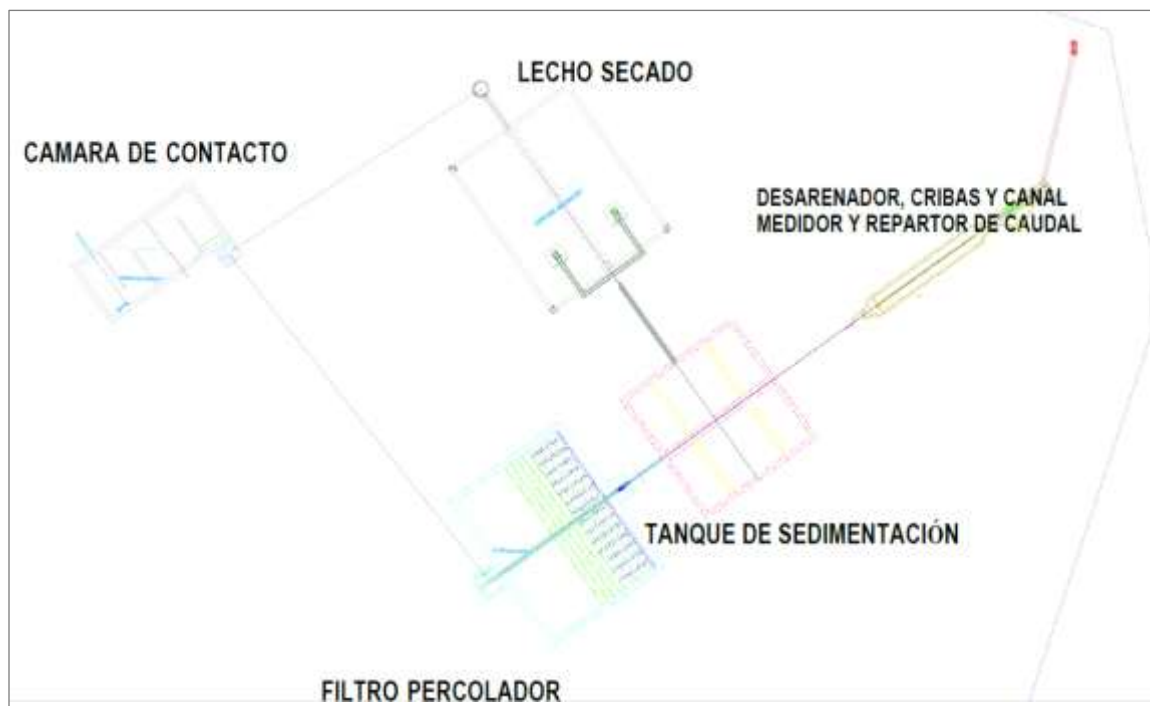


Figura 16*Componentes de la planta de tratamiento*

4.2 Discusión de resultados

Los descubrimientos obtenidos en esta investigación muestran ciertas similitudes y diferencias con los antecedentes revisados en torno a la eficiencia de las (PTAR) en diversas localidades del Perú.

En primer lugar, la investigación de Shapiama (2022) en Chazuta demostró que el uso de cal como coagulante en el proceso de floculación puede mejorar significativamente la calidad del vertimiento de aguas residuales, logrando una eficiencia del 66.59% en la remoción de la (DQO) y del 71.22% en los Sólidos Totales Suspendidos (STS). Asimismo, en el tratamiento con mayor dosis (30 g/L de cal), la remoción de coliformes termotolerantes alcanzó el 78.05%. Estos hallazgos coinciden con la tendencia observada en la literatura respecto a la efectividad de la cal en la remoción de contaminantes, aunque se evidenciaron impactos ambientales como vibraciones y emisiones que deben ser mitigados. En comparación con nuestro estudio, se observa que la eficiencia del

tratamiento depende no solo del coagulante empleado, sino también de la configuración de los procesos de tratamiento.

Por otro lado, la investigación de Pineda (2022) en la comunidad de Huayllabamba resalta la necesidad de una infraestructura adecuada para garantizar un tratamiento eficiente de las aguas residuales. El estudio constató que el sistema de saneamiento del lugar estaba deteriorado y que esto repercutía en la calidad de vida de la población. Como solución, se diseñó un tanque séptico de dos cámaras con un volumen de 13.20 m³, siendo esta una estructura diferente a la usada en la investigación de Shapiama. Esta disparidad destaca la necesidad de ajustar las tecnologías de tratamiento a las circunstancias locales y la disponibilidad de recursos, un punto importante en nuestra investigación.

A nivel local, el estudio de Mendo (2025) en la PTAR Lampa, Puno, encontró una eficiencia regular en el tratamiento de aguas residuales, cumpliendo con los LMP para pH, SST, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, pero fallando en la remoción de DQO y DBO. Aunque estos parámetros disminuyeron después del tratamiento, los valores alcanzados (320 mg/L para DQO y 128 mg/L para DBO) aún superaron los límites permitidos, por lo que el proceso de tratamiento necesita optimizarse. Y esto nos interesa porque demuestra que incluso en plantas de tratamiento en funcionamiento los resultados pueden ser insuficientes para dar cumplimiento a la normativa ambiental.

Finalmente, la investigación de Gallegos (2024) en la PTAR Capachica, Puno, muestra cómo el mantenimiento influye en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales. A pesar de tener una eficiencia del 66.23%, el sistema falló en los límites permitidos para aceites y grasas (32.40mg/L) y sólidos (775mg/L), demostrando la necesidad de un monitoreo y mantenimiento continuos. A diferencia de otros estudios analizados, los resultados indican que no solo se requiere de tecnologías eficientes de tratamiento, sino de programas de mantenimiento que garanticen la funcionalidad de las PTAR en el tiempo.



En síntesis, los antecedentes analizados reflejan que, si bien existen diferentes estrategias para el tratamiento de aguas residuales, en muchos casos persisten deficiencias en la remoción de materia orgánica y contaminantes específicos. Además, los estudios resaltan la importancia de adaptar las tecnologías a las condiciones locales y establecer medidas complementarias de mitigación ambiental para reducir el impacto de los vertimientos. Estas observaciones son fundamentales para nuestro estudio, ya que permiten contextualizar nuestros hallazgos dentro de un marco más amplio de gestión de aguas residuales en el Perú.

CONCLUSIONES

General, la planta de tratamiento de Lizacia, diseñada para 1 596 habitantes y con 20 años de vida útil, opera con un caudal promedio de 5.422 L/s y picos de hasta 5.976 L/s en horas punta (6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m.), lo que sugiere la conveniencia de incorporar tanques de regulación o ajuste de caudal para absorber las fluctuaciones matutinas y vespertinas; aunque los parámetros físico-químicos del efluente (pH 6.56; DBO 1 mg/L; DQO 3.6 mg/L; grasas 0.4 mg/L; metales inorgánicos dentro de los límites) cumplen con la normativa, la elevada concentración de coliformes (920 NMP/100 mL) evidencia la necesidad de un tratamiento terciario de desinfección para garantizar la calidad microbiológica del vertido.

Primera, se determina que el caudal promedio a lo largo del día es de 5.422 l/s, con variaciones significativas en diferentes horarios. Se observa que los valores máximos de caudal ocurren en tres momentos clave del día: a las 6:00 a.m., cuando inicia la jornada; entre las 11:00 a.m. y las 3:00 p.m., periodo en el cual se registra el mayor valor con 5.976 l/s a las 12:00 p.m.; y finalmente, a las 6:00 p.m., donde el caudal vuelve a presentar un leve incremento. Por otro lado, los valores más bajos se registran en las primeras horas de la mañana y en la tarde, particularmente entre las 8:00 a.m. y las 10:00 a.m., así como después de las 3:00 p.m.

Segunda, el análisis de la calidad del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia reveló los siguientes parámetros físico-químicos: un pH de 6.56, una DBO de 1 mg/L, una DQO de 3.6 mg/L y una concentración de aceites y grasas de 0.4 mg/L. En cuanto a los compuestos inorgánicos, se detectaron elementos como uranio, arsénico y mercurio, cuyos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, lo que indica que no representan un riesgo significativo. Sin



embargo, en el análisis microbiológico, se evidenció una concentración de coliformes de 920 NMP/100 ml, un valor que excede los estándares de calidad aceptables.

Tercera, la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia cuenta con los siguientes componentes: un tratamiento primario mediante un tanque sedimentador, un tratamiento secundario basado en un filtro percolador y un tratamiento de lodos. El diseño de la planta ha sido proyectado para abastecer una población de 1,596 habitantes y cuenta con un periodo de vida útil estimado de 20 años. Además, su distribución y configuración se adecúan correctamente al área de terreno disponible.

RECOMENDACIONES

Primera, es conveniente colocar un tanque de ecualización de caudales para amortiguar las oscilaciones hidráulicas y, además, un sistema terciario de desinfección (lámparas UV o cloración controlada) a la salida del filtro percolador, asegurando la reducción de coliformes y el cumplimiento permanente de las normas microbiológicas del efluente.

Segunda, se recomienda realizar estudios a lo largo de diferentes estaciones del año para evaluar si existen variaciones en el caudal promedio diario, lo que permitiría optimizar el diseño hidráulico de la planta y mejorar la eficiencia del tratamiento.

Tercera, se recomienda continuar con el monitoreo de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del efluente, en especial el pH, DBO, DQO y coliformes, para evaluar la efectividad del tratamiento y determinar si es necesario realizar ajustes en los procesos.

Cuarta, se sugiere realizar estudios sobre el impacto ambiental del efluente vertido en cuerpos de agua receptores o su posible reutilización en actividades agrícolas, a fin de promover una gestión más sostenible de los recursos hídricos.



BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Benites, M. A., Arakaki Vega, K. E., Gomez Elias, J. P., Pajares Rojas, C. A., Serrano Chuima, M. R., Vega Melgarejo, C. A., & Zuñiga Tintaya, G. (2024). *Planta de tratamiento de aguas residuales municipales de la ciudad de Juliaca—Puno*. <https://hdl.handle.net/20.500.12640/4199>
- Aquino Lujan, K. D., & Barrientos Palomino, J. E. (2022). Propuesta de mejoramiento integral para el tratamiento y uso de aguas residuales para reducir la contaminación proveniente de PTAR “El Pedregal”, Chinchá.
- Arias Tito, J. C. (2023). Características físico-químicas y microbiológicas del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Chucuito – Puno 2022.
- Calderon Tintaya, R., & Apaza Vargas, C. A. (2023). *Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento básico en las comunidades campesinas de Llutu y Ttiomayo, distrito de Andahuaylillas-Quispicanchi-Cusco—2019*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7169>
- Campoverde, P. A. A., Campoverde, G. A. A., Cabrera, J. C. B., & Capelo, E. P. P. (2024). EVALUACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COMUNA GALAYACU DEL CANTÓN PASAJE. *Revista Ciencia y Construcción*, 5(1), Article 1.
- Carrasco Sotomayor, J. I. (2022). Evaluación y propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, distrito de Poroy, Cusco-2022. *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22384>
- Chate Pareja, A. (2024). *Evaluación, mejoramiento y rediseño de la planta de tratamiento de agua residual Acobamba—Huancavelica 2017*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6384>



Duarte Díaz, J. J. (2024). *Evaluación de la eficiencia en el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual objeto de estudio del municipio de Palmas del Socorro, Santander.*

<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/15625>

Fonseca Prado, K. A., & Coleman Barrow, E. X. (2021). *Evaluación de la eficiencia de las plantas flotantes Eichhornia crassipes y Pistia stratiotes, en el proceso de transferencia de oxígeno para el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales provenientes de la granja demostrativa de peces de la UNA.* [Engineer, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4600/>

Gallegos Saravia, C. R. (2024). *Análisis de los parámetros físico-químicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica—Puno 2023.* *Universidad Privada San Carlos.*

<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/750>

Lindado Barrios, A. J. (2023). *Mejoramiento en la recolección de aguas residuales en la estación de bombeo (EBAR) del municipio de Sabanas de San Angel Magdalena.*

<https://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/12321>

Lopez Moreno, M. S., & Fuentes Sandoval, M. C. (2022). *Díagnóstico y Propuesta de Mejoramiento para el estado Actual de la Planta de Tratamiento de Agua Residual en el Batallón de Policía Naval No. 70 Ubicada en la Ciudad de Bogotá D.C.*

<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/12000>

Mendo Belizario, L. N. (2025). *Evaluación de la eficiencia de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lampa, Puno 2024.* *Universidad Privada San Carlos.* <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1129>

Montalban Ancagima, J. C. I., & Sullón Sandoval, A. J. (2021). *Propuesta de mejoramiento de planta de tratamiento de agua potable, Caserío San Juan de la Virgen, Ignacio Escudero, Sullana- Piura.* *Repositorio Institucional - UCV.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75318>



- Orozco Useche, O. J. (2022). *Díagnóstico y alternativas de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) de la planta COMFENALCO de Ibagué-Tolima*.
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5524>
- Pineda Quispe, J. F. (2022). Evaluación y mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales y su influencia en la condición sanitaria en la comunidad de Huayllabamba, distrito de María Parado de Bellido, provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho – 2020. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/25089>
- Rodríguez Linares, M. S. (2021). *Análisis de la eficiencia y propuesta de alternativas en el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua*.
<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4456>
- Rodriguez, Y. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik.
- Romero Adanaque, J. S. (2021). Mejoramiento del sistema de alcantarillado en los sectores de upaca, santa maria y san martin, distrito de Pativilca – Barranca – Lima; meta li planta de tratamiento de desagues y conexiones domiciliarias – 2017. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*.
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/5677>
- Saavedra Serrato, I. Y. (2021). *Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable y aguas residuales en la localidad de Frias, Ayabaca Piura*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3747>
- Sánchez, G., Ramírez, J., James, A., Deago, E., & Villarreal, J. (2021). Evaluación del potencial de lodos orgánicos carbonizados de una planta de tratamiento de aguas residuales para el mejoramiento de suelos. *Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología – APANAC*, 292-299. <https://doi.org/10.33412/apanac.2021.3198>



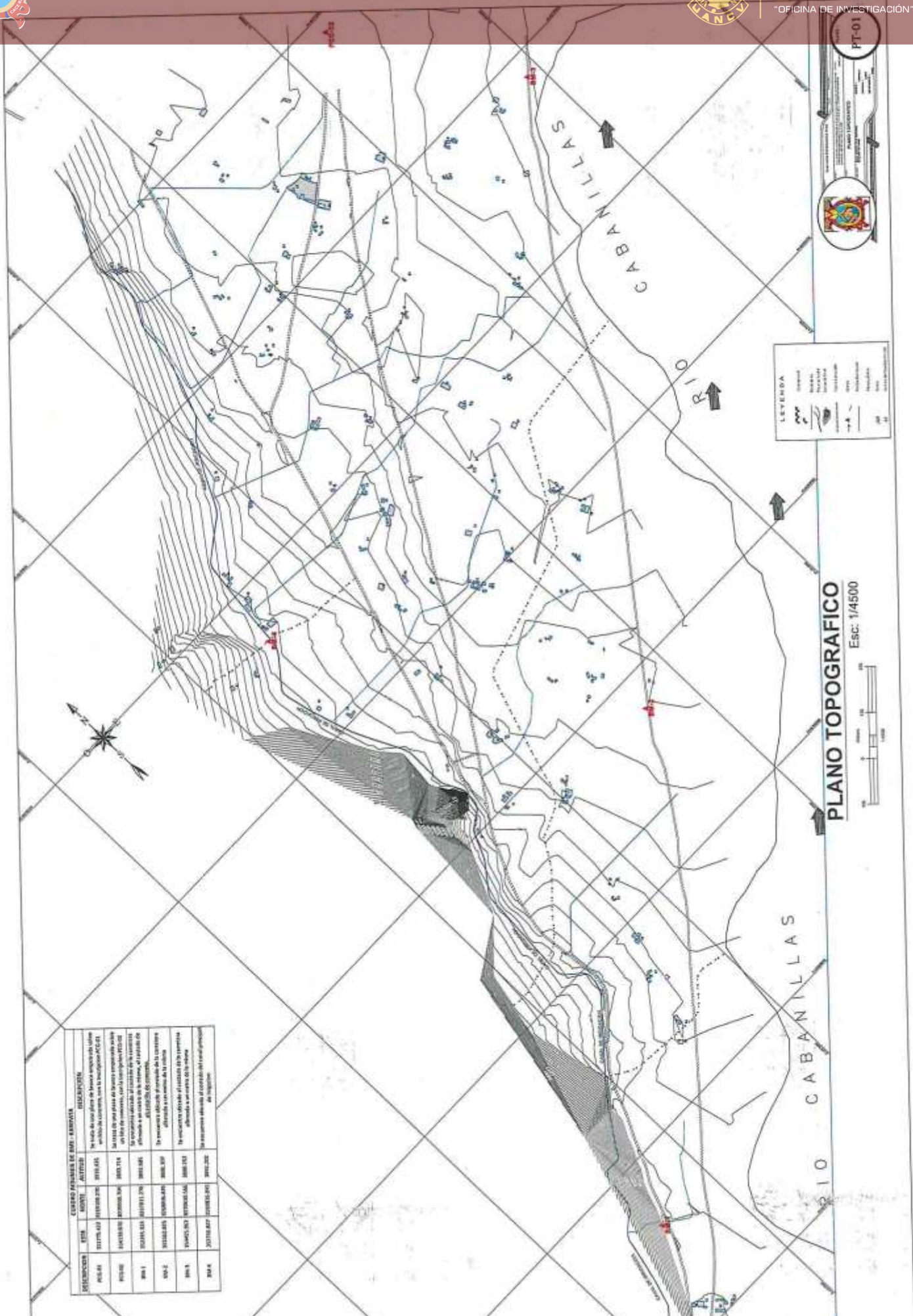
- Shapiama Garcia, F. (2022). Mejoramiento del vertimiento de aguas residuales en la PTAR, mediante el uso de floculante, Chazuta, Perú, 2021. *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10871>
- Sifuentes Farfan, A. F. (2022). Mejoramiento del sistema de saneamiento y planta de tratamiento con uso de control remoto de procesos en Sancos, Ayacucho 2022. 3
- Torres Fernández, M. E. (2023). *Diseño de la línea de conducción de las aguas servidas y la línea de descarga de aguas tratadas, para el proyecto: "Mejoramiento y ampliación del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de los anexos de Cochate, El Monte y La Real, distrito de Aplao, provincia de Castilla, región Arequipa*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12741>
- Torres-Mendoza, K. E., Macas-Mendoza, D. R., Lara-Tambaco, R. M., & León-Araujo, M. E. (2023). Estudio técnico para mejoramiento del proceso de tratamiento de aguas oleosas descargadas al Río Teaone por la Central Termoesmeraldas II. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.593>
- Tudela-Mamani, J. W. (2017). Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú).
- Vásquez Farfán, M. Á. (2021). Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en la Microcuenca de Qochacmayo, Distrito Quiquijana, Provincia Quispicanchi.
- Velasquez Apaza, R. (2023). Evaluación de la calidad y cantidad de agua residual para el diseño de la planta de tratamiento de la localidad de Capazo, Puno—2022.
- Villalta Yupanqui, D. W., & Lévano Velásquez, W. C. (2021). Mejoramiento de las PTAR de uso minero usando un sistema integrado de clarificación de agua de 3 procesos, mina Coimolache—Cajamarca.

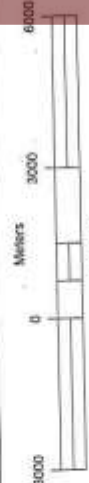
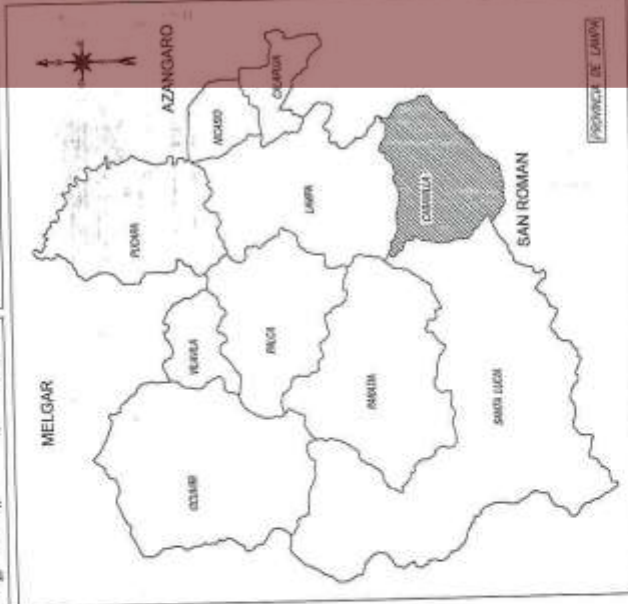
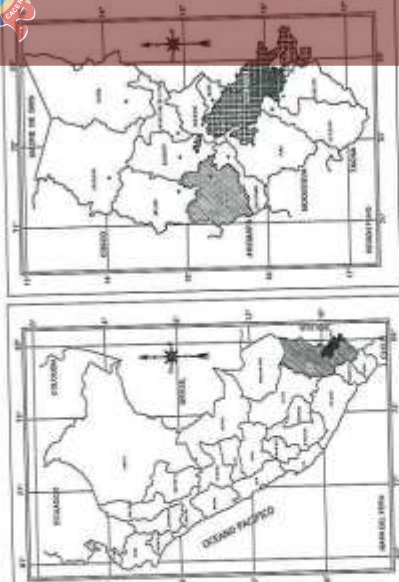
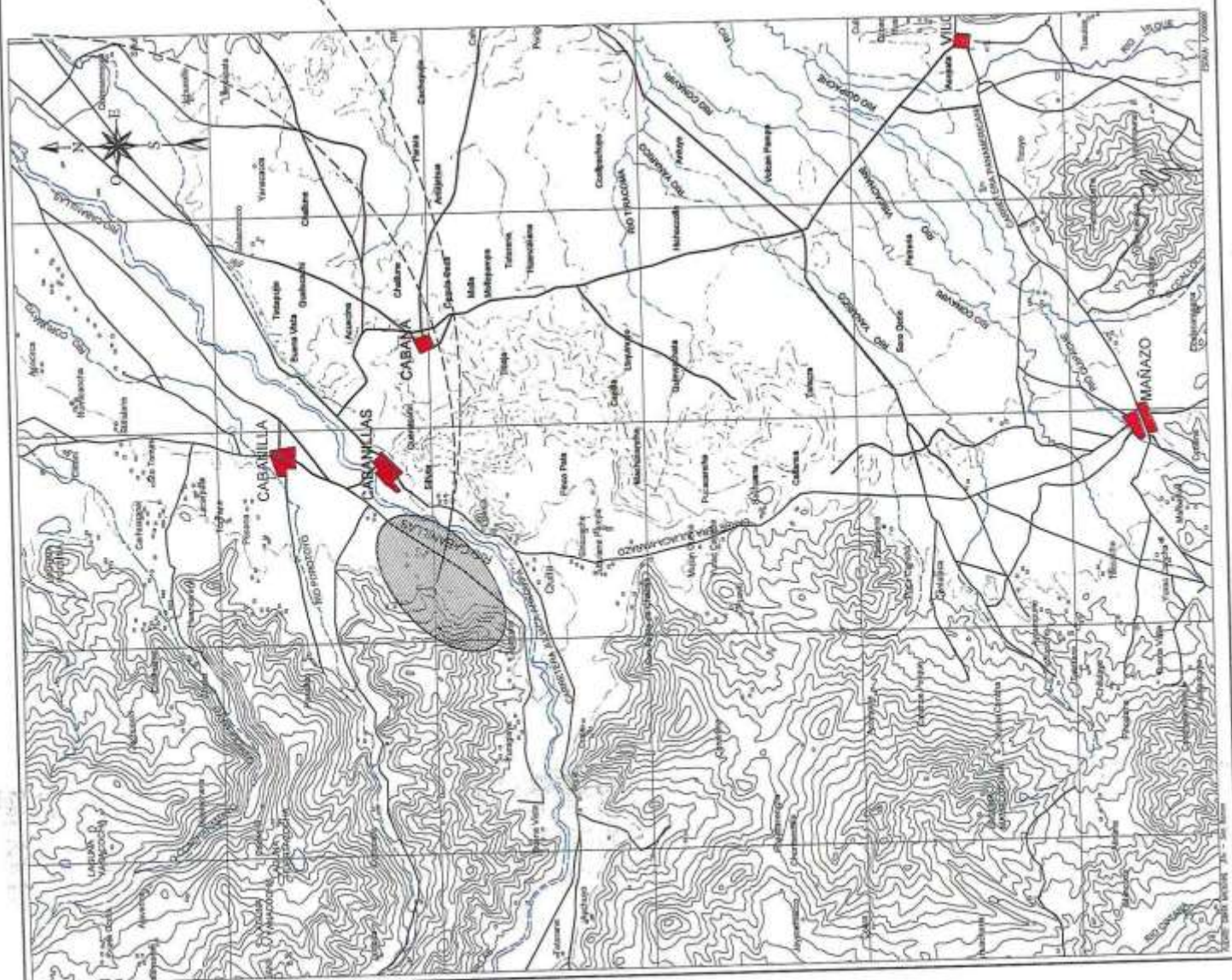


ANEXOS



EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cuál es la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales y cuál es la propuesta de mejoramiento de la capacidad en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025?	Objetivo General: Evaluar la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales y cuál es la propuesta de mejoramiento de la capacidad en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025.	Hipótesis General: La operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla presentara deficiencias que pueden ser optimizadas mediante una propuesta de mejoramiento de su capacidad.	Variable de Caracterización Operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales. Dimensiones: 1. Caudal del afluente y efluente. 2. Calidad del agua tratada. Variable de Interés Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. Dimensiones: 1. Diseño de mejoras en infraestructura.	 - Medición con caudalímetro - Análisis físico-químico en laboratorio - Pruebas microbiológicas en laboratorio. - Simulación y modelamiento del sistema. - Análisis comparativo antes y después de la propuesta.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuál es la variación horaria del caudal en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante la recolección y análisis de datos de caudal en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025? ¿Cuál es la calidad del efluente según la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025? ¿Cuál es la propuesta de diseño de los componentes para optimizar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025?	Analizar la variación horaria del caudal en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante la recolección y análisis de datos de caudal en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025. Determinar la calidad del efluente según la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025. Proponer una propuesta de diseño de los componentes para optimizar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia del distrito de Cabanilla 2025.	Existirá una variación horaria significativa en el caudal del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia, lo que puede afectar su eficiencia operativa. La calidad del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina de Lizacia no cumplirá con los estándares ambientales establecidos, debido a inadecuados procesos de tratamiento. La optimización del diseño de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales permitirá mejorar su funcionamiento y aumentar su capacidad de tratamiento en la comunidad campesina de Lizacia.		





1:100000



DANIEL AGUIRRE PACHA YAN

PLAN TOPOGRAFICO

PLAN TOPOGRAFICO

PROVINCIA DE LAMPA

DISTRICTO DE LAMPA

CABANILLAS

PLAN TOPOGRAFICO

PROVINCIA DE LAMPA

DISTRICTO DE LAMPA

CABANILLAS

PLAN TOPOGRAFICO

PROVINCIA DE LAMPA

DISTRICTO DE LAMPA

CABANILLAS

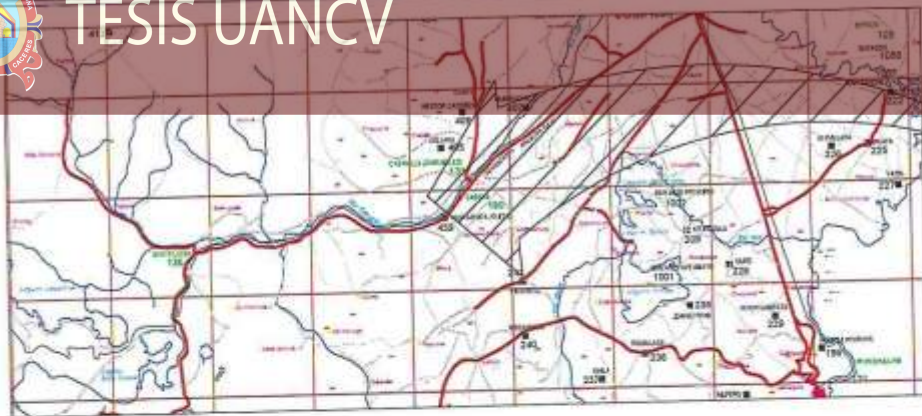
PLAN TOPOGRAFICO

PROVINCIA DE LAMPA

PT-0



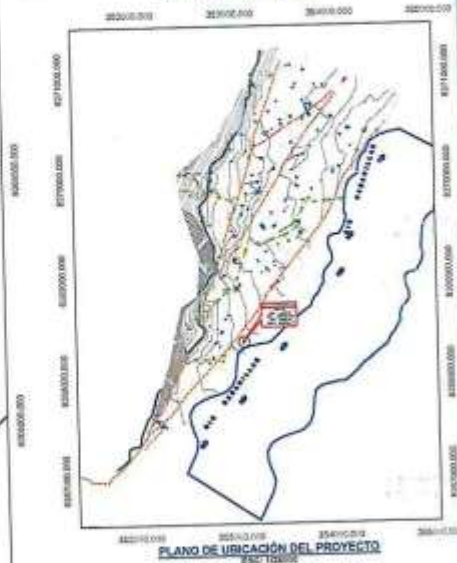
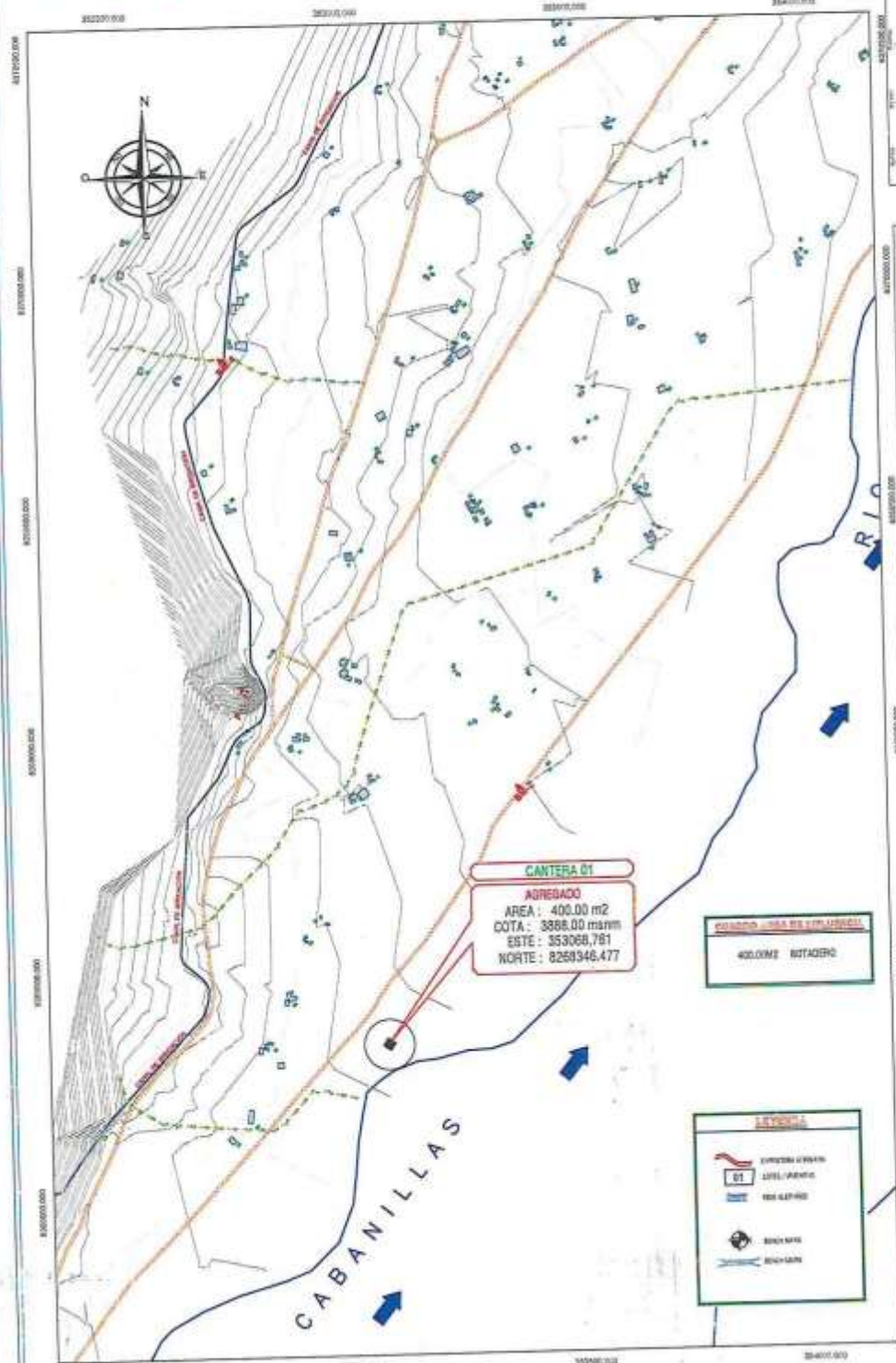
VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



PLANO DE UBICACIÓN DE LA REGIÓN P.M.C.



MAPA POLITICO DEL PERU



PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



PT-01



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 14-11-2015

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DANY JHON POCOHUANCA YANA

Dirección: Jr. 2 DE MAYO 627

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70293021

Teléfono: 917 523 204 email: Danyjhonrey@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD EN LA COMUNIDAD

CAMPESINA DE LIZACIA DEL DISTRITO DE CABANILLA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): OPERATIVIDAD, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EVALUACIÓN
DEL CAUDAL Y PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____

☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

☐ Sí autorizo

☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☒ Internacional

☐ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17


Firma de Autor



huella digital

14-11-2025

Fecha