



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA
EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE
SANEAMIENTO SEDAJULIACA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

JULIACA – PERÚ

2025



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA
EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE
SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

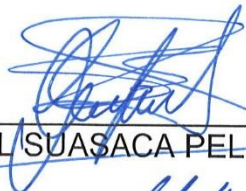
Bach. RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

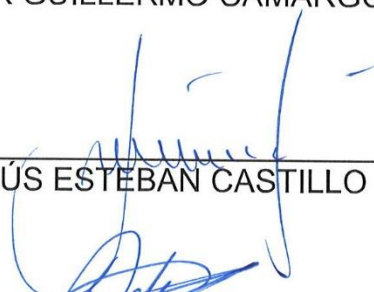
PRIMER MIEMBRO

:


Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:


Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 1734-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12721 presentado por el (la) Bachiller: **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** 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. **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

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 merito 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. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : martes 23 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 09:30 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 Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730cc.
Archivo
interesado (u)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. César G. Camargo Najjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1484-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-10933 por el señor (a): **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1056-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 075 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPISA** 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): **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

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 **M.Sc. Jesús Esteban Castillo Machaca** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 075 - 2025 **aprobandó** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

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): **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

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 Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 32730cc.
Archivo
interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1180-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 30 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-8230, presentado por el señor (a) **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 859-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 068-2025 del integrante del comité de investigación **EPISA** 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): **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

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 **M.Sc. Jesús Esteban Castillo Machaca** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 068-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 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): **RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

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 **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

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 Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASDr. OSCAR V. VIANORTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)



DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

3%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Andrés Bello

Trabajo del estudiante

<1%

5

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

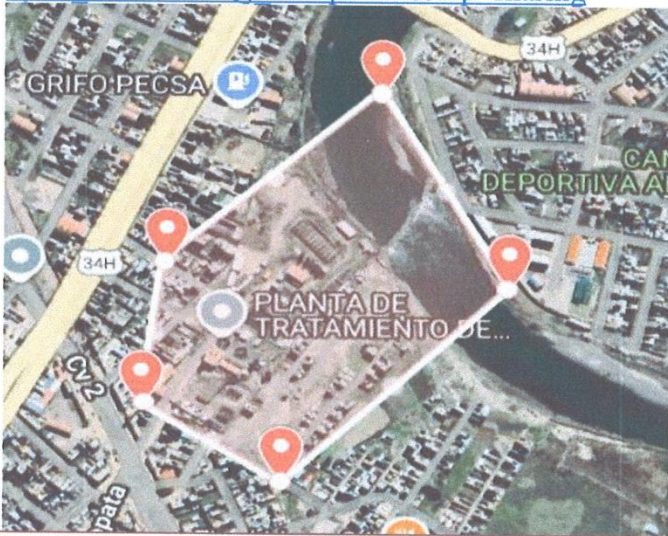
<1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42088294
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-7433-7679
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	01323821
Datos de investigación	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: 15°24'27"S Longitud: 70°07'37"O URL Maps: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1FdupW_QKC_-RAmeics-Qj_eN4qSrlfM&usp=sharing 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2025 - Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



UNIVERSIDAD ANDINA "MESTRADOR CACERES DEL ALBAZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS, identificado con DNI
Nro. 42088294, en mi condición de egresado de:

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

"INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL"

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

" DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

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 29 de DICIEMBRE del 2025


Firma del Asesor


Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

A la divinidad, por acompañarme
incesantemente en mi camino y concederme
la oportunidad de alcanzar mis metas.

A mis progenitores, por ser la inspiración para
perseverar y mostrarme que con paciencia y
esfuerzo todo es posible.



AGRADECIMIENTO

Al creador, por concederme paciencia y fortaleza para continuar con mi trayectoria profesional.

A mis progenitores, por su apoyo incondicional en todo instante de mi vida, por inculcarme principios y colaborar en mi desarrollo personal y profesional.

A la UANCV por contribuir a mi desarrollo profesional, así como a todos los profesores que me transmitieron sus saberes y me respaldaron para avanzar constantemente.

Al tribunal evaluador y a mi tutor, por su respaldo, contribuciones y recomendaciones a lo largo de la realización del estudio.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.	1
1.2. Planteamiento del problema.	3
1.2.1.Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1.Objetivo general.....	3
1.3.2.Objetivos específicos	3
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1.Justificación Practica	4
1.4.2. Justificación social	5
1.4.3. Justificación ambiental.....	5
1.4.4. Justificación Económica	6
1.5. Hipótesis de la investigación	7
1.6. Variables	7



1.6.1. Variable de caracterización	7
1.6.2. Variable de interés	7
1.7. Operacionalización de variables.....	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	15
2.1.3. Antecedentes regionales	19
2.2. Bases teóricas	22
2.2.1. Agua.....	22
2.2.2. Importancia del agua	23
2.2.3. Calidad de agua.....	24
2.2.4. Agua potable	25
2.2.5. Plantas de Tratamiento de Aguas	25
2.2.6. Principales procesos en el tratamiento de agua potable.....	26
2.2.7. Planta de filtración rápida	27
2.2.8. Clasificación por el tipo de tecnología utilizada.....	30
2.2.9. PTAP y funcionamiento técnico.....	31
2.2.10. Diagnóstico de Plantas de Tratamiento de Agua Potable.....	36
2.2.11. Operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua Potable	37
2.2.12. Riesgos sanitarios por fallas en Plantas de Tratamiento de Agua Potable	40
2.3. Marco conceptual.	42



2.3.1. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).....	42
2.3.2. Proceso de potabilización/.....	42
2.3.3. Captación de agua superficial	42
2.3.4. Mezcla rápida.....	42
2.3.5. Floculación	43
2.3.6. Sedimentación	43
2.3.7. Sedimentación con lamelas	43
2.3.8. Filtración rápida	43
2.3.9. Desinfección	43
2.3.10. Diagnóstico de PTAP	44
2.3.11. Comparación técnica con normas y literatura especializada	44
2.3.12. Eficiencia del proceso de potabilización.....	44
2.3.13. Propuesta de mejorar de la PTAP	44

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación.....	45
3.2. Tipo de investigación	45
3.3. Nivel de investigación	46
3.4. Enfoque de investigación	46
3.5. Población y muestra	47
3.5.1. Población	47
3.5.2. Muestra	47
3.6. Materiales y equipos.....	47
3.7. Técnicas e instrumentos.....	48
3.7.1. Técnicas.....	48



3.7.2. Instrumentos	50
3.8. Lugar de estudio	51
3.9. Procedimiento metodológico:	53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados	59
4.1.1. Describir los componentes actuales del proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca.	59
4.1.2. Comparar el proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca con el proceso estándar de una planta de tratamiento convencional, según normativa o literatura especializada.	86
4.1.3. Formular una propuesta de mejora del proceso de potabilización de la PTAP basada en las limitaciones identificadas en el diagnóstico.	99
4.2. Discusiones	110
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS.....	125



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la presente investigación.	8
Tabla 2 Parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad del agua.....	25
Tabla 3 Límites de calidad del agua para tratamiento mediante Filtración Rápida Completa.	29
Tabla 4 Límites de calidad del agua para tratamiento mediante Filtración Directa.	30
Tabla 5 Relación entre fallas de mantenimiento y efectos operativos en una PTAP.	39
Tabla 6 Riesgos sanitarios asociados a fallas en el tren de tratamiento de una PTAP.	41
Tabla 7 Coordenadas UTM de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca.	52
Tabla 8 Características del componente de captación de la PTAP SEDA Juliaca.	61
Tabla 9 Características de los equipos de bombeo de agua de la PTAP SEDA Juliaca.	62
Tabla 10 Características de las líneas de impulsión de la PTAP SEDA Juliaca.	64
Tabla 11 Características de las líneas de impulsión de la PTAP SEDA Juliaca.	67
Tabla 12 Características del floculador de la PTAP SEDA Juliaca.	70
Tabla 13 Características de los sedimentadores de la PTAP SEDA Juliaca. ...	72



Tabla 14 Condiciones y características de las Unidades Compactas de la PTAP SEDA Juliaca.	73
Tabla 15 Características de los Filtros Rápidos de la PTAP SEDA Juliaca.	75
Tabla 16 Características del Sistema de Cloración de la PTAP SEDA Juliaca.	77
Tabla 17 Características de las Cisternas de Almacenamiento de la PTAP SEDA Juliaca.	78
Tabla 18 Características de la Subestación y Casa de Fuerza de la PTAP SEDA Juliaca.	79
Tabla 19 Características de los equipos de bombeo – Sala de Impulsión 01.	80
Tabla 20 Características de la Sala de Impulsión 02 de la PTAP SEDA Juliaca.	82
Tabla 21 Características de las Líneas de Impulsión de la PTAP SEDA Juliaca.	83
Tabla 22 Características de los Reservorios Existentes – PTAP SEDA Juliaca.	84
Tabla 23 Metrado de Redes de Agua – PTAP SEDA Juliaca.	85
Tabla 24 Comparación del proceso de potabilización de la PTAP SEDA Juliaca frente al proceso estándar según DIGESA, CEPIS y AWWA.	87
Tabla 25 Comparación de la etapa de mezcla rápida entre el proceso estándar y la PTAP SEDA Juliaca.	89
Tabla 26 Comparación de la etapa de floculación entre el proceso estándar y la PTAP SEDA Juliaca.	90
Tabla 27 Comparación de la etapa de sedimentación entre el estándar técnico y la PTAP SEDA Juliaca.	91



Tabla 28 Comparación de la etapa de filtración entre el estándar técnico y la PTAP SEDA Juliaca.	93
Tabla 29 Comparación de la etapa de desinfección según estándares técnicos y la PTAP SEDA Juliaca.	94
Tabla 30 Comparación del sistema de almacenamiento y distribución según estándares técnicos y la PTAP SEDA Juliaca.	95
Tabla 31 Resultado global de cumplimiento del proceso de potabilización de la PTAP SEDA Juliaca respecto a estándares de diseño.	97
Tabla 32 Problemas identificados y propuestas de mejora en la captación. ..	100
Tabla 33 Problemas identificados y propuestas de mejora en la mezcla rápida.	101
Tabla 34 Problemas identificados y propuestas de mejora en floculación.....	102
Tabla 35 Problemas identificados y propuestas de mejora en sedimentación convencional.	103
Tabla 36 Problemas críticos identificados en el Sedimentador de Finos N.º 01 y justificación técnica.	104
Tabla 37 Propuesta técnica de instalación de lamelas y mejoras esperadas.	106
Tabla 38 Problemas identificados y propuestas de mejora en filtración.	108
Tabla 39 Problemas identificados y propuestas de mejora en desinfección...	108
Tabla 40 Problemas identificados y propuestas de mejora en conducción y distribución.	109



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de una Planta de Tratamiento de Agua Potable.	26
Figura 2 Ubicación geográfica de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca.	52
Figura 3 Tubería de captación de la PTAP SEDA Juliaca.....	60
Figura 4 Sedimentador de gruesos de la PTAP SEDA Juliaca.	66
Figura 5 Canal Parshall de la PTAP SEDA Juliaca.	67
Figura 6 Floculador Hidráulico de la PTAP SEDA Juliaca.....	69
Figura 7 Sedimentadores de Finos de la PTAP SEDA Juliaca.	71
Figura 8 Unidades Compactas de la PTAP SEDA Juliaca.	73
Figura 9 Filtros Rápidos de la PTAP SEDA Juliaca.	74
Figura 10 Sistema de Cloración de la PTAP SEDA Juliaca.	76
Figura 11 Sala de Impulsión 02 de la PTAP SEDA Juliaca.....	81



RESUMEN

El estudio se planteó como propósito efectuar el diagnóstico y elaborar una propuesta de optimización de la Planta de Procesamiento de Agua Potable de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento SEDA Juliaca, 2025. La metodología aplicada correspondió a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, diseño no experimental y nivel descriptivo, desarrollando un procedimiento basado en observación directa, registro fotográfico y análisis comparativo con estándares técnicos: DIGESA, CEPIS, AWWA, Metcalf y Eddy, ejecutado durante los días 13, 14 y 15 de octubre de 2025. Los resultados evidenciaron que varias unidades del proceso de potabilización presentaban limitaciones estructurales y operativas: la captación registró turbidez promedio de 3 UNT y ausencia de desarenador, la mezcla rápida carecía de unidad operativa, el floculador funcionaba con flujo ahogado, los sedimentadores mostraron fisuras y válvulas deterioradas, los filtros rápidos tenían retro lavado deficiente, y el sistema de cloración operaba de forma manual con equipos deteriorados. La comparación respecto a plantas convencionales mostró incumplimientos en más del 70 % de los criterios evaluados, lo que justificó la proposición de perfeccionamiento fundada en la ejecución de lamelas en los sedimentadores de finos N.º 01, la automatización de la dosificación, la rehabilitación de filtros y la optimización del pretratamiento. Concluyendo que la PTAP SEDA Juliaca requiere intervenciones prioritarias para optimar su eficacia operativa y garantizar la sostenibilidad del servicio, proponiéndose mejoras técnicas viables.

Palabras clave: PTAP, diagnóstico, potabilización, propuesta de mejora, SEDA Juliaca, agua potable



ABSTRACT

The purpose of the study was to carry out a diagnosis and develop a proposal for optimizing the drinking water treatment plant of the sanitation services provider SEDA Juliaca, 2025. The methodology applied was quantitative, applied, non-experimental, and descriptive, developing a procedure based on direct observation, photographic records, and comparative analysis with technical standards: DIGESA, CEPIS, AWWA, Metcalf, and Eddy, carried out on October 13, 14, and 15, 2025. The results showed that several units in the water treatment process had structural and operational limitations: the intake recorded an average turbidity of 3 UNT and lacked a sand trap, the rapid mixer lacked an operating unit, the flocculator operated with a choked flow, the sedimentation tanks showed cracks and deteriorated valves, the rapid filters had poor backwashing, and the chlorination system operated manually with deteriorated equipment. The comparison with conventional plants showed non-compliance in more than 70% of the criteria evaluated, which justified the proposal for improvement based on the installation of lamellas in fine sedimentation tanks No. 01, the automation of dosing, the rehabilitation of filters, and the optimization of pretreatment. It was concluded that the Juliaca SEDA PTAP requires priority interventions to optimize its operational efficiency and ensure the sustainability of the service, with viable technical improvements being proposed.

Keywords: Water treatment plant, diagnosis, improvement proposal, water treatment, SEDA Juliaca, drinking water.



INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de H₂O dulce segura compone un componente fundamental para el desarrollo sostenible y la salubridad pública, especialmente en contextos urbanos donde la demanda de servicios básicos es creciente (OMS, 2022). En el Perú, las PTAP desempeñan un rol esencial al aseverar que el H₂O distribuida a la urbe desempeñe con las normas de condición concretos para la ingesta humana, siendo indispensable valorar su funcionamiento y condiciones operativas para avalar un tributo eficiente del servicio (MINSA, 2010).

En la región Puno, la SEDA Juliaca tiene a su cargo la producción y distribución de agua potable, enfrentando desafíos asociados al crecimiento poblacional, la variabilidad en la condición del H₂O cruda y las limitaciones en infraestructura y mantenimiento (SUNASS, 2021). Estas condiciones demandan diagnósticos periódicos que permitan identificar deficiencias y asegurar la continuidad de los procesos de potabilización bajo criterios de eficiencia, sostenibilidad y calidad del agua suministrada (OTASS, 2020).

En este marco, el actual estudio posee como finalidad principal ejecutar el diagnóstico y proponer mejoras para la PTAP de SEDA Juliaca, 2025. Dicha meta se concreta a través de tres propósitos específicos: en primer lugar, detallar los componentes actuales del proceso de potabilización de la PTAP, reconociendo las unidades que integran su sistema de procesamiento; segundo, comparar el proceso de potabilización existente con el proceso estándar de una planta de procesamiento convencional, tomando como referencia la normativa vigente y la literatura técnica especializada con el fin de reconocer brechas y diferencias relevantes; y tercero, formular una propuesta de perfeccionamiento de los procesos de potabilización basada en las limitaciones identificadas



durante el diagnóstico descriptivo y comparativo. La investigación busca aportar una evaluación técnica integral que sirva de sustento para orientar mejoras en la infraestructura y el funcionamiento de la PTAP, contribuyendo al fortalecimiento del servicio de H₂O dulce en Juliaca.

Este estudio se organiza en cuatro capítulos: el Capítulo I, relativo al Planteamiento del Problema, aborda el análisis de la situación problemática desde los ámbitos global, nacional y local, a partir del cual se definen las interrogaciones de estudio y los objetivos que orientan el estudio; el Capítulo II, referente al Marco Teórico, desarrolla los antecedentes y bases conceptuales asociadas al tema; el Capítulo III, centrado en la Metodología, explica la naturaleza y diseño de la investigación, el universo y muestra, la localización, los materiales esgrimidos y las técnicas aplicadas; por último, el Capítulo IV, relacionado con los Resultados y Discusión, muestra los datos obtenidos respecto a cada objetivo particular y su comparación con la literatura consultada. Luego, se presentan las conclusiones derivadas del análisis y las sugerencias dirigidas a estudios posteriores



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.

A escala global, la disponibilidad de agua segura para el consumo sigue representando uno de los mayores desafíos para las redes de suministro, debido al incremento de la demanda, la variabilidad climática y el deterioro de las fuentes hídricas (OMS, 2022). Diversos informes señalan que millones de personas aún reciben H₂O que no desempeña los estándares de potabilidad, lo que obliga a fortalecer las operaciones y sostenimiento de las plantas de procesamiento para garantizar procesos eficientes de congelación, sedimento, desinfección y filtración (UNESCO, 2021). La evidencia internacional destaca que las plantas que no operan adecuadamente presentan fallas estructurales, deficiencias en el control de calidad y limitaciones tecnológicas, generando riesgos sanitarios significativos para la población abastecida (OMS, 2022).

En el contexto peruano, las EPS enfrentan múltiples desafíos relacionados con la antigüedad de la infraestructura, la limitada capacidad operativa y las brechas en mantenimiento preventivo y correctivo, lo que envuelve la eficacia del proceso de potabilización. Diversos diagnósticos sectoriales evidencian que muchas plantas de procesamiento pastan por abajo de su cabida o con unidades deterioradas, generando dificultades para cumplir los ECA para Ingesta Humana



establecidos en el DS N° 031-2010-SA. Estas condiciones han motivado la necesidad de evaluaciones integrales y propuestas de mejora que permitan garantizar la continuidad y condición del servicio (SUNASS, 2021).

En la región Puno, la problemática del abastecimiento de H₂O se acentúa a causa de la mengua de la condición del H₂O cruda proveniente de cuerpos superficiales, la presencia de actividades mineras e industriales y la susceptibilidad de los sistemas a variaciones climáticas (ANA, 2020). Informes regionales advierten que varias plantas de procesamiento de la región operan con limitaciones en infraestructura, equipos obsoletos y procesos incompletos, lo que repercute en la eficiencia de la potabilización y en la capacidad de cumplir con la normativa sanitaria. Estas condiciones hacen necesaria la evaluación periódica de las PTAP para identificar deficiencias y proponer mejoras que aseguren un servicio adecuado en áreas urbanas y periurbanas de la región (SUNASS, 2022).

A nivel local, la PTAP de la EPS SEDA Juliaca enfrenta problemas vinculados al incremento de la demanda urbana, el deterioro progresivo de sus unidades de procesamiento y las diferenciaciones en la condición del agua captada (OTASS, 2021). Informes técnicos señalan que la PTAP requiere mejoras en procesos de operación, mantenimiento, monitoreo de calidad y adecuación de su infraestructura para garantizar la eficacia de los procesos de potabilización y asegurar el desempeño de la normativa vigente (SUNASS, 2021). Esta situación evidencia la necesidad de realizar un diagnóstico técnico profundo y plantear propuestas de mejora que permitan optimizar el funcionamiento de planta y asegurar el suministro de agua dulce segura a la urbe de Juliaca.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el diagnóstico y propuesta de mejora de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento SEDA Juliaca, 2025?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los componentes actuales que conforman el proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca?
- b) ¿En qué se diferencia el proceso de potabilización de la PTAP de SEDA Juliaca respecto al proceso estándar de una planta de tratamiento convencional, según la normativa y la literatura especializada?
- c) ¿Qué propuesta de mejora puede formularse para optimizar el proceso de potabilización de la PTAP de SEDA Juliaca en función de las limitaciones identificadas en el diagnóstico?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Realizar el diagnóstico y propuesta de mejora de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento SEDA Juliaca, 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Describir los componentes actuales del proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca.

- b) Comparar el proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca con el proceso estándar de una planta de tratamiento convencional, según normativa o literatura especializada.
- c) Formular una propuesta de mejora del proceso de potabilización de la PTAP basada en las limitaciones identificadas en el diagnóstico.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Practica

El actual estudio se demuestra de manera práctica porque permite identificar de forma clara y sistemática las deficiencias en infraestructura, mantenimiento y operación de la PTAP de SEDA Juliaca, información indispensable para la toma de decisiones administrativas y técnicas. Contar con un diagnóstico actualizado facilita que los operadores de la planta comprendan cuáles son las áreas más críticas del proceso de potabilización y qué acciones deben priorizarse para avalar el apropiado funcionamiento de las unidades de procesamiento (OTASS, 2021). Esta información contribuye directamente al fortalecimiento de las capacidades operacionales y a la planificación de intervenciones que mejoren la eficiencia del sistema.

Asimismo, la producción de una proposición de perfeccionamiento basada en evidencias permite que la EPS implemente soluciones realistas, sostenibles y adaptadas a su contexto operativo. Estas mejoras pueden traducirse en una reducción de fallas en los procesos, optimización del uso de insumos químicos, mayor seguridad en la operación y una mejor respuesta frente a incrementos en la demanda de H₂O dulce (MINSA, 2010). Es decir que los resultados del estudio ofrecen herramientas prácticas que contribuyen al perfeccionamiento continuo de la planta y fortalecen la gestión del servicio de H₂O dulce en Juliaca.



1.4.2. Justificación social

Este estudio se fundamenta socialmente debido a que el acceso a agua dulce segura compone un derecho básico y un factor crucial para la salud colectiva. En Juliaca, las deficiencias en los procesos de procesamiento pueden incidir directamente en la calidad del agua suministrada y, por tanto, en el bienestar de los habitantes. Como la OMS, el suministro de agua no tratada adecuadamente incrementa la prevalencia de padecimientos gastrointestinales y otros peligros sanitarios coligados a la ingesta de agua polucionada (UNESCO, 2021). En este sentido, describir y comparar el proceso de potabilización de SEDA Juliaca permite identificar brechas que afectan la seguridad hídrica de miles de habitantes, contribuyendo a optimizar las condiciones de existencia de la urbe.

De esta manera, un diagnóstico técnico riguroso de la planta de procesamiento beneficia a los usuarios al promover una gestión más eficiente y confiable del servicio. La SUNASS (2021) señala que las evaluaciones técnicas de los sistemas de potabilización constituyen insumos esenciales para avalar la persistencia y condición del servicio, especialmente en ciudades de vertiginoso desarrollo urb. como Juliaca. Por tanto, esta investigación aporta pesquisa útil para fortalecer la toma de decisiones institucionales, garantizando que el servicio se brinde de forma pertinente, equitativa y acorde con las escaseces de la urbe.

1.4.3. Justificación ambiental

Desde el aspecto ambiental, la investigación es pertinente porque las plantas de procesamiento rescatan un papel fundamental en la amparo de los recursos del H₂O. El diagnóstico comparativo del proceso de potabilización permite identificar prácticas que podrían generar impactos negativos sobre las

fuentes de agua si no se gestionan adecuadamente. Según el Ministerio del Ambiente, la gestión ineficiente del procesamiento del agua puede incrementar la presión sobre los ecosistemas acuáticos y afectar el equilibrio ecológico de las cuencas (MINAM, 2020). Al evaluar los componentes del proceso de potabilización y compararlos con estándares técnicos, se contribuye a promover un uso sostenible del recurso hídrico.

Además, una propuesta de mejora basada en brechas técnico–normativas favorece una operación más eficiente de la planta y somete el peligro de polución de entidades de agua de superficies. Análisis nuevos enfatizan que la modernización de infraestructuras de procesamiento y la correcta aplicación de tecnologías convencionales ayudan significativamente a la disminución de impactos ambientales y al cumplimiento de lineamientos ambientales nacionales e internacionales (AWWA, 2021). Por ello, esta investigación representa una contribución relevante hacia la sostenibilidad ambiental en la región de Juliaca.

1.4.4. Justificación Económica

La justificación económica se basa en que mejorar el proceso de potabilización contribuye a someter costes operativos y optimizar la usanza de recursos en la EPS SEDA Juliaca. Un diagnóstico adecuado permite identificar ineficiencias en infraestructura o procesos que, al ser corregidas, disminuyen gastos relacionados con mantenimiento correctivo, pérdidas de agua tratada o fallas operativas. De acuerdo con la SUNASS (2020), la gestión eficiente de los sistemas de potabilización permite estabilizar costos y mejorar la sostenibilidad prestamista de las compañías prestamistas, especialmente en contextos con infraestructura antigua, como ocurre en varias ciudades del sur del país.

Asimismo, una propuesta de mejora basada en estándares técnicos ofrece ventajas económicas a largo plazo, al orientar inversiones hacia componentes prioritarios y evitar gastos innecesarios. La literatura de ingeniería sanitaria establece que las mejoras planificadas y técnicamente justificadas generan costos menores que intervenciones improvisadas o correctivas, incrementando la eficiencia del sistema (OTASS, 2021). En este sentido, la investigación contribuye a que las futuras inversiones y decisiones técnicas en la PTAP de SEDA Juliaca se orienten hacia alternativas económicamente viables y sostenibles.

1.5. Hipótesis de la investigación

Para el actual estudio no se expresan las hipótesis, debido a que:

- No se busca demostrar relaciones causa–efecto.
- No se pretende comprobar estadísticamente una relación entre variables.
- Solo se describe, analiza, evalúa y propone soluciones.

Esto coincide con la guía metodológica de Hernández y Fernández (2018) quien señala que las investigaciones descriptivas y diagnósticas no requieren hipótesis, ya que su propósito no es verificar relaciones, sino caracterizar una realidad.

1.6. Variables

1.6.1. Variable de caracterización

- Condiciones actuales de la PTAP de SEDA Juliaca.

1.6.2. Variable de interés

- Mejora del proceso de potabilización de la PTAP de SEDA Juliaca

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la presente investigación.

Tipo de variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Técnicas e instrumentos
Variable de caracterización: Condiciones actuales de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca.	Componentes del proceso de potabilización	Componentes identificados (captación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración, desinfección, almacenamiento)	Presencia / ausencia	Revisión documental, observación en campo, ficha de identificación
	Infraestructura existente	Estado general de infraestructura visible	Bueno / Regular / Deficiente	Observación en campo, registro fotográfico
	Concordancia con el proceso convencional	Nivel de correspondencia entre proceso actual y proceso estándar	Alto / Medio / Bajo	Análisis comparativo, matriz técnica
Variable de interés: Mejora del proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca	Brechas identificadas	Número y tipo de brechas técnico–normativas identificadas	Cantidad	Análisis comparativo, revisión normativa, matriz de brechas
	Propuesta de mejora	Acciones de mejora formuladas por componente	Cantidad y tipo	Análisis documental, juicio técnico
	Viabilidad técnica	Nivel de factibilidad de la propuesta	Alta / Media / Baja	Análisis experto, revisión normativa



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

El trabajo de Méndez et al. (2023) denominado “Evaluación del rendimiento de una planta de potabilización en Ecuador: ajuste hidráulico de las unidades de procesamiento”, se propuso analizar la eficacia de la planta “El Descanso”, estableciendo su capacidad hidráulica y su efectividad en la eliminación de contaminantes. La investigación fue de enfoque cuantitativo, descriptivo, con diseño no experimental de corte transversal, empleando un método fundamentado en muestreos por unidad del sistema (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección), análisis de laboratorio y simulación hidráulica. Los hallazgos del estudio mostraron que la PTAP “El Descanso” presentaba limitaciones importantes en su tren de procesamiento, lo cual es altamente relevante para el análisis de procesos como el planteado en tu investigación. La eficiencia de sedimentación (52 %) y de filtración (78 %) evidenció un desempeño insuficiente en unidades clave del proceso convencional, lo que generó una eficiencia global de solo 61 %. Asimismo, valores como dureza (264 mg/L), sulfatos (178 mg/L) y Fe (0.72 mg/L) superaron los límites normativos, demostrando fallas en la mezcla vertiginosa, floculación y

infiltración, componentes fundamentales de una planta convencional. El Cl remanente menor a 0.2 mg/L en el 68 % de puntos indicó una deficiencia estructural en el sistema de desinfección, similar a lo que puede identificarse en PTAP que requieren modernización. Además, se identificó que la planta operaba con subcapacidad del 35 %, lo cual revelaba una infraestructura insuficiente frente a la demanda real. Como propuesta, se recomendó redimensionar floculadores, ampliar filtros rápidos y automatizar la dosificación. En terminación, el análisis manifestó que un diagnóstico integral de calidad de agua y desempeño hidráulico permite plantear mejoras operativas y estructurales viables para aumentar la eficacia y la confiabilidad del sistema de potabilización en contextos rurales de bajos recursos.

Por otro lado, Desye et al. (2021) en su artículo denominada “Eficacia de la planta de procesamiento y evaluación de la condición del agua dulce a partir de la fuente hasta el hogar, Ciudad de Gondar, Noroeste de Etiopía”, valoraron la eficiencia de un centro de procesamiento en Gondar con el propósito de establecer el cumplimiento de la condición del H₂O a partir de su atracción hasta los hogares. Aplicaron un enfoque cuantitativo, tipo descriptivo, diseño no experimental transversal, con un procedimiento basado en la toma de 75 muestras en distintos puntos del sistema, analizando turbidez, coliformes, pH y Cl remanente. El análisis de los 75 puntos de muestreo evidenció que el proceso de potabilización en Gondar presentaba deficiencias en múltiples componentes del tren de procesamiento, entre ellos turbidez final de 7.8 NTU, superior al estándar de la OMS (≤ 5 NTU), lo que evidencia un desempeño limitado en la etapa de sedimentación y filtración. A nivel estructural, se identificaron deficiencias en la etapa de desinfección: el 72 % de conexiones registró cloro



remanente < 0.1 mg/L, lo cual es un indicador directo de fallas en el sistema de dosificación, componente crítico del proceso convencional. Además, el hallazgo de 24 UFC/100 mL de coliformes totales en la red demostró repolución asociada a limitaciones en la infraestructura de distribución, lo que afecta el funcionamiento integral de la PTAP, reflejan cómo las limitaciones en componentes convencionales (coagulación, filtración, desinfección) reducen la eficacia global de la sistemática. El estudio concluyó que, aunque el procesamiento mejoraba parcialmente la condición del H₂O, la eficacia de la planta y la protección en la distribución eran insuficientes para garantizar un servicio seguro, recomendando fortalecer el control operacional, ajustar la desinfección, mejorar el monitoreo de la red y aplicar programas de mantenimiento preventivo.

En cambio, Khan y Ahmad (2018) en el estudio “Valoración del rendimiento de la planta de procesamiento de H₂O de Nangloi, Nueva Delhi”, tuvo como objetivo evaluar el desempeño operativo del centro de Nangloi, una de las más importantes de Nueva Delhi. La sistemática fue cuantitativa, descriptiva, con diseño no experimental, mediante el monitoreo de parámetros en épocas de estiaje y monzón. Los resultados mostraron que la PTAP Nangloi operaba con altísima eficiencia en el tren de procesamiento, incluso bajo condiciones extremas de turbidez. En estiaje, la turbidez cruda de 30–40 NTU fue reducida a < 1 NTU en la salida, con eficiencias combinadas entre 97 % y 99 %. En monzón, pese a recibir turbideces de 2000–3000 NTU, el sistema mantuvo turbidez final < 1 NTU, lo que demuestra excelente desempeño en mezcla vertiginosa, floculación, sedimento y filtración, componentes clave de una PTAP convencional. La recirculación redujo pérdidas de 3.7 % a < 0.5 %, fortaleciendo



la eficiencia operativa. Concluyendo que un diseño adecuado, el ajuste oportuno de la dosis de coagulante y la recirculación de agua de lavado permiten altas eficiencias de remoción aún bajo condiciones de turbidez extrema, proporcionando insumos concretos para propuestas de mejora operativa en plantas convencionales

En el artículo de Preethika y Arachchige (2021) titulado “Optimización del sumario de procesamiento de agua dulce: un estudio de caso de la cuenca del río Kalu, Sri Lanka”, se plantearon como propósito optimar los procesos de varias plantas de procesamiento ubicadas en la cuenca del río Kalu. El análisis fue cuantitativo, descriptivo-analítico, de diseño no experimental, con un procedimiento basado en inspecciones técnicas y examen de datos operacionales de caudal y condición del H₂O. Los hallazgos mostraron que en las plantas de la cuenca del río Kalu la capacidad de diseño (120 000 m³/d) era superada por caudales reales superiores a 130 000 m³/d, evidenciando subdimensionamiento del sistema de potabilización. Esto generó sobrecarga en los mecanismos de mezcla, floculaciones y sedimentaciones, reduciendo su eficiencia. La turbidez cruda alcanzó valores >200 NTU en épocas de minería ilegal, lo cual afectó severamente la dosificación de coagulante y ocasionó fallas operativas en la clarificación, un problema típico en PTAP con procesos no optimizados. Se identificaron deficiencias en el medio filtrante de filtros rápidos, lo que disminuyó su capacidad de remoción. El estudio propuso el uso de polímeros, filtros de PVC y mantenimiento riguroso. Se concluyó que la optimización de procesos, más que la edificación de nuevas infraestructuras, puede mejorar significativamente la eficacia y la resiliencia de las plantas frente a diferenciaciones de calidad y caudal de H₂O cruda.

Sin embargo, Gin Williams et al. (2022) en el estudio denominada “Evaluación de la eficiencia de la planta de procesamiento de agua dulce y el impacto de las fallas en los sistemas de distribución en la condición del agua de la planta de Wukari-Ibi”, se planteó como meta valorar el vigor del procesamiento de la planta Wukari-Ibi y las consecuencias del deterioro de la red. El estudio fue de tipo cuantitativo, descriptivo-analítico, con diseño no experimental transversal, utilizando un procedimiento de muestreo de 40 muestras en la captación, salida de planta y red. El análisis de 40 muestras reveló que la PTAP Wukari-Ibi presentaba una eficiencia global baja (52.77 %), muy por debajo de lo esperable para una planta convencional. La turbidez del agua tratada fue de 6.74 NTU, superando el límite recomendado; el conteo de coliformes llegó a 17 UFC/100 mL, mostrando que el proceso de desinfección era insuficiente. Las eficiencias específicas del tren de procesamiento mostraron desempeños deficientes: remoción de turbidez (66.57 %), remoción de SST (32.58 %), remoción de dureza (30.11 %) y remoción de coliformes (59.88 %). Esto evidencia deficiencias graves en floculación, sedimentación, filtración y desinfección, condiciones directamente comparables con PTAP que requieren mejora estructural. Además, las roturas y fugas en la red generaban repolución, afectando la calidad final del agua. Se propuso rehabilitar la red, incorporar carbón activado y fortalecer mantenimiento. El estudio concluyó que las restricciones de recursos, la inexactitud de personal capacitado y las deficiencias en infraestructura y mantenimiento explicaban la baja eficiencia del sistema, recomendando la incorporación de carbón activado de bajo costo, la rehabilitación de la red de distribución y una mayor inversión pública en equipos



y capacitación, como medidas clave para mejorar la confiabilidad del sistema de potabilización.

En cambio, Sánchez (2019) en la tesis titulada “Análisis y propuesta de optimización de la planta de procesamiento de aguas remanentes de la Inspección La Victoria del municipio El Colegio, Cundinamarca”, tuvo como propósito valorar el funcionamiento de la PTAR de La Victoria e identificar fallas operativas para proponer una mejora integral del sistema. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, diseño no experimental, tipo descriptivo, esgrimiendo observación directa, fichas técnicas y revisión de normativa ambiental colombiana. Los resultados mostraron que la planta no se encontraba operativa desde hacía más de un año, ocasionando que las aguas remanentes se derramen derechamente a la quebrada La Campos sin procesamiento alguno; además, el análisis de cumplimiento normativo reveló que la PTAR no cumplía con los parámetros exigidos por la Resolución 0631-2015, pues valores como DBO5, DQO y SST superaban ampliamente los límites permisibles en las mediciones realizadas antes del cierre, registrándose incrementos superiores al 150 % respecto a la norma. También se evidenció el alejamiento de sostenimiento protector y la inexactitud de un operador fijo, lo que agravó el deterioro de las unidades de procesamiento. Como propuesta de mejora, el autor planteó rehabilitar las unidades dañadas, optimizar la capacidad de diseño, implementar tecnologías de bajo costo para el pre procesamiento y sedimentación, y instituir un plan de operación y sustento continuo. En conclusión, se determinó que la inoperatividad de la PTAR genera impactos ambientales significativos y que la propuesta planteada es esencial para

restablecer el adecuado funcionamiento del sistema y proteger la condición del H₂O del barranco La Campos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el estudio de Anchapuri (2023) denominada “Valoración técnica y propuesta de diseño de la planta de procesamiento de agua potable en el distrito de Tarata – Tacna”, buscó examinar la condición actual del sistema de suministro de agua potable de Tarata y proponer un diseño de planta de procesamiento para mejorar la calidad del agua entregada a la población. La investigación empleó un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo–diagnóstico, con diseño no experimental y nivel evaluativo, utilizando un procedimiento fundamentado en inspecciones técnicas de la línea de conducción, almacenamiento y red de colocación. Los resultados evidenciaron que la infraestructura existente presentaba fallas críticas, especialmente durante los meses de avenidas, cuando se registraban sedimentos superiores a 120 mg/L, lo que provocaba colapsos en las zonas bajas del sistema; además, el caudal disponible era de 2 L/s, insuficiente para atender la demanda local que superaba los 3.5 L/s, generando déficit de abastecimiento y discontinuidad del servicio. El diagnóstico reveló que la turbidez del agua cruda alcanzaba valores entre 18 y 75 NTU, superando los límites permisibles. Ante estas deficiencias, el autor propuso planteó una PTAP completa con coagulación–floculación, sedimentación, filtración y cloración, diseñada para 5 L/s a 20 años. En conclusión, la infraestructura actual era insuficiente y la nueva PTAP garantizaría agua de mejor condición y encadenamiento del servicio.

Al contrario, Calero y Calero (2018) en la tesis titulada “Valoración y propuesta de optimización de la planta de procesamiento de agua dulce afectada



por diligencia minera en la Comunidad Campesina Llacuabamba, La Libertad, 2017", tuvieron como propósito ejecutar un diagnóstico integral de la PTAP de Llacuabamba y formular una proposición de mejora que garantizara la calidad del H₂O. El estudio fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo, con diseño no experimental transversal, siguiendo un procedimiento basado en observación directa mediante listas de cotejo, cuadernos de campo y fichas técnicas para evaluar cada unidad de procesamiento. Los hallazgos expusieron que la atracción construida en concreto armado de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con acero estructural de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ se encontraba en regular estado por fallas en la regulación del caudal; el sedimentador, de 12.80 m de largo x 2.3 m de ancho x 2.0 m de altura, presentaba fisuras y fallas en la operación debido a la deficiente captación, mientras que la cámara rompe presión contaba con 8 unidades tipo 6 operativas, aunque con variación en diámetros de entrada y salida. Se evidenció que la línea de dirección de conducto HDPE de 110 mm, clases PN 10 y PN 16, instalada en un tramo total de 1.2 km, operaba eficientemente, aunque requería limpieza preventiva por acumulación de sedimentos. El sistema de cloración presentó fallas en la dosificación por ausencia de control y mantenimiento. Frente a estas deficiencias, la propuesta incluyó un pre-filtro, columnas de carbón activado, filtro de cartucho, mejora de la captación y sustitución de tramos críticos. En conclusión, aunque la infraestructura era aceptable, la operación y desinfección eran deficientes y necesitaban intervención urgente.

Por otro lado, Huamán (2023) en la tesis titulada "Valoración del sistema de abastecimiento de agua potable en la prestación del servicio de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Maraón – San Ignacio, 2022", poseyó



como propósito determinar el sistema de H₂O dulce administrado por la EPS Maraón, evaluando atracción, línea de dirección, PTAP, cisterna y redes de colocación. El análisis fue cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental transversal, utilizando listas de cotejo y fichas de observación como procedimiento metodológico. Los resultados mostraron que la captación funcionaba adecuadamente; sin embargo, la línea de conducción presentaba roturas constantes, ocasionando pérdidas de caudal, mientras que la PTAP evidenció deterioro del lecho filtrante y poca eficiencia en el procesamiento, generando filtraciones de agua procesada por deficiencias en la impenetrabilidad del reservorio. Asimismo, las redes de colocación presentaron un estado regular con fallas moderadas. Como propuesta de mejora se encomendó rehabilitar la línea de dirección, reemplazar compuertas del reservorio, renovar el lecho filtrante y ejecutar un plan de mantenimiento periódico. En conclusión, se determinó que el sistema presenta fallas estructurales y activas que afectan la condición del servicio, siendo necesarias las mejoras trazadas para garantizar un abastecimiento adecuado.

Tomando en cuenta a Melgarejo (2020) en su tesis denominada "Valoración de la calidad del servicio y diseño de mejora para las unidades de uso y reclasificación del Departamento de Promoción y Ventas de la empresa de servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa – SEDAPAR S.A., 2019", tuvo como propósito determinar la condición del servicio brindado por SEDAPAR en los procesos de atención al usuario, específicamente en las unidades de usanza y permuta de clase. El análisis adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental transversal, utilizando cuestionarios y revisión documental. Los hallazgos mostraron deficiencias

significativas en la atención, evidenciándose que solo el 58 % de los usuarios calificó la atención como adecuada, mientras que el 42 % manifestó insatisfacción por la demora en los trámites; además, los tiempos de respuesta superaban en promedio los 10 días hábiles, muy por encima de los plazos determinados por la compañía, y el 35 % de los usuarios reportó haber realizado reclamos por errores en consumos y cambios de categoría. Asimismo, se identificó que la información brindada por los trabajadores presentaba inconsistencias, lo que generaba repetición de trámites y aumento de la carga administrativa. Como propuesta de mejora, se planteó optimizar el proceso de cambio de categoría mediante la automatización de procedimientos, estandarizar los tiempos de atención, habilitar al personal en atención al cliente y fortalecer la articulación interna entre áreas. En conclusión, el estudio evidenció que la calidad del servicio era insuficiente y que la implementación de las mejoras planteadas permitiría reducir los reclamos y enaltecer la complacencia de los beneficiarios de SEDAPAR.

En cambio, Requena (2022) en su tesis denominada “Optimización del sistema de agua potable en las localidades de Huaquish y Pocor del distrito de Pararín – Provincia de Recuay – Departamento de Ancash – I Etapa”, tuvo como meta optimizar el sistema de suministro de agua potable de ambas comunidades para cubrir los requerimientos básicos de los habitantes. El estudio fue de enfoque cuantitativo, tipo puro, nivel descriptivo y diseño no experimental transversal, fundamentado en un expediente técnico y diagnóstico de la infraestructura vigente. Los resultados mostraron fallas en la captación debido al deslizamiento de taludes y al desplazamiento de tuberías, afectando la conducción del agua; se evidenció que las líneas de conducción requerían



sustitución por tuberías PVC de 1 ½" y 1", mientras que el reservorio no cumplía con la capacidad de almacenamiento requerida para la demanda local. Asimismo, las líneas de aducción y distribución presentaban deterioro que afectaba la continuidad del servicio. Como propuesta de mejora se planteó renovar completamente la captación, reemplazar la red por tuberías de mayor capacidad hidráulica y reforzar la infraestructura para evitar daños por movimientos geológicos. En conclusión, el estudio determinó que el sistema existente era insuficiente y que el mejoramiento propuesto permitiría garantizar un suministro adecuado a las poblaciones de Huaquish y Pocor.

2.1.3. Antecedentes regionales

En el estudio de Romero (2018) denominada "Proposición de optimización de la planta de procesamiento de agua potable de la ciudad de Ayaviri, Melgar, Puno – 2018", tuvo como proposito plantear alternativas de perfeccionamiento para la PTAP de Ayaviri a partir de un diagnóstico técnico de sus procesos. El estudio fue cuantitativa, descriptiva y de diseño no experimental, evaluando caudales, unidades de procesamiento e infraestructura existente. Los resultados mostraron que las plantas de Ayaviri operaban con un caudal de 68 L/s, superando su capacidad de diseño de 58.85 L/s, lo que ocasionaba operación deficiente y baja eficiencia de potabilización. Además, se identificaron fallas en la dosificación de coagulantes, ausencia de un sistema adecuado de pre procesamiento y deterioro de estructuras como sedimentadores y unidades de mezcla. Para la propuesta, se diseñaron nuevas unidades considerando un caudal proyectado de 82.05 L/s, incorporando acopio, dosis automática de congeladores, floculación, sedimentación, filtración rápida, desinfección y un sistema de acontecimiento con cloración de hipoclorito de Ca. Asimismo, se



proyectó un tanque de regulación de 190 días para asegurar continuidad del servicio, un pre-sedimentador, la optimización de granulometría en filtros y la implementación de difusores de 0.77 orificios/cm² para mejorar la mezcla y aireación. En conclusión, se determinó que la PTAP actual no cumple con un procesamiento eficiente y que las mejoras propuestas garantizan una mayor capacidad operativa y calidad del agua tratada.

En cambio, Apaza (2020) en la tesis "Diagnóstico y mejora del sistema de H₂O dulce de la comunidad de Huasacona, de Santa Rosa – Puno", buscó evaluar el estado físico y operativo del sistema de suministro y formular acciones para optimizar su marcha. El estudio utilizó un enfoque cuantitativo, tipo aplicada y diseño descriptivo no experimental, por medio de inspecciones técnicas, registro fotográfico, pruebas de caudal y análisis básico de condición del H₂O. Los hallazgos expusieron que la fuente de H₂O presentaba caudales disminuidos a 0.45 L/s, insuficientes frente a una demanda de 0.80 L/s; además, la línea de conducción tenía 17 fugas identificadas y el reservorio de 10 m³ presentaba filtraciones significativas. Se encontró que la turbidez del agua cruda alcanzaba valores de 28 NTU, impidiendo una desinfección eficiente y generando riesgos sanitarios. Como propuesta, el autor planteó la captación de una fuente alterna con mayor caudal, la renovación total de la línea de dirección, la edificación de una cisterna de 25 m³ y la implementación de una sistemática de cloración por lagrimeo con dosificación controlada. En conclusión, el estudio evidenció que el sistema de Huasacona no cumplía condiciones mínimas de operación y que las mejoras propuestas eran necesarias para garantizar un abastecimiento adecuado y seguro.

Por otro lado, Toledo (2023) en el documento técnico “Expansión y optimización de los servicios de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Juliaca – Puno (CUI 2331661)”, tuvo como propósito valorar la sistemática de suministro de Juliaca y formular un proyecto de ampliación y mejora para cubrir la creciente demanda urbana. El estudio siguió un enfoque cuantitativo, aplicado y descriptivo, empleando diagnóstico de campo, análisis hidráulico de las redes, evaluación de la PTAP y revisión de normativa sectorial. Los resultados mostraron que la producción de agua tratada era insuficiente frente a la demanda de más de 350 000 habitantes, ya que la capacidad instalada apenas alcanzaba los 600 L/s, cuando la demanda proyectada superaba los 900 L/s; además, se identificaron pérdidas físicas superiores al 45 %, colapso parcial de colectores, deficiencias en la cloración y limitaciones en la PTAP existente, que operaba con filtros deteriorados y baja eficiencia en la remoción de turbidez en horas pico. Como propuesta de mejora, el estudio planteó la construcción de una nueva PTAP de mayor capacidad, la ampliación de las líneas de aproximación, la instalación de redes de colocación sectorizadas, renovación de colectores y un sistema automatizado de desinfección, además de la reducción de pérdidas mediante macromedición y detección activa de fugas. En conclusión, se determinó que el sistema actual de Juliaca se encuentra sobredemandado y con infraestructura crítica, por lo que la implementación de la propuesta integral es esencial para avalar un abastecimiento continuo y de condición para la urbe.

En su investigación Huanca (2019) en la tesis denominada “Evaluación de la sistemática de agua dulce propuesta de mejora en la colectividad de Chimú, Acora – Puno”, poseyó como propósito diagnosticar el estado del sistema de suministro y plantear mejoras para garantizar la continuidad del servicio. El



estudio fue de enfoque cuantitativo, tipo descriptivo y diseño no experimental, aplicando listas de cotejo, inspección de infraestructura y análisis de parámetros básicos del agua. Los resultados evidenciaron que la captación presentaba obstrucciones frecuentes por sedimentos superiores a 95 mg/L, la línea de conducción de 1 ¼" operaba con fugas en más del 30 % de su longitud y el reservorio de 15 m³ no cumplía con los criterios de impermeabilidad, generando pérdidas constantes. Asimismo, se identificó que la desinfección era ineficiente, con valores de Cl remanente menores a 0.1 mg/L, lo cual comprometía la calidad microbiológica. Como propuesta, se planteó la construcción de nuevas sistemáticas de atracción, la renovación de la línea de dirección, la implementación de un módulo de cloraciones automatizadas y la ampliación del reservorio a 30 m³. En conclusión, el sistema existente era insuficiente y las mejoras planteadas permitirían brindar un servicio continuo y seguro para la población de Chimu.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

El H₂O es un compuesto natural, estable y de estructura molecular conformada por dos átomos de hidrógeno unidos covalentemente a uno de oxígeno. La Ley N° 29338 la define como un recurso renovable, esencial para la vida, frágil, estratégico para el progreso sostenible, la preservación de los ecosistemas que la generan y la seguridad nacional (EL PERUANO, 2009).

La repartición del agua en el planeta es desigual: el 97.5% corresponde a agua salada y solo el 2.5% es dulce. La mayoría de esta última se halla en estado sólido, congelada en glaciares que cubren altas cumbres, y solo una mínima

porción está líquida. América del Sur posee la mayor reserva de agua dulce mundial, y Perú concentra el 1.89% de este recurso (ANA, 2019).

El H₂O es el elemento principal en los organismos, los cuales poseen en promedio un 70% de este líquido. Su cantidad varía: las plantas tienen más agua que los animales, y tejidos como el adiposo (con solo un 10% a 20% de agua) presentan mucho menos que otros, como el nervioso (con aproximadamente un 90%). Además, la proporción disminuye con el tiempo, ya que los individuos jóvenes contienen más H₂O que los adultos (Paredes Díaz, 2018).

2.2.2. Importancia del agua

El H₂O resulta esencial para la existencia y el entorno natural, al no poder ser sustituida por ninguna otra sustancia. Su relevancia no solo es vital, sino también económica, debido a su uso en diversas industrias. Su importancia trasciende la mera supervivencia humana, siendo fundamental para la agricultura, la ganadería, la higiene personal, el transporte y la generación de energía. Por esta razón, el agua ha sido reconocida como un derecho humano fundamental, por lo que la protección de este recurso es una responsabilidad tanto de todas las naciones como de cada individuo, con el objetivo de evitar el agotamiento del agua dulce (CEMDA, 2019).

El valor del agua para la comunidad se reconoce como un elemento indispensable para el progreso económico y el avance social de los países. Según la FAO, en actividades cruciales para la economía de muchas naciones como la agricultura —que consume aproximadamente el 70% del agua captada—, mientras la industria emplea el 20% y el restante 10% se destina al uso doméstico. Además de su acceso, otro desafío es su baja calidad (Contreras Chura, 2021).

De acuerdo con la OMS (OMS, 2006), más de mil millones de personas no tienen acceso a agua limpia. En las áreas rurales, al menos el 29% de la población carece de agua no contaminada y un 62% no cuenta con servicios de saneamiento adecuados. En las naciones en desarrollo, entre el 90% y 95% de las aguas remanentes y el 70% de los residuos industriales se descargan sin procesamiento directo en ríos y lagos, contaminando así las fuentes de agua disponibles.

2.2.3. Calidad de agua

El término "calidad del agua" alude a la posesión de determinadas propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Esta cualidad se establece mediante normas o parámetros de calidad, con el propósito de salvaguardar la salud pública. La potabilidad del H₂O es una inquietud global, dado su vínculo directo con el bienestar de las personas (OMS, 2019). Por ello, es necesario que los organismos responsables del suministro de H₂O potable realicen un adecuado procesamiento y supervisión. En Perú, se aprobó el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano mediante el Orden Suprema N°031-2010-SA.

La valoración de la condición del agua es un procedimiento de enfoque múltiple que examina las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua en función de su condición natural, los impactos antropogénicos y su repercusión en la salud de los ecosistemas acuáticos (Mejía Clara, 2005).

Características químicas, físicas y biológicas clave para valorar la condición del agua:

Tabla 2

Parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad del agua.

Parámetros	Descripción
Parámetros físicos	Sólidos o residuos, turbiedad, color, olor y sabor, y temperatura.
Parámetros químicos	Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, sodio, sulfatos
Parámetros biológicos	Algas bacterias (coliformes termo tolerantes y coliformes totales), recuento heterotrófico, protozoos, virus y helmintos patógenos.

Nota. Este cuadro presenta los principales indicadores para evaluar la calidad del agua, como lo referenciado por Mejía (2005) – OMS, 2008.

2.2.4. Agua potable

El H₂O potable se define como aquella que es segura para el consumo humano. Esta se consigue mediante un procesamiento que incluye procesos como la floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Es importante señalar que los métodos de procesamiento varían según la localidad, debido a las distintas características de las fuentes de H₂O (SUNASS, 2019).

En Perú, cerca del 22.7% de los habitantes no dispone de acceso a agua potable. Esta urbe estaría consumiendo agua no tratada, lo cual genera afectaciones a la salud. A escala nacional, las Plantas de procesamiento de Agua Potable presentan fallas; una de ellas, ubicada en el caserío de Pedregal Grande (Piura), suministró agua no apta para el consumo durante 2018 debido a la falta de insumos químicos para su desinfección, arriesgando la salubridad de los residentes (EL PERUANO, 2018).

2.2.5. Plantas de Tratamiento de Aguas

Una PTAP es un conjunto de procesos destinado a optimizar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, para que pueda ser ingerida

por una población específica sin riesgos sanitarios. Estas plantas se clasifican según su proceso, en filtración rápida y filtración lenta (Arrieta J, 2019). Además, por la tecnología empleada, las de filtración rápida se dividen en tres sistemas:

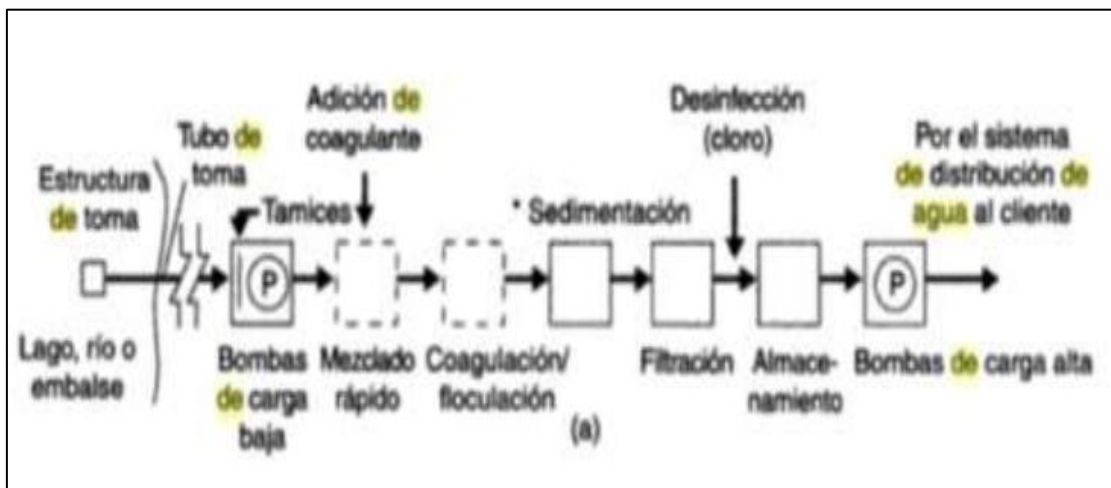
- Sistemas convencionales de alta tasa o basados en la tecnología CEPIS/OPS.
- Sistemas que emplean tecnología convencional clásica o anticuada.
- Sistemas que esgrimen tecnología patentada o propietaria.

2.2.6. Principales procesos en el tratamiento de agua potable

El procedimiento del agua para uso humano es diverso, pues varía según las características del agua sin procesar que se va a potabilizar (Glynn & Heinke, 1999).

Figura 1

Esquema de una Planta de Tratamiento de Agua Potable.



Nota. Extraída del libro Ingeniería Ambiental (Glynn & Heinke, 1999).

Posteriormente, se detallan las etapas unitarias del procesamiento de agua de superficie:

- **El tamizado:** En esta etapa se retiran los sólidos de mayor dimensión presentes en el agua, tales como: plásticos, maderas, hojas, ramas, entre otros.
- **Coagulación/floculación:** En este paso se emplea un coagulante para desestabilizar las partículas coloidales y facilitar su posterior eliminación. Este proceso es fundamental, ya que su eficacia determina el rendimiento de los sedimentadores. Es importante mencionar que la coagulación ocurre en una unidad de mezcla rápida, mientras que la floculación se lleva a cabo en dispositivos específicos llamados floculadores.
- **Sedimentación:** En esta etapa, las partículas suspendidas se separan por efecto de la gravedad, logrando un líquido transparente.
- **Filtración:** Consiste en retener partículas y una pequeña cantidad de microorganismos (bacterias y virus) mediante un medio poroso. Este procedimiento es clave para que el agua alcance los indicadores de condición potable.
- **Desinfección:** Consiste en eliminar los organismos que pueden causar infecciones. Su eficacia se valora por el porcentaje de microorganismos inactivados en un tiempo, un temple y un pH establecidos.

2.2.7. Planta de filtración rápida

En esta planta, los filtros funcionan a velocidades de 80 a 300 m³/m² por día, dependiendo de las propiedades del agua, el material filtrante y los recursos para operar y mantener el sistema. Debido a la alta velocidad de filtración, es esencial realizar limpiezas periódicas para desobstruir los filtros y retomar su funcionamiento. Como la condición del agua a procesar, se plantean dos alternativas (CEPIS – OPS/OMS, 2005).

2.2.7.1. Planta de filtración rápida completa

Generalmente, estas instalaciones combinan los procesos de coagulación, filtración, decantación y desinfección. El proceso de coagulación se divide en dos etapas: una mezcla rápida con agitación vigorosa para dispersar el coagulante, y luego una agitación lenta para estimular la formación y crecimiento de los flóculos (floculación). La coagulación mejora la eficacia en la eliminación de partículas coloidales durante la decantación (sedimentación de los flóculos). De acuerdo con la EPA, los filtros permiten reducir la turbiedad del efluente a 0.10 UNT o menos, asegurando así la ausencia de huevos de parásitos como la Giardia y el Cryptosporidium. Para garantizar el funcionamiento eficiente de estos filtros, es fundamental que el agua proveniente de los decantadores tenga una turbiedad máxima de 2 UNT. Finalmente, se procede a la desinfección, cuyo propósito es eliminar todos los microorganismos patógenos remanentes presentes en el agua. Su aplicación se efectúa en la cámara de contacto, debiendo mantenerse un remanente libre de cloro de 1 mg/L a la salida de la planta y un tiempo de contacto de 30 minutos. Si se pretende eliminar huevos de parásitos, se necesitarían dosis más elevadas y un tiempo de contacto mayor, lo que resulta inviable; empero, si el filtro opera de manera eficiente y el agua entrante tiene una turbiedad menor a 2 UNT, el efluente estará libre de dichos huevos. La operación de estos sistemas requiere personal calificado. En la tabla siguiente se indican los indicadores que el agua debe cumplir para considerar esta opción de procesamiento (CEPIS – OPS/OMS, 2005).

Tabla 3

Límites de calidad del agua para tratamiento mediante Filtración Rápida Completa.

Parámetros	Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante		
	Filtración Rápida Completa		
	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Turbidez (UNT)	< 1,000	< 800	Si se excede de 1,000; se debe considerar pre-sedimentación.
Color (UC)	< 150	< 70	No hay condición expresa ante los rangos establecidos.
NMP de coliformes termotolerantes / 100 mL	< 600	—	Si se excede de 600, se debe considerar pre-desinfección.

Nota. Esta tabla extraída del Manual de CEPIS (2005).

2.2.7.2. Planta de filtración rápida directa

Este sistema es apropiado para aguas claras, como las provenientes de embalses o represas, ya que la estructura funciona como presedimentador, lo que hace que el agua sea más límpida y menos contaminada. Por ello, su procesamiento se reduce a mezcla rápida y filtración. Cuando el agua procede de una cuenca virgen o protegida, y su turbiedad no excede de 10 a 20 UNT el 80% del tiempo, y no supera 30 UNT ni 25 UC (color) el 90% del tiempo, la filtración debe ser descendente. Cuando el efluente presenta variaciones frecuentes de turbidez, se recomienda una floculación de menor duración, no superior a 6-8 minutos, para lograr un efluente de calidad uniforme y una velocidad de filtración más baja durante la operación; en términos de la calidad del agua a tratar, esta es la opción más exigente. La filtración directa ascendente se emplea cuando el agua a tratar cumple estas condiciones: el 90% del tiempo

la turbidez y el color no exceden 100 UNT y 60 UC, y ocasionalmente alcanzan 200 UNT y 100 UC. La tabla a continuación presenta las alternativas antes mencionadas. Para su implementación es necesario realizar un estudio exhaustivo de la fuente y conocer su conducta estacional, especialmente durante períodos de lluvia (CEPIS – OPS/OMS, 2005).

Tabla 4

Límites de calidad del agua para tratamiento mediante Filtración Directa.

Límites de calidad del agua para el tratamiento mediante Filtración Directa			
Alternativa	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo
Filtración Directa Descendente	Turbidez (UNT)	25 – 30	< 20
	Color Verdadero (UC)	< 25	—
	NMP de coliformes totales por 100 mL	< 2,500	—
Filtración Directa Ascendente	Concentración de algas (und./100 mL)	< 200	—
	Turbidez (UNT)	< 100	< 50
	Color (UC)	< 60	—
Filtración Directa Ascendente Descendente	Turbiedad (UNT)	< 250	< 400
	Color (UC)	< 60	< 100

Nota. Esta tabla extraída del Manual de CEPIS (2005).

2.2.8. Clasificación por el tipo de tecnología utilizada

La elección de la tecnología debe ajustarse a los recursos financieros, humanos y materiales disponibles, con el propósito de garantizar un procesamiento adecuado (CEPIS – OPS/OMS, 2005).

- ✓ **De tecnología convencional clásica o antigua:** en este sistema se emplean decantadores rectangulares con flujo horizontal y, en algunos casos, de retorno en U, lo cual demanda grandes áreas. Posteriormente se incorporaron dispositivos mecánicos para optimizar su rendimiento; actualmente están

conformados por unidades hidráulicas y mecánicas (CEPIS – OPS/OMS, 2005).

- ✓ **Convencionales de alta tasa o de tecnología CEPIS/OPS:** este sistema requiere menos espacio que la tecnología convencional (entre un 25 % y un 30 %). Los coladores son de tasa declinante y elevación variable. Operan con velocidades decrecientes entre cada limpieza. Sus ventajas incluyen: eficiencia, y costos reducidos de operación y mantenimiento (CEPIS – OPS/OMS, 2005).
- ✓ **De tecnología patentada:** generalmente importada de países industrializados: su funcionamiento es mecanizado, incluye decantadores, y en un solo equipo se integran la mezcla rápida, la floculación y la decantación. Para su manejo se necesita personal especializado (CEPIS – OPS/OMS, 2005).

2.2.9. PTAP y funcionamiento técnico

Las PTAP son infraestructuras destinadas a convertir agua bruta de origen superficial o subterráneo en agua segura para la ingesta humana a través de procedimientos técnicos físicos, químicos y biológicos. Estas instalaciones son el elemento central del suministro urbano, ya que aseguran que el agua cumpla con los parámetros de calidad establecidos por la legislación sanitaria y minimizan el peligro de enfermedades transmitidas por el agua (OMS, 2017).

2.2.9.1 Captación de agua

La captación de H₂O de superficie es la primera fase del proceso de potabilización y reside en extraer agua desde ríos, lagos o lagunas para conducirla hacia la planta de procesamiento. Su función principal es garantizar un suministro continuo y estable, evitando que sólidos gruesos y sedimentos

ingresen al sistema. Este componente es fundamental en PTAP que operan con fuentes naturales expuestas a variaciones estacionales de caudal y turbidez, como ocurre en la mayoría de ciudades andinas del Perú (CEPIS – OPS/OMS, 2004).

Existen diversos tipos de captación superficial, dependiendo de la topografía y calidad de fuente: captaciones por azud, bocatomas laterales, torres de toma o sistemas de tuberías cribadas. Estas últimas se emplean en ríos con alta variabilidad de sólidos, porque permiten succionar agua a través de tuberías perforadas para reducir el ingreso de material grueso. Su funcionamiento debe complementarse con rejillas, cámaras de reunión, sistemas de bombeo y, en lo posible, un desarenador que retenga partículas de mayor tamaño antes de ingresar al tren de procesamiento (AWWA, 2012).

2.2.9.2 Unidades de mezcla rápida

La mezcla rápida constituye la etapa donde el coagulante se dispersa de manera homogénea en el agua cruda, generando reacciones físico-químicas que permiten la desestabilización de partículas coloidales. El objetivo es asegurar la completa distribución del coagulante en un tiempo muy corto (<2 segundos), de modo que las partículas puedan formar microflóculos en la etapa siguiente. Una mezcla deficiente provoca coagulación incompleta, aumento de turbidez final y reducción de eficiencia en toda la PTAP (CEPIS – OPS/OMS, 2004).

Desde un punto de vista técnico, la composición vertiginosa debe operar con un gradiente de prontitud (G) igual o mayor a 800 s^{-1} , lo que asegura una alta energía de dispersión del coagulante. Este parámetro está ampliamente estandarizado en guías internacionales para plantas convencionales (AWWA, 2012). Existen dos tipos principales de mezcla rápida: hidráulica y mecánica. La

mezcla hidráulica utiliza estructuras como cámaras con caídas bruscas o con restricciones que generan turbulencia; en cambio, la mezcla mecánica emplea agitadores rotatorios que permiten un control más preciso de la energía aplicada (Metcalf & Eddy, 2016).

La falta de una unidad de mezcla rápida, así como su operación por debajo de los niveles recomendados, produce coagulación ineficiente y acrecienta los costes operativos por sobredosificación, además de reducir la eficiencia de sedimentación y filtración (SUNASS, 2019).

2.2.9.3 Unidades de floculación

Las floculaciones son el proceso en el cual los microflóculos desarrollados a lo largo de la mezcla rápida aumentan de tamaño, formando flóculos más densos capaces de sedimentar. Este proceso opera bajo gradientes de velocidad menores que la mezcla rápida, generalmente entre 20 y 50 s^{-1} , con tiempos de retención entre 20 y 30 minutos (AWWA, 2012). La finalidad es permitir choques suaves y controlados que favorezcan la aglomeración de partículas sin romper los flóculos.

Las unidades de floculación pueden ser hidráulicas o mecánicas. Las unidades mecánicas utilizan paletas o turbinas de baja velocidad, mientras que las hidráulicas aprovechan cambios de dirección o cámaras en serie para inducir el mezclado. En el diseño convencional se recomienda contar con 2 a 3 cámaras de floculación con gradientes decrecientes, pues esto optimiza la formación de flóculos estructuralmente estables (CEPIS – OPS/OMS, 2004).

Los problemas típicos en esta unidad incluyen el cortocircuito hidráulico, ruptura de flóculos por turbulencia excesiva, tiempos de retención insuficientes

o cámaras deterioradas. Estas fallas reducen la eficiencia de sedimentación y pueden generar turbidez final elevada en la planta (SUNASS, 2019).

2.2.9.4 Sedimentación

La sedimentación permite que los flóculos desarrollados se coloquen por gravedad, removiendo sólidos suspendidos y reduciendo significativamente la turbidez del H₂O. Los sedimentos pueden ser de flujo horizontal, vertical o radial, y su eficiencia depende de la velocidad ascensional, que debe mantenerse entre 0.7 y 1.2 m/h en sistemas convencionales (AWWA, 2012). Una velocidad ascensional excesiva impide la deposición adecuada de flóculos, mientras que una velocidad inferior puede generar acumulación de lodos y reducción del volumen útil.

La eficiencia de sedimentación típica en plantas convencionales oscila entre 60 % y 90 %, dependiendo de la condición del H₂O cruda, la dosificación y los contextos hidráulicos del sedimentador. Sin embargo, cuando los sedimentadores no cumplen los parámetros de diseño o se encuentran deteriorados, su eficiencia se reduce notablemente (Metcalf & Eddy, 2016).

2.2.9.5 Filtración rápida

La filtración rápida constituye la novísima barrera física para la remoción de sólidos finos y microbio antes de la desinfección. Los filtros rápidos utilizan medios como arena cuarzoza, antracita o mezcla dual, con granulometrías entre 0.45 y 0.55 mm y alturas de lecho cercanas a 0.70–0.80 m (Metcalf & Eddy, 2016). La tasa de filtración convencional oscila entre 120 y 300 m³/m²/día, dependiendo del tipo de filtro y el diseño (AWWA, 2012)

Un componente fundamental es el sistema de lavado (backwash), cuyo objetivo es remover los sólidos acumulados en el medio filtrante. La ablución

debe realizarse con caudales de 45 a 60 L/s·m² y puede ser hidráulico, neumático o combinado (CEPIS – OPS/OMS, 2004). La ausencia de una sistemática de lavado eficiente deteriora la condición del H₂O filtrada, incrementa la pérdida de carga y reduce la vida útil del medio filtrante.

El monitoreo de pérdidas de carga es igualmente esencial, ya que permite identificar saturación del filtro, fallas en el medio y riesgo de ruptura del lecho, situaciones que comprometen la condición final del H₂O (SUNASS, 2019).

2.2.9.6 Desinfección

La desinfección es la etapa final del proceso y tiene como objetivo eliminar microorganismos patógenos mediante oxidantes como cloro gas, hipoclorito de sodio o hipoclorito de Ca (Metcalf & Eddy, 2016). Su eficiencia depende del indicador CT, producto de la concentración del C por el tiempo de T, el cual debe cumplir valores mínimos establecidos por la OMS para garantizar la inactivación de bacterias, virus y protozoarios.

El Cl remanente libre debe mantenerse entre 0.5 y 1.5 mg/L, según DIGESA (2010), para asegurar la protección del agua durante su transporte en las redes de colocación. La falta de examen en la dosificación puede generar subcloración (riesgo sanitario) o sobre cloración (problemas de sabor y olor). Además, las salas de cloración deben cumplir requisitos estrictos de seguridad: ventilación adecuada, sistemas de contención y equipos calibrados (AWWA, 2012).

2.2.9.7 Conducción y distribución

La conducción y distribución del agua tratada comprende el grupo de conducciones, reservorios y estaciones de impulsión que transportan el H₂O a partir de la PTAP hasta los usuarios. Un diseño adecuado requiere tuberías en buen estado, sectorización hidráulica y dispositivos de macromedición que

permitan reducir pérdidas físicas. La sectorización divide la red en zonas con control independiente, lo que permite identificar fugas, mejorar la presión y optimizar la gestión operativa (SUNASS, 2019).

Uno de los mayores riesgos en redes de distribución es la repolución, especialmente cuando existen tuberías deterioradas, conexiones clandestinas o reservorios sin mantenimiento. La pérdida de hermeticidad o la presencia de presiones negativas puede permitir el ingreso de contaminantes, afectando la condición del H₂O ya procesada. Por ello, la red de distribución es considerada una extensión funcional de la PTAP y debe incluir monitoreo constante y mantenimiento programado (CEPIS – OPS/OMS, 2004).

2.2.10. Diagnóstico de Plantas de Tratamiento de Agua Potable

El diagnóstico técnico de una PTAP se entiende como el procedimiento ordenado para identificar, valorar y examinar la condición actual de la infraestructura, funcionamiento, cabida hidráulica y rendimiento de todas las unidades que integran la línea de procesamiento. Este proceso permite detectar fallas estructurales, problemas operativos y brechas respecto a los estándares normativos, constituyéndose en el primer paso para formular planes de mejora eficientes. El diagnóstico resulta indispensable para plantas que han operado por décadas, especialmente cuando no cuentan con mantenimiento preventivo continuo, ya que permite establecer el nivel real de desempeño frente a la demanda actual (AWWA, 2012).

Las metodologías más utilizadas para realizar diagnósticos en PTAP incluyen la observación directa, listas de cotejo, análisis estructural, evaluación hidráulica y revisión de documentos como planos, expedientes técnicos u operativos. Estas herramientas permiten evaluar indicadores como continuidad

operativa, capacidad instalada, integridad de estructuras, eficiencia en cada unidad, dosificación química y coherencia entre diseño y operación (CEPIS – OPS/OMS, 2004). La aplicación de listas de verificación facilita el análisis comparativo entre el estado actual y los criterios establecidos por normas como DIGESA, SUNASS, AWWA o CEPIS (Metcalf & Eddy, 2016).

La importancia del diagnóstico radica en que permite anticipar fallas, reducir riesgos sanitarios, priorizar inversiones y orientar decisiones técnicas. Una PTAP sin diagnóstico actualizado opera con alto riesgo de incumplimiento normativo, fallas en la calidad del agua o sobrecostos operativos. Por ello, organismos internacionales recomiendan realizar diagnósticos periódicos, especialmente en plantas sometidas a sobrecarga hidráulica o con infraestructura antigua. En este sentido, el diagnóstico constituye el fundamento técnico para cualquier propuesta de mejora o ampliación del sistema (OPS, 2015).

2.2.11. Operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua Potable

El correcto desempeño de una PTAP está condicionado por la operación diaria adecuada de sus componentes y por el mantenimiento preventivo planificado, ya que ambos aspectos aseguran la continuidad del servicio, el vigor de procesos hidráulicos y la condición sanitaria del H₂O producida. De acuerdo con la OPS, el mantenimiento sistemático contribuye a reducir fallas mecánicas, alargar la vida útil de los equipos y disminuir el riesgo de interrupciones en fases críticas del procesamiento, sobre todo en plantas con infraestructura antigua o sometida a alta demanda (OPS, 2017). En este sentido, una operación estable depende del monitoreo continuo de caudal, pérdida de carga, dosificación de



coagulantes y niveles de Cl remanente, indicadores que permiten controlar la eficacia del proceso (AWWA, 2012).

La falta de mantenimiento preventivo compone uno de los primordiales componentes de desperfecto estructural y disminución de la eficiencia en plantas convencionales, debido a que genera desgaste acelerado en válvulas, corrosión de tuberías, fallas en equipos de dosificación y pérdida de funcionalidad en unidades como sedimentadores y filtros rápidos. Varios análisis marcan que la ausencia de limpieza de cámaras, la no reposición de lecho filtrante y la falta de calibración de sistemas de cloración pueden ocasionar reducción significativa en la eficacia de separación de turbidez, formación de biofilm y acrecentamiento del peligro microbiológico en la red. Este tipo de fallas repercute derechamente en la condición del H₂O producida y, en sistemas urbanos, incrementa el riesgo sanitario para la población debido a procesamientos incompletos o inestables (Metcalf & Eddy, 2016).

Los efectos del deficiente mantenimiento en la calidad del agua tratada pueden manifestarse como turbidez elevada posterior al filtrado, presencia de partículas en suspensión, baja eficiencia de remoción de flóculos y inestabilidad en la reunión de Cl remanente. La OMS advierte que alteraciones operativas en la filtración y desinfección pueden causar fallas en la inactivación de microbios patógenos, favoreciendo repolución dentro de los sistemas de distribución (OMS, 2017). Además, la falta de inspecciones rutinarias contribuye al deterioro progresivo de las estructuras, a la pérdida de hermeticidad en reservorios y a la deflación de la existencia útil del equipamiento, lo que incrementa costos de rehabilitación e impacta negativamente en la sostenibilidad del servicio (SUNASS, 2019).

Tabla 5*Relación entre fallas de mantenimiento y efectos operativos en una PTAP.*

Componente afectado	Tipo de falla asociada	Impacto operativo	Impacto en la calidad del agua
Filtros rápidos	Degradación del lecho, deficiente lavado	Reducción del caudal filtrado y pérdida de eficiencia	Turbidez residual elevada y riesgo de partículas en la red
Válvulas y accesorios	Corrosión, fugas, obstrucción	Dificultad para purgas, control limitado del flujo	Re-suspensión de sólidos y alteración de procesos hidráulicos
Sistema de cloración	Dosificación inestable, equipos deteriorados	Variación en la concentración de cloro aplicado	Cloro residual insuficiente o excesivo, riesgo microbiológico
Sedimentadores	Sedimentos acumulados y falta de purga	Velocidad ascensional elevada, reducción del TRH	Flóculos mal removidos y sobrecarga de filtros
Cámaras y tuberías	Acumulación de sólidos y biopelículas	Pérdida de sección hidráulica, menor caudal	Aparición de olores, color y recontaminación

Nota. Síntesis elaborada con base en criterios técnicos de operación de PTAP según AWWA (2012), OPS (2017) y OMS (2017).

2.2.12. Riesgos sanitarios por fallas en Plantas de Tratamiento de Agua

Potable

La eficiencia del proceso de potabilización está directamente relacionada con el amparo de la salubridad pública, pues cada unidad del tren de procesamiento cumple una función crítica en la remoción de partículas, patógenos y sustancias químicas. Las fallas operativas en coagulación, sedimentación, filtración o desinfección incrementan el riesgo de polución microbiológica y química en el agua distribuida, lo cual puede derivar en enfermedades transmitidas por el agua, brotes gastrointestinales y exposición prolongada a compuestos nocivos (OMS, 2017).

Uno de los principales riesgos sanitarios se genera por falla en la coagulación–floculación, etapa que permite desestabilizar coloides y formar flóculos removibles. Si la mezcla rápida no es eficiente o la dosificación es inadecuada, los flóculos serán pequeños e inestables, lo que reduce la eficiencia de sedimentación y filtración. La OPS marca que una mala coagulación permite el paso de microorganismos y materia orgánica hacia los filtros, elevando la probabilidad de formación de subproductos de desinfección y disminuyendo la efectividad del cloro (OPS, 2017).

Otro riesgo significativo es la turbidez elevada, la cual está estrechamente asociada con la presencia de microorganismos patógenos, partículas orgánicas y materia coloidal. La OMS establece que turbidez > 1 NTU afecta directamente la desinfección, ya que las partículas protegen a bacterias y virus del contacto con el cloro, reduciendo su capacidad de inactivación (OMS, 2017).

Una cloración inadecuada representa uno de los mayores riesgos para la salud en los sistemas de agua potable. Esto ocurre cuando la reunión de Cl

remanente libre es inferior a 0,5 mg/L en la planta y a 0,2 mg/L en la red de distribución, la probabilidad de supervivencia de microorganismos patógenos aumenta considerablemente (DIGESA, 2020). La OPS señala que entre el 70 % y 80 % de brotes de enfermedades hídricas en Latinoamérica están asociados a fallas en la desinfección (OPS, 2017).

Finalmente, la repolución en redes de distribución es un riesgo sanitario frecuente cuando existen tuberías antiguas, sectorización deficiente, bajas presiones o infiltraciones. Las brechas estructurales generan ingreso de aguas contaminadas desde el exterior, especialmente en zonas donde las tuberías se encuentran próximas a desagües o suelos saturados (AWWA, 2012).

Tabla 6

Riesgos sanitarios asociados a fallas en el tren de tratamiento de una PTAP.

Etapas con falla	Riesgo sanitario asociado	Consecuencia potencial en la salud
Coagulación– floculación deficiente	Paso de partículas y patógenos a procesos posteriores	Incremento de enfermedades diarreicas agudas y formación de subproductos de desinfección
Turbidez elevada	Protección de microorganismos frente al cloro	Inactivación incompleta de bacterias, virus y protozoarios
Cloración inestable	Cloro residual insuficiente en red	Brotes de <i>E. coli</i> y coliformes; incremento de riesgo microbiológico
Recontaminación en redes	Ingreso de agua contaminada por fugas y presiones bajas	Enfermedades gastrointestinales y deterioro de la calidad organoléptica

Nota. La tabla resume los principales riesgos sanitarios documentados por AWWA (2012), OPS (2017), DIGESA (2020) y OMS (2017).

2.3. Marco conceptual.

2.3.1. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

Una PTAP es una instalación donde se aplican procesos físicos, químicos y sanitarios destinados a remover turbidez, sólidos suspendidos, microorganismos y sustancias indeseables del H₂O rigurosa, con la finalidad de producir agua segura para ingesta humana. Su eficiencia depende del diseño de cada unidad, la operación adecuada y el mantenimiento continuo (OPS, 2017).

2.3.2. Proceso de potabilización/

Es la secuencia estructurada de etapas que convierte el agua cruda en H₂O potable. El método convencional abarca: captación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y distribución. Este orden debe asegurar la eliminación gradual de poluciones y el respeto a las normas establecidas (Metcalf & Eddy, 2016).

2.3.3. Captación de agua superficial

Es el sistema por medio del cual se extrae el H₂O directamente de una fuente superficial como ríos o lagos. Comprende tuberías cribadas, rejillas, cámaras de reunión y sistemas de bombeo. Su función es garantizar un suministro continuo, minimizando el ingreso de sólidos, macrófitas y sedimentos. Las fallas en esta etapa afectan la eficiencia de todas las unidades posteriores (CEPIS – OPS/OMS, 2004).

2.3.4. Mezcla rápida

Proceso inicial de coagulación en el cual se dispersa rápidamente un coagulante (como sulfato de aluminio o PAC), en tiempos menores a 2 segundos y con gradientes elevados ($G \geq 800 \text{ s}^{-1}$), para desestabilizar coloides y permitir

la formación de flóculos resistentes. La ausencia de esta unidad genera coagulación ineficiente (AWWA, 2012).

2.3.5. Flocculación

Es la etapa donde partículas desestabilizadas colisionan y se acoplan para constituir flóculos más magnos y sedimentables. Ocurre con gradientes de 20–50 s^{-1} y tiempos de 20–30 minutos. Flocculadores deteriorados o flujo “ahogado” reducen la eficiencia y ocasionan flóculos débiles (Metcalf & Eddy, 2016).

2.3.6. Sedimentación

Consiste en separar los flóculos por gravedad en tanques donde la prontitud ascensional del H₂O debe ser menor que la prontitud de sedimento de los átomos. Una eficiencia insuficiente incrementa turbidez en el agua filtrada (OMS, 2017).

2.3.7. Sedimentación con lamelas

Tecnología que utiliza placas inclinadas para aumentar el área efectiva de sedimentación, reducir la distancia de caída del flóculo y mejorar la eficiencia en caudales variables. Se emplea como alternativa de optimización cuando los sedimentadores existentes no cumplen su capacidad hidráulica (AWWA, 2012).

2.3.8. Filtración rápida

Proceso que remueve partículas remanentes mediante un lecho de arena o material granular, con velocidades de filtración típicas de 120–180 $m^3/m^2 \cdot día$. Requiere sistemas de lavado para mantener la capacidad de remoción y evitar pérdida de carga excesiva (OPS, 2017).

2.3.9. Desinfección

Etapa final que inactiva patógenos mediante cloro gas, hipoclorito o cloro líquido. La desinfección debe asegurar un Cl remanente libre entre 0.5 mg/L

(salida de planta) y 0.2 mg/L (red), garantizando la protección sanitaria hasta el usuario final (DIGESA, 2020).

2.3.10. Diagnóstico de PTAP

Es el análisis técnico, operativo y estructural del estado actual de una planta de procesamiento. Incluye inspección visual, verificación de funcionamiento, identificación de fallas y comparación con estándares de diseño (OPS, 2017).

2.3.11. Comparación técnica con normas y literatura especializada

Consiste en evaluar si cada unidad del proceso de potabilización cumple los parámetros de diseño establecidos por CEPIS, AWWA, DIGESA, SUNASS y Metcalf & Eddy.

2.3.12. Eficiencia del proceso de potabilización

Es el grado en que una PTAP logra remover turbidez, sólidos suspendidos y microorganismos en cada mecanismo del tren de procesamiento. La eficacia depende de parámetros hidráulicos, operación adecuada y mantenimiento preventivo (OMS, 2017).

2.3.13. Propuesta de mejorar de la PTAP

Una proposición de perfeccionamiento en una PTAP consiste en un conjunto de intervenciones técnicas, estructurales, operativas y de gestión orientadas a optimizar el funcionamiento del tren de potabilización. Estas mejoras pueden abordar deficiencias en el diseño, en la capacidad hidráulica, en la calidad del procesamiento o en la operación y mantenimiento (OPS, 2017).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

El diseño esgrimido fue no experimental transversal, dado que no se manipuló ninguna variable del proceso de potabilización y se evaluó la PTAP SEDA Juliaca tal como se encontraba en su estado real de funcionamiento. La información fue recopilada en un periodo específico mediante observación directa, revisión documental, análisis técnico y comparación con modelos de plantas convencionales. Este diseño permitió identificar las condiciones en el momento del estudio, detectar fallas estructurales y operativas y elaborar una propuesta de mejora basada en evidencia sin intervenir físicamente en las unidades del sistema.

3.2. Tipo de investigación

El análisis correspondió al tipo de investigación aplicada, pues no solo se describió la situación actual de la PTAP SEDA Juliaca, sino que se buscó generar una solución práctica y directamente utilizable por la entidad operadora mediante la formulación de una propuesta de mejora. El estudio afanosa se coloca a solucionar problemáticas reales y concretos, por lo que fue pertinente para identificar deficiencias de infraestructura, operación y control en la planta, y plantear intervenciones técnicamente justificadas, como la instalación de lamelas

en el sedimentador de finos y la optimización de procesos claves de potabilización (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014).

3.3. Nivel de investigación

El nivel de estudio fue descriptivo–comparativo, pues primero se describió detalladamente el estado actual de cada unidad del proceso de potabilización: captación, mezcla, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y distribución y posteriormente se comparó dicho estado con los estándares técnicos de una PTAP convencional establecidos por CEPIS, DIGESA, AWWA y Metcalf & Eddy. Este nivel permitió conocer con claridad las brechas estructurales y operativas existentes, analizar su impacto en la eficiencia del procesamiento y fundamentar la propuesta de mejora a partir de la comparación con los criterios normativos y literatura especializada.

3.4. Enfoque de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, a causa de que empleó datos estructurados, mediciones técnicas, caracterización de componentes y comparaciones basadas en estándares normativos para analizar el funcionamiento de la PTAP SEDA Juliaca. Este enfoque permitió describir de manera objetiva las condiciones reales de la infraestructura, evaluar el cumplimiento técnico respecto a plantas convencionales y sustentar la propuesta de mejora mediante evidencia verificable. El uso de información numérica, fichas de campo, tablas comparativas y criterios de eficiencia respaldó la necesidad de un análisis cuantitativo para garantizar precisión en el diagnóstico

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La muestra analizada comprendió todas las instalaciones, estructuras, equipos y elementos que forman parte del proceso de potabilización de la PTAP de SEDA Juliaca, desde la captación, bombeo y líneas de impulsión hasta las etapas de mezcla, floculación, sedimentación, desinfección, filtración, almacenamiento y conducción hacia la red. Esta población representa el conjunto completo de elementos físicos y operativos cuyo estado estructural, funcional e hidráulico debía ser analizado para realizar el diagnóstico integral establecido en el objetivo general de la investigación.

3.5.2. Muestra

El muestreo está formado por las unidades seleccionadas directamente para su evaluación durante el trabajo de campo, realizadas los días 13, 14 y 15 de octubre, e incluyó todos los componentes accesibles y operativos del proceso de potabilización: captación, cámaras de reunión, estación de bombeo, líneas de impulsión, canal de ingreso, canal Parshall, casas químicas, floculador, sedimentadores, unidad compacta, filtros rápidos, sistema de cloración, reservorios internos. Esta muestra fue no probabilística e intencional, ya que se tomó únicamente a los elementos de la planta relevantes para evaluar su desempeño y formular la propuesta de mejora.

3.6. Materiales y equipos

Los instrumentos y dispositivos empleados en esta investigación fueron los que se detallan a continuación.

a. Materiales

- Cuaderno de campo y hojas de registro técnico.

- Copias impresas de planos, memorias descriptivas y documentos proporcionados por la EPS.
- Lápices, lapiceros y marcadores para anotaciones técnicas.
- Etiquetas adhesivas para clasificación de fotografías y registros.
- Carpetas y folders para organización documental.
- Reglamento y normas técnicas impresas (RM 127-2020-MINSA, CEPIS, AWWA, DIGESA).
- Mapa esquemático de la PTAP para verificación de componentes

b. Equipos

- Cámara fotográfica.
- GPS.
- Computadora portátil.
- Equipo de protección personal (EPP).
- Linterna o lámpara portátil para inspección de zonas con baja iluminación

3.7. Técnicas e instrumentos

Para la ejecución de este estudio se utilizaron distintas técnicas y herramientas con el fin de recopilar, sistematizar y examinar datos significativos acerca de la situación actual del sistema de potabilización de la PTAP SEDA Juliaca.

3.7.1. Técnicas

En este proyecto de estudio para la compilación de datos se esgrimió las técnicas siguientes:

- **Observación directa:** La inspección in situ fue el método principal empleado para valorar la condición actual de los elementos de la PTAP SEDA Juliaca en las salidas de campo llevadas a cabo los días 13, 14 y 15 de octubre. A

través de este procedimiento se reconocieron las etapas que integran el proceso de procesamiento, verificando su condición estructural, operativa, funcionalidad, deterioro, continuidad del servicio y deficiencias presentes. La información observada fue registrada detalladamente en un cuaderno de campo, permitiendo describir con precisión las características de cada componente tal como se requiere para el diagnóstico de la planta.

- **Revisión documental técnica:** Se revisaron expedientes técnicos, memorias descriptivas, esquemas de flujo, planos, informes operativos y normativa sectorial relacionada al procesamiento de agua potable (RM 127-2020-MINSA, CEPIS, AWWA, DIGESA). Esta técnica permitió contrastar la información observada en campo con los indicadores de operación y diseño establecidos en la literatura especializada y normativa vigente.
- **Análisis comparativo normativo:** Se empleó el análisis comparativo normativo para valorar el nivel de desempeño de los componentes de la PTAP SEDA Juliaca respecto a los estándares convencionales de una planta de procesamiento. Este análisis se realizó tomando como referencia las recomendaciones de CEPIS, Metcalf & Eddy, AWWA y los reglamentos de DIGESA. La técnica permitió identificar brechas entre el proceso real y el proceso ideal, clasificando cada unidad en cumplimiento, cumplimiento parcial o no cumplimiento.
- **Análisis técnico-descriptivo:** Este método facilitó la organización y sistematización de los datos obtenidos en la valoración, evaluando cada unidad del proceso de potabilización en función de su capacidad, estado físico y desempeño hidráulico. Se elaboraron tablas comparativas, síntesis globales y descripciones estructuradas que facilitaron la enunciación de

propuestas de perfeccionamiento acorde con las necesidades existentes de la PTAP.

- **Registro fotográfico técnico:** Se utilizó el registro fotográfico para evidenciar el estado físico de la infraestructura, equipos y unidades de potabilización. Las fotografías tomadas permitieron documentar deterioros, fisuras, deficiencias operativas y condiciones reales del campo, sirviendo como soporte visual en el análisis técnico y como evidencia para justificar la necesidad de mejoras.

3.7.2. Instrumentos

De acuerdo con las técnicas esgrimidas, las herramientas de recopilación de información empleadas fueron las que se mencionan a continuación:

- **Cuaderno de campo:** Se esgrimió una libreta de campo para anotar las observaciones efectuadas en las visitas a la PTAP SEDA Juliaca, consignando características estructurales, deficiencias encontradas, funcionamiento de unidades, comportamiento hidráulico y anotaciones técnicas relevantes para el diagnóstico.
- **Fichas de registro técnico:** Se utilizaron fichas simples de registro para sistematizar información específica por unidad de procesamiento, tales como dimensiones aproximadas, estado operativo, deterioros visibles, componentes existentes y condiciones de funcionamiento. Las fichas permitieron organizar la pesquisa de forma alfabética y sistemática para su posterior análisis comparativo.
- **Documentos técnicos y normativa sectorial:** Los expedientes, memorias descriptivas, planos e informes de operación constituyeron instrumentos clave para verificar capacidades de diseño y componentes internos de la

PTAP. Asimismo, se utilizaron documentos normativos (CEPIS, AWWA, DIGESA, RM 127-2020-MINSA) como instrumentos de referencia para la comparación del proceso real con los estándares convencionales.

- **Hojas de cálculo (Excel):** Las hojas de cálculo fueron empleadas para organizar la información obtenida, elaborar tablas comparativas, registrar el cumplimiento técnico de las unidades, sistematizar datos y construir matrices de análisis, facilitando la claridad y el orden en el perfeccionamiento de los resultados.
- **Cámara fotográfica o dispositivo móvil:** Se utilizó un dispositivo móvil o una cámara fotográfica para aprisionar imágenes de las unidades de procesamiento, estructuras, equipos, deficiencias y condiciones operativas. Las fotografías permitieron complementar la observación directa y servir como evidencia visual del diagnóstico.

3.8. Lugar de estudio

El análisis se realizó en la PTAP de la compañía de saneamiento SEDA Juliaca, ubicada en Juliaca, provincia de San Román, región de Puno. El área tiene una altitud promedio de alrededor de 3.830 m s. n. m., rasgo distintivo del altiplano puneño, donde las condiciones climáticas y geográficas afectan derechamente el comportamiento hidráulico y operativo de la planta.

Tabla 7

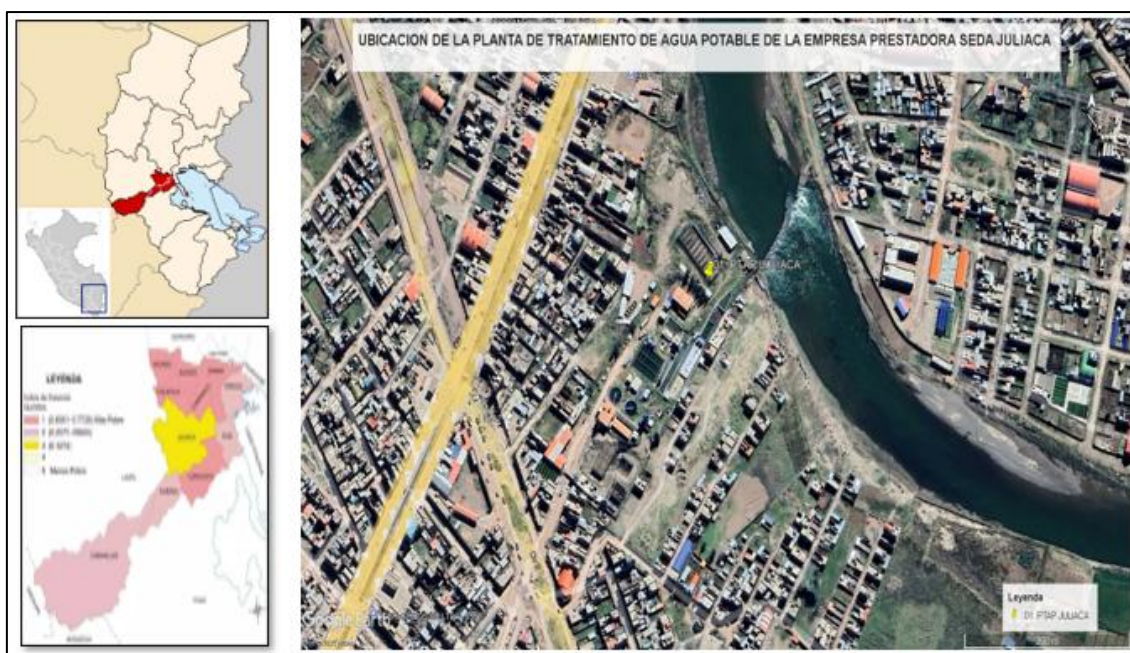
Coordenadas UTM de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca.

Código	Ubicación/Lugar	Coordenadas	
		Este	Norte
P-01	Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento SEDA Juliaca.	381263.00	8289664.00

Nota. Las coordenadas fueron registradas durante el trabajo de campo y corresponden al punto principal de localización de la PTAP evaluada.

Figura 2

Ubicación geográfica de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca.



Nota. La imagen muestra la localización espacial de la PTAP dentro del sistema de suministro de agua de Juliaca.

3.9. Procedimiento metodológico:

3.9.1. Objetivo 1: Describir los componentes actuales del proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca

Con este fin, se provino a reconocer y establecer los límites del área de estudio de la PTAP de SEDA Juliaca, realizando visitas los días 13, 14 y 15 de octubre de 2025, con el objetivo de conocer su ubicación, función e importancia dentro de la red de suministro de la ciudad. A lo largo de estas fechas se desarrollaron actividades metodológicas orientadas a obtener información técnica, estructural y activa de cada una de los mecanismos que acceden el proceso de potabilización. El procedimiento aplicado permitió recolectar datos objetivos, sistematizarlos y contrastarlos con los estándares técnicos establecidos, construyendo así una caracterización precisa del estado presente del sumario y de la subestructura de la planta.

a. Revisión documental técnica

Se recopilaron y analizaron los documentos proporcionados por SEDA Juliaca, tales como planos de diseño, fichas técnicas, metrados, reportes de diagnóstico, documentos históricos (PRONAP), perfiles de proyectos y memorias descriptivas de infraestructura. Esta revisión permitió reconocer la estructura general de la planta y los componentes que debían ser verificados en campo

b. Diseño de listas de verificación

Se elaboraron listas de verificación específicas para cada unidad del proceso de potabilización (captación, floculación, sedimentación, filtración, cloración, almacenamiento y estaciones de bombeo). Estos instrumentos se estructuraron

considerando criterios de infraestructura, funcionamiento hidráulico, antigüedad, estado físico y operatividad.

c. Observación estructurada en planta

Se realizó la observación directa de cada componente de la PTAP, aplicando las listas de verificación previamente diseñadas. Durante este proceso se registraron condiciones físicas, fallas estructurales, equipos operativos e inoperativos, capacidad instalada y estado de conservación de tuberías, cámaras, unidades hidráulicas y sistemas electromecánicos.

d. Registro fotográfico y notas técnicas

Se documentaron todas las unidades mediante registro fotográfico y anotaciones técnicas, lo que permitió complementar la información documental con evidencia visual actualizada sobre el estado real de la infraestructura.

e. Identificación y clasificación de componentes

Se identificaron y clasificaron todos los elementos que conforman el tren de potabilización, elaborando categorías como: unidades de captación, conducción e impulsión; mecanismos de procesamiento (floculación, mezcla, filtración, sedimentación, y cloración); y unidades de almacenamiento y distribución.

f. Sistematización de la información

Se procesó la pesquisa conseguida mediante la elaboración de tablas descriptivas, resúmenes técnicos y fichas de cada componente, organizando los datos en función de su capacidad, dimensiones, antigüedad, condición operativa y necesidades de rehabilitación.

g. Análisis comparativo interno

Se compararon las condiciones observadas con los criterios funcionales establecidos para plantas de procesamiento convencionales, permitiendo identificar brechas entre el diseño original y el funcionamiento actual de la PTAP.

h. Construcción de la descripción integral del proceso

Finalmente, se integraron todos los hallazgos para elaborar una descripción detallada del proceso de potabilización, evidenciando los componentes existentes, su situación actual y las principales limitaciones que conmueven la eficacia del procesamiento.

3.9.2. Objetivo 2: Comparar el proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca con el proceso estándar de una planta de tratamiento convencional, según normativa o literatura especializada.

Para realizar la comparación entre el procesamiento de potabilizaciones de la PTAP SEDA Juliaca y el proceso estándar recomendado por la normativa y literatura especializada, se aplicó un procedimiento metodológico de carácter descriptivo-comparativo. Este permitió analizar cada unidad de procesamiento de la planta y contrastar sus características estructurales, operativas e hidráulicas con los criterios técnicos establecidos por CEPIS, DIGESA, AWWA y Metcalf & Eddy. De esta manera, se identificaron brechas, coincidencias y desviaciones relevantes para evaluar la eficiencia del sistema.

a. Revisión normativa y bibliográfica

Se recopiló y analizó la norma actual en materia de procesamiento de agua potable, incluyendo la RM 127-2020-MINSA, las guías de SUNASS, los manuales técnicos del CEPIS (OPS/OMS) y la literatura especializada de AWWA

y Metcalf & Eddy. Esta revisión permitió establecer los criterios de comparación para cada etapa del proceso.

b. Identificación de las unidades del proceso de potabilización

Se reconocieron las etapas convencionales establecidas en los referentes bibliográficos (captación, mezcla vertiginosa, coagulación-floculación, sedimentación, filtración, desinfección, acopio y distribución) y se especificaron los parámetros operativos sugeridos para cada etapa.

c. Sistematización de la información técnica de la PTAP SEDA Juliaca

Se organizaron los datos obtenidos del diagnóstico realizado previamente, incluyendo dimensiones, estado físico, equipos, operación y limitaciones de cada unidad de la PTAP. Esta información permitió construir la base para el análisis comparativo.

d. Elaboración de matrices de comparación

Se diseñaron tablas comparativas que contrastaron los criterios normativos con la situación actual de la PTAP. En estas matrices se incluyeron indicadores como capacidad hidráulica, integridad estructural, mecanismos de control, equipamiento y nivel de operación.

e. Análisis comparativo unidad por unidad

Se evaluó cada etapa del proceso de potabilización comparando el estándar de diseño y operación con la condición observada en la PTAP, identificando el nivel de cumplimiento como: "Cumple", "Parcial" o "No cumple", según correspondía a cada unidad.

f. Integración de resultados

Se consolidaron los hallazgos en una tabla de síntesis global, que permitió visualizar de manera integrada las brechas del proceso real frente al proceso

convencional. Esta integración facilitó determinar el grado de alineamiento de la PTAP respecto a los estándares internacionales.

3.9.3. Objetivo 3: Formular una propuesta de mejora del proceso de potabilización de la PTAP basada en las limitaciones identificadas en el diagnóstico.

Para formular la proposición de perfeccionamiento correspondiente al tercer objetivo, se aplicó un procedimiento metodológico orientado a integrar los hallazgos del diagnóstico y la comparación técnica con los estándares convencionales de procesamiento. Este proceso permitió identificar las intervenciones prioritarias, evaluar alternativas factibles y estructurar soluciones técnicamente justificadas.

a. Sistematización de los resultados del diagnóstico

Se organizaron y clasificaron los problemas encontrados en cada unidad del proceso de potabilización, correspondientes a captación, mezcla vertiginosa, floculación, sedimento, filtración, distribución o desinfección. Esta sistematización permitió determinar las limitaciones estructurales y operativas de mayor impacto.

b. Identificación de brechas respecto a estándares técnicos

Se contrastaron las condiciones actuales de la PTAP con los criterios técnicos establecidos por CEPIS (OPS/OMS), DIGESA, AWWA y Metcalf & Eddy, identificando las brechas críticas que requerían intervención. Este análisis permitió priorizar las unidades con mayor influencia en la eficiencia del procesamiento.

c. Selección de unidades prioritarias para intervención

Se determinó que el Sedimentador de Finos N.º 01 constituía la -9+unidad de intervención inmediata, debido a la sobrecarga hidráulica y la baja eficacia en la eliminación de sólidos finos encontrada en el diagnóstico. De igual manera, se seleccionaron otras unidades para mejoras complementarias.

d. Formulación de alternativas de mejora para cada unidad

Se elaboraron opciones de mejora considerando su viabilidad, eficiencia hidráulica, facilidad de implementación y compatibilidad con la infraestructura existente. Para cada proceso se establecieron propuestas específicas: captación, mezcla, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y distribución.

e. Selección de la alternativa óptima

Se valoraron las alternativas planteadas y se seleccionaron las mejoras con más impacto técnico y operativo, priorizando tecnologías de alta eficiencia como los módulos lamelares y sistemas automáticos para las etapas críticas del procesamiento.

f. Elaboración de tablas y matrices de intervención

Se construyeron tablas que relacionaron problemas identificados con las propuestas de mejora, facilitando la comprensión del proceso de optimización del sistema. Cada tabla describió el fundamento técnico de las acciones diseñadas.

g. Integración de la propuesta de mejora

Finalmente, se integraron todas las mejoras seleccionadas en un conjunto ordenado y coherente, destacando la intervención principal en el Sedimentador de Finos N.º 01 y las acciones complementarias necesarias para optimar la eficacia completa de los procesos de potabilización.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Describir los componentes actuales del proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca.

Esta etapa fue fundamental para comprender el funcionamiento presente de la sistemática y la forma en que cada unidad opera. La PTAP de Juliaca presenta un esquema de potabilización convencional, en donde cada proceso tiene un rol específico en la reducción de átomos, sólidos y microbio existentes en el H₂O cruda. Este análisis nos permitió identificar la configuración real del sistema, su estado operativo y las características físicas que definen el proceso de procesamiento actualmente implementado por la EPS.

a. Captación

La captación de la sistemática de H₂O potable de SEDA Juliaca se localiza en el río Coata, específicamente en el sector de Ayabacas, donde el recurso hídrico es derivado hacia la infraestructura de potabilización mediante un sistema de cámaras de reunión y tuberías cribadas de succión. En donde se capta las aguas por tres tuberías de 24", 10", y 8" (antiguas) y dos de 16" de diámetro con una longitud de 10 metros río adentro.

Las cámaras de reunión funcionan como depósitos intermedios donde se concentra el caudal succionado antes de ser impulsado hacia la planta mediante cuatro equipos de bombeo conectados a líneas de conducción de 14" y 24". Estas cámaras están diseñadas para que los sólidos finos y arenas en suspensión se acumulen en el fondo; sin embargo, se verificó que, debido a la inexistencia de un desarenador primario en la zona de captación, se produce una importante acumulación de sedimentos que obliga a realizar limpiezas manuales frecuentes para evitar la inoperatividad de los equipos de bombeo.

Figura 3

Tubería de captación de la PTAP SEDA Juliaca.



Tabla 8*Características del componente de captación de la PTAP SEDA Juliaca.*

Aspecto	Descripción según documentos y observación técnica
Ubicación	Río Coata – Sector Ayabacas / Ccaccachi
Tipo de captación	Superficial por succión mediante tuberías cribadas
Tuberías de succión	24", 10", 8" y 16" con aprox.10 m de longitud
Equipos de impulsión	4 equipos de bombeo hacia líneas de 14" y 24"
Cámaras de reunión	Almacenan caudal y sedimentan parcialmente sólidos
Caudal captado	350 – 400 L/s (promedio)
Turbidez promedio del río	De acuerdo a documentos proporcionados el agua captada del río tiene un promedio de 3 UNT
Materiales arrastrados	Algas, macrófitas, sedimentos y sólidos finos
Estado físico	Tuberías envejecidas (>40 años), rejillas corroídas
Problemáticas principales	Ausencia de desarenador, ingreso de sedimentos, acumulación en cámaras, mantenimiento limitado
Control aplicado	Sulfato de cobre para controlar algas

Nota. La información presentada se elaboró a partir de la revisión de documentos proporcionados y de las observaciones realizadas durante visitas de campo efectuadas en la zona de captación de la PTAP.

De acuerdo a la tabla 8, se podría indicar que la captación de SEDA Juliaca constituye una estructura esencial pero vulnerable, con equipos e instalaciones que han superado ampliamente su vida útil, sometidos a cargas elevadas de sólidos, algas y sedimentos, y operando sin un sistema de desarenación primario. Estas condiciones afectan directamente el caudal, la eficiencia hidráulica y la estabilidad operativa del proceso de potabilización, por lo que su adecuado diagnóstico representa un paso estratégico dentro del análisis integral de la PTAP.

b. Estación de bombeo

La sala de bombas representa el segundo elemento fundamental del sistema de potabilización de SEDA Juliaca, pues se ocupa de impulsar el agua captada desde las cámaras de reunión hacia las tuberías que abastecen la planta. Cuenta con 04 equipos de bombeo, 03 de eje horizontal y 01 de eje vertical, que transportan el agua desde las cámaras de reunión hasta la planta, disponiendo de una descripción técnica básica de cada equipo:

Tabla 9

Características de los equipos de bombeo de agua de la PTAP SEDA Juliaca.

N° de Equipo	Marca del motor	Potencia (HP)	Rotación (rpm)	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Marca bomba	Potencia (HP)	Caudal actual (L/s)
01	IEM	75	1185	440	90.5	HIDROSTA L	75	110
02	IEM	75	1185	440	90.5	HIDROSTA L	75	110
03	DELCR OSA	36	1750	440	45.5	HIDROSTA L	75	50
04	AEG	28.5	1170	220	72	AWAG	28.5	22

Nota. La información presentada se elaboró a partir de la revisión de documentos proporcionados y a las observaciones ejecutadas durante visitas de campo a la estación de bombeo de la PTAP.

La cámara de reunión está formada por dos unidades conectadas que suman una capacidad de 200 m³. La producción máxima de la estación es de 325 l/s, aunque actualmente funciona entre 228 y 325 l/s. Estas cámaras requieren mantenimiento, carecen de escaleras de acceso y, además, deberían ser independientes para facilitar su limpieza.

Asimismo, la estación de bombeo no está terminada y debe incorporar 02 equipos adicionales de 230 l/s y $H = 20$ m. También se requiere la construcción de una nueva línea de impulsión desde la cámara seca hasta la planta, un nuevo sistema eléctrico y la renovación integral del equipamiento hidráulico del sistema de bombeo, incluyendo válvulas de retención, canastillas de succión y macromedidores en las líneas de salida.

c. Líneas de impulsión

Las líneas de impulsión cumplen la función de trasladar el agua a partir de la estación de bombeo hacia la PTAP. El sistema está conformado por dos conducciones principales: un conducto de 24" (600 mm) con una distancia aproximada de 84.90 m y otra de 14" (350 mm) con 85.30 m de longitud, ambas fabricadas en acero y asbesto-cemento. Estas líneas continúan en operación, aunque se observan signos de corrosión superficial, desgaste en uniones y limitaciones propias de su antigüedad, lo que incrementa la vulnerabilidad estructural, especialmente en la conducción de mayor diámetro.

Las conducciones cuentan con válvulas de aislamiento y ventosas que permiten controlar el flujo y evitar sobrepresiones; sin embargo, algunas presentan maniobrabilidad reducida debido al deterioro de sus mecanismos. Aunque ambas líneas transportan el caudal requerido hacia la planta, la presencia de corrosión, humedad en algunos tramos enterrados y la fragilidad del asbesto-cemento evidencian la necesidad de inspecciones periódicas, mantenimiento más frecuente y una futura renovación progresiva para asegurar la continuidad operativa del sistema.

Tabla 10*Características de las líneas de impulsión de la PTAP SEDA Juliaca.*

Aspecto	Descripción
Cantidad de líneas	2 líneas de impulsión
Línea principal	24" (600 mm) – Acero y asbesto–cemento
Longitud línea principal	84.90 m
Línea secundaria	14" (350 mm) – Acero y asbesto–cemento
Longitud línea secundaria	85.30 m
Condición operativa	Operativas con signos de desgaste y corrosión
Riesgos identificados	Fatiga del material, corrosión en uniones, fragilidad del asbesto–cemento
Elementos presentes	Válvulas de aislamiento, ventosas
Observaciones	Requiere inspección y renovación progresiva

Nota. Información elaborada a partir de documentos proporcionados y observación en campo.

La tabla 10, muestra que la PTAP cuenta con dos líneas de impulsión principales de 24" y 14", ambas construidas en acero y asbesto–cemento, materiales que evidencian antigüedad y desgaste. A pesar de encontrarse operativas, presentan riesgos asociados a corrosión, fatiga estructural y limitada resistencia del asbesto–cemento. Estos aspectos requieren monitoreo constante y una renovación progresiva para garantizar la continuidad del caudal hacia la planta.

d. Planta de Tratamiento

La planta de procesamiento comprende dos sistemas básicos de potabilización: un sistema convencional y dos unidades compactas de patente

Degremont. Fue construida entre 1957 y 1960, con una capacidad inicial de 100 l/s, y posteriormente se amplió con sedimentadores de alta velocidad de la marca Degremont, con una capacidad de 280 l/s, aunque esta instalación quedó inconclusa. En 2002, la cabida total de la planta se aumentó a 300 l/s. En la actualidad, algunas plantas no operan con el caudal de diseño adecuado; el caudal de lavado actual varía entre 220 y 325 l/s, generando sobrecargas en el sistema y afectando negativamente el proceso de fregado.

d.1. Canal de Ingreso y distribución

El canal de entrada y distribución es el punto donde el agua captada ingresa formalmente a la planta y se dirige hacia las diferentes unidades de procesamiento. Su diseño original funcionaba como un canal Parshall para medir el caudal; sin embargo, actualmente este medidor está fuera de servicio debido a la alta carga hidráulica transportada, por lo que opera solo como canal de conducción. El canal tiene un ancho de 2.47 m y una profundidad promedio de 1.18 m, dimensiones que han crecido de forma no planificada por el desborde de agua, causado por la limitada cabida de conducción del sistema.

En su condición actual, el canal cumple con la función de transportar el caudal hacia las fases iniciales del procesamiento, pero presenta señales evidentes de sobrecarga hidráulica, sedimentación y desgaste estructural. Estas condiciones evidencian la necesidad de optimar el control del flujo y recuperar la funcionalidad del medidor Parshall, a fin de asegurar una distribución más eficiente hacia las unidades posteriores del proceso.

d.2. Sedimentador de Gruesos

Unidad de procesamientos denominada Desarenador, proyectada para un caudal de 100 l/s. Consiste en un tanque rectangular con tres tolvas donde se

reduce la velocidad del flujo para retener partículas de elevada densidad, como arenas, arcillas y demás materiales con diámetro mayor a 0.01 mm, que se extraen periódicamente durante el mantenimiento. Posee una longitud de 18.60 m, un ancho de 6.53 m y una profundidad útil de 2.47 m; actualmente esta unidad opera sobrecargada, lo que disminuye su eficiencia.

Figura 4

Sedimentador de gruesos de la PTAP SEDA Juliaca.



d.2. Canal Parshall

El Canal Parshall de la PTAP de SEDA Juliaca fue instalado en el año 2002 por PRONAP y está construido con materiales de fibra de vidrio y plástico. De acuerdo con la información técnica, la estructura ha sufrido un deterioro severo debido a las inclemencias del clima, lo que ha provocado su inoperatividad actual. Inicialmente fue diseñado para medir un caudal de hasta 300 L/s, pero las condiciones reales de operación superan dicha capacidad, impidiendo que funcione adecuadamente como dispositivo de aforo.

Figura 5

Canal Parshall de la PTAP SEDA Juliaca.



En la situación actual, el Parshall no realiza medición ni control de caudal, limitándose a actuar como un canal de paso hacia las unidades posteriores.

Tabla 11

Características de las líneas de impulsión de la PTAP SEDA Juliaca.

Aspecto	Descripción
Año de instalación	2002
Entidad ejecutora	PRONAP (Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado)
Material	Fibra de vidrio y plástico
Función original	Medición y control de caudal de ingreso
Capacidad de diseño	300 L/s
Estado actual	Totalmente deteriorado e inoperativo
Problema principal	No mide caudal por superar su capacidad y deterioro estructural
Necesidad identificada	Instalación de un nuevo Parshall de mayor capacidad

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados por SEDA Juliaca y del diagnóstico del estado actual de la unidad.

La tabla 11, evidencia que el Canal Parshall instalado en 2002 se encuentra totalmente deteriorado debido a su material de fibra de vidrio y plástico, lo que ha dejado inoperativa su función de medición de caudal. Su capacidad de diseño de 300 L/s resulta insuficiente para las condiciones actuales de la planta. Por ello, se requiere la instalación de una nueva canaleta con mayor capacidad para restituir el control hidráulico del ingreso.

d.3. Casa química 1

La Casa Química 01 corresponde a una instalación antigua perteneciente a las unidades compactas, equipada originalmente con dos inhaladores de cal y dos inhaladores de sulfato de Al. Sin embargo, según el diagnóstico actual, esta unidad se encuentra fuera de servicio debido al deterioro de sus equipos y a la incompletitud del sistema de dosificación, lo que impide su utilización dentro del proceso de potabilización. Las estructuras y equipos muestran desgaste por edad operativa, falta de mantenimiento y obsolescencia tecnológica, por lo que ya no cumplen con los requerimientos de operación para la planta.

d.4. Casa química 2

La Casa Química 02 es la estructura en la que se preparan y gradúan los productos químicos empleados en la coagulación y floculación. Esta unidad se construyó en el marco del proyecto PRONAP 2002 y comenzó a operar en 2003. Con el tiempo, se realizaron adaptaciones para permitir la aplicación de policloruro de Al, sulfato de Al y cal, quedando fuera de servicio el sistema de carbón activado al no ser requerido actualmente. A pesar de que la infraestructura se mantiene en buen estado, presenta deficiencias importantes, como la carencia de un sistema de control automático y la falta de un sistema de

medición para el monitoreo, lo que implica que la dosificación se realice manualmente y con menor precisión.

d.5. Floculador hidráulico

Cuenta con un único floculador de flujo horizontal, conformado por 03 secciones de pantallas horizontales que suman 64 canales, con un ancho de 5 m y una longitud de 54.70 m:

- Tercer Tramo = 13 pantallas
- Segundo Tramo = 22 pantallas
- Primer tramo = 30 pantallas

El floculador no tiene cabida para procesar 300 l/s, funcionando en régimen sumergido, lo que disminuye la eficiencia del proceso y provoca una mezcla inadecuada en ciertas áreas del canal.

Figura 6

Floculador Hidráulico de la PTAP SEDA Juliaca.



Tabla 12*Características del floculador de la PTAP SEDA Juliaca.*

Aspecto	Descripción
Tipo de floculador	Flujo horizontal
Número de tramos	3 tramos
Total de pantallas	64 canales
Distribución	1er tramo: 30 pantallas, 2do tramo: 22 pantallas y 3er tramo: 13 pantallas
Longitud total	54.70 m
Ancho	5 m
Capacidad de diseño	Menor a 300 L/s
Condición operativa	Funcionamiento ahogado
Problemática principal	Insuficiente capacidad para el caudal actual, afecta mezcla y formación de flóculos

Nota. La información fue elaborada a partir de documentos proporcionados y corresponde a las condiciones actuales del floculador de la PTAP de SEDA Juliaca.

La tabla 12, muestra que el floculador de la PTAP está conformado por 64 pantallas mercantilizadas en 3 distancias, con una longitud de 54.70 m y un ancho de 5 m. A pesar de su diseño horizontal, la unidad no alcanza la capacidad necesaria para tratar 300 L/s, operando en condición de flujo ahogado. Esto evidencia una insuficiencia hidráulica que afecta la alineación adecuada de flóculos y reduce la eficacia del proceso de potabilización.

d.6. Sedimentadores de finos

Los sedimentadores cumplen un rol esencial dentro del proceso de potabilización, ya que permiten el apartamiento de flóculos generados en la fase de floculación, asegurando una reducción significativa de turbidez antes de la proceoa de filtración. En la PTAP de Juliaca se puede ver que estas unidades

presentan signos de deterioro operativo, evidenciándose problemas como fugas menores, fisuras en las paredes, desgaste estructural y fallas en las válvulas de purga, lo que limita su desempeño y la posibilidad de operar cada sedimentador de manera independiente. Estas deficiencias reducen la eficiencia de remoción de sólidos y dificultan el control hidráulico interno, por lo que se requiere una intervención que asegure su estabilidad estructural y funcionalidad continua.

Figura 7

Sedimentadores de Finos de la PTAP SEDA Juliaca.



Tabla 13*Características de los sedimentadores de la PTAP SEDA Juliaca.*

Aspecto	Descripción
Cantidad	3 sedimentadores
Tipo	Convencional rectangular
Longitud	28.75 m
Ancho	8.60 m
Profundidad	2.58 m
Función	Retener flóculos y permitir asentamiento
Condición actual	Requiere cambio de válvulas de purga
Problemas identificados	Grietas y fisuras en paredes, falta de independización
Necesidades	Reparación estructural y operativa

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 13, evidencia que, aunque los sedimentadores mantienen un diseño convencional adecuado para la clarificación, presentan fallas operativas relevantes como grietas, fisuras y sistemas de purga en mal estado. Estas deficiencias afectan la eficiencia del asentamiento de sólidos.

d.7. Unidades Compactas

Las unidades compactas instaladas en la PTAP corresponden a equipos de filtración dinámica con manto de lodos, diseñados para operar en situaciones de alta turbidez y complementar el procesamiento convencional. Sin embargo, debido a su antigüedad (instaladas entre 1981–1982) y falta de mantenimiento, estas estructuras presentan un avanzado deterioro, con colapso estructural en una unidad y severa inclinación en la otra. Además, no poseen una sistemática

de purga ni deyección de fangos, lo que imposibilita su operación continua y eficiente.

Figura 8

Unidades Compactas de la PTAP SEDA Juliaca.



El deterioro de la estructura metálica y el colapso del sistema de soporte han dejado ambas unidades completamente inoperativas, utilizándose únicamente en casos críticos a causa de la limitada cabida de la planta convencional.

Tabla 14

Condiciones y características de las Unidades Compactas de la PTAP SEDA Juliaca.

Aspecto	Descripción
Cantidad de unidades	2 unidades compactas
Tipo	Filtración dinámica de manto de lodos (Degremont Inc Infilco)
Capacidad de diseño	140 L/s por unidad
Componentes principales	Turbina de 7.5 HP, estanque cónico de concreto
Estado actual	Unidades inoperativas
Problemas identificados	Colapso estructural, corrosión severa, inclinación de la unidad 02
Sistema de purga	Inexistente
Uso actual	Solo operan en casos de alta turbidez
Riesgos	Acumulación de lodos, falla total de estructura, pérdida de eficiencia

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca-

La tabla 8, evidencia que las unidades compactas presentan un deterioro estructural crítico, con colapso metálico y ausencia de sistemas de purga, lo que impide su operación normal. Su condición inoperativa las vuelve insuficientes para apoyar al procesamiento convencional. Esto demuestra la necesidad urgente de rehabilitación o reposición para asegurar continuidad en escenarios de alta turbidez.

d.8. Filtros Rápidos

La PTAP de SEDA Juliaca cuenta con un sistema mixto de filtración compuesto por filtros rápidos por gravedad y un filtro rápido a presión de carácter piloto. Los filtros por gravedad constituyen la etapa principal de pulido del agua tratada y están distribuidos en 10 unidades rehabilitadas, aunque presentan limitaciones importantes relacionadas con la evacuación deficiente del agua de retrolavado y restricciones en las tuberías de conducción, lo que afecta el lavado adecuado del lecho filtrante.

Figura 9

Filtros Rápidos de la PTAP SEDA Juliaca.



Por su parte, el filtro rápido a presión aporta un caudal menor, utilizado para fines experimentales, pero presenta también limitaciones operativas debido a la

ausencia de un sistema de medición y al desgaste de sus estructuras metálicas internas.

Tabla 15

Características de los Filtros Rápidos de la PTAP SEDA Juliaca.

Aspecto	Filtros rápidos por gravedad	Filtro rápido a presión
Cantidad	10 unidades	1 unidad (piloto)
Longitud	4.50 m	3.69 m de altura
Ancho	4.00 m	3.82 m de diámetro
Área total	180 m ²	11.34 m ² de área de filtración
Caudal tratado	300 L/s total	35 L/s
Lecho filtrante	Arena cuarzosa (0.80 m)	Arena cuarzosa (0.80 m)
Sistema de lavado	Retrolavado, con deficiencias	Retrolavado por aire y agua
Problemas	Baja evacuación del agua de retrolavado, tuberías limitadas	No cuenta con sistema de medición
Estado actual	Operativos con limitaciones	Operativo a nivel experimental

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 15, muestra que los filtros rápidos por gravedad constituyen la unidad principal de filtración, pero presentan problemas en la evacuación del retrolavado debido a limitaciones hidráulicas. El filtro a presión complementa el proceso, aunque su carácter piloto y falta de instrumentación restringen su aporte.

d.9. Sistema de Cloración

El sistema de cloración constituye la etapa final del proceso de potabilización y está compuesto por una sala equipada con dos líneas de

aplicación de cloro, una báscula digital y siete esféricos de cloro gaseoso de 907 kg. Sin embargo, la infraestructura presenta un marcado deterioro, afectando tanto la honradez física de la sala como la capacidad operativa de la sistemática. Las líneas de cloración se encuentran desactualizadas y el equipamiento no cumple con la capacidad requerida para garantizar una dosificación estable y segura. Debido a estas limitaciones, la unidad requiere una rehabilitación integral, incluyendo renovación de equipos, mejora de ventilación y modernización del sistema de medición, con la finalidad de asegurar una desinfección apropiada del H₂O producida en la planta.

Figura 10

Sistema de Cloración de la PTAP SEDA Juliaca.



Tabla 16*Características del Sistema de Cloración de la PTAP SEDA Juliaca.*

Aspecto	Descripción
Sala de cloración	1 unidad
Líneas de cloración	2 líneas
Balanzas electrónicas	1 balanza
Balones de cloro	7 balones de 907 kg
Función	Desinfección final del agua tratada
Condición actual	Sala deteriorada y equipamiento insuficiente
Problemáticas	Baja capacidad, obsolescencia de equipos, riesgo operativo
Necesidades	Rehabilitación total, modernización del sistema y mejora de seguridad

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 16, muestra que el sistema de cloración posee dos líneas de aplicación y almacenaje de cloro suficiente, pero su deterioro estructural y la insuficiencia de los equipos afectan la dosificación adecuada. Esta situación compromete la condición sanitaria del H₂O tratada. Por esto, se solicita una intervención completa que garantice la continuidad y seguridad del proceso de desinfección.

d.10. Almacenamiento en Planta

La PTAP de SEDA Juliaca cuenta con dos cisternas destinadas al almacenamiento intermedio del agua tratada antes de su impulsión hacia los reservorios de distribución. La primera es una cisterna circular de 200 m³, con una antigüedad cercana a los 40 años, y la segunda es una cisterna rectangular de 550 m³, construida hace aproximadamente 25 años. Ambas estructuras presentan limitaciones de capacidad, envejecimiento estructural y desgaste

evidente, lo que afecta la continuidad y regulación del caudal que se envía hacia la ciudad. Debido a la demanda actual y al deterioro acumulado, se considera necesaria la construcción de un nuevo tanque de mayor capacidad que permita reemplazar ambas unidades y garantizar un almacenamiento seguro y adecuado para el régimen operativo de la planta.

Tabla 17

Características de las Cisternas de Almacenamiento de la PTAP SEDA Juliaca.

Aspecto	Descripción
Cantidad	2 cisternas
Tipo 1	Circular
Capacidad 1	200 m ³
Antigüedad 1	Aproximadamente 40 años
Tipo 2	Rectangular
Capacidad 2	550 m ³
Antigüedad 2	Aproximadamente 25 años
Función	Almacenar agua tratada para su posterior bombeo
Problemas	Capacidad insuficiente, estructuras antiguas
Necesidades	Construcción de nueva cisterna de mayor capacidad

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 17, muestra que el sistema de cloración posee dos líneas de aplicación y almacenaje de cloro suficiente, pero su deterioro estructural y la insuficiencia de los equipos afectan la dosificación adecuada. Esta situación compromete la condición sanitaria del H₂O tratada. Por esto, se solicita una intervención completa que garantice la continuidad y seguridad del proceso de desinfección.

e. Sub Estación y Casa de Fuerza

La PTAP de SEDA Juliaca dispone de una subestación eléctrica que incluye un transformador de 800 kVA, con una relación de transformación de 10,000/460 V, alimentado por una línea de transmisión de 10 kV. Este sistema deriva energía hacia el tablero de media tensión de 10,000 V y luego hacia un transformador adicional de 50 kVA (440/220 V) que atiende los sistemas auxiliares de la planta. Los tableros eléctricos presentan más de 20 años de antigüedad, lo que evidencia la necesidad de modernización para avalar la unión y seguridad de la provisión energética. La casa de fuerza alberga tres grupos electrógenos destinados a garantizar la operación durante interrupciones del servicio eléctrico; sin embargo, solo uno de ellos permanece operativo.

Tabla 18

Características de la Subestación y Casa de Fuerza de la PTAP SEDA Juliaca.

Equipo N°	Motor Diesel			Generador						
	Marca	Modelo o Motor	Potencia (HP)	Marca	Modelo Generador	Potencia (kW)	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Rotación (rpm)	Frecuencia (Hz)
01	CATERPILAR	3412	600	—	—	455	240	1368	1800	60
02	CATERPILAR	3412	613	SR4	—	460	480	691	1800	60
03	VOLVO PENTA	TAD1631	687	PARTNER	471L9C	450	480	677	1800	60

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 18, evidencia que, de los tres grupos electrógenos instalados, solo uno permanece operativo, mientras que los otros dos presentan fallas mecánicas y eléctricas que impiden su funcionamiento. Esta situación reduce la capacidad de respaldo energético de la planta ante cortes de energía. La antigüedad de los tableros y transformadores confirma la necesidad de modernización del sistema eléctrico.

f. Bombeo de Agua Tratada

El H₂O procesada es impulsada hacia los reservorios desde los dos depósitos situados en la planta de procesamiento.

f.1. Sala de Impulsión 01

La Sala de Impulsión 01 es la encargada de bombear el agua tratada desde la cisterna rectángula edificada en el año 2000 hacia los reservorios de distribución de la ciudad. Esta sala cuenta con cuatro equipos de bombeo, de los cuales tres son de eje horizontal y uno es vertical de pozo hondo. Sin embargo, el diagnóstico revela que el sistema presenta deficiencias importantes: el equipo N° 4 se encuentra fuera de operación, y los tableros eléctricos, el cableado y los sistemas de control han sobrepasado su vida útil, requiriendo una renovación completa. Estas condiciones limitan la capacidad de impulsión y generan riesgos operativos, especialmente durante horas de alta demanda.

Tabla 19

Características de los equipos de bombeo – Sala de Impulsión 01.

Equipo N°	Marca	Motor eléctrico				Marca	Bomba	
		Potencia (HP)	Rotación (rpm)	Voltaje (V)	Amperaje (A)		Potencia Bomba (HP)	Caudal Actual (L/s)
01	DELCROSA	180	1765	440	220	HIDROSTAL	60	38
02	DELCROSA	180	1765	440	220	HIDROSTAL	110	120
03	DELCROSA	180	1765	440	220	HIDROSTAL	110	120
04	HOLLOSHAFT	150	1170	460	170	C.B.A. PUMS	150	50

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 19, enseña que la Sala de Impulsión 01 posee cuatro equipos instalados, pero uno de ellos se encuentra inoperativo y los otros trabajan con capacidades variables. La antigüedad del sistema eléctrico y del cableado compromete la confiabilidad del bombeo. Esto evidencia la necesidad de modernizar los equipos y renovar la infraestructura de control.

f.2. Sala de Impulsión 02

La Sala de Impulsiones 02 fue edificada como parte de las obras de PRONAP y está diseñada para operar con un caudal de 300 L/s. La instalación cuenta con cuatro grupos de bombas centrífugas horizontales, cada una con una potencia nominal de 125 HP y un caudal estimado de 100 L/s por equipo, además de un tanque hidroneumático, cuya función es estabilizar los transitorios hidráulicos y proteger la línea de impulsión ante variaciones bruscas de presión. Sin embargo, la infraestructura permanece incompleta, ya que el sistema de automatización previsto encargado de controlar la operación de los equipos y el enlace remoto con los reservorios Santa Cruz nunca se llevaron a cabo.

Figura 11

Sala de Impulsión 02 de la PTAP SEDA Juliaca.



Tabla 20*Características de la Sala de Impulsión 02 de la PTAP SEDA Juliaca.*

Instalación	Equipo Nº	Potencia (HP)	Caudal (L/s)	Tipo de bomba	Componentes adicionales
Impulsión Nueva (02)	Nº 01	125	100	Bomba centrífuga horizontal	Tanque hidroneumático
Impulsión Nueva (02)	Nº 02	125	100	Bomba centrífuga horizontal	Tanque hidroneumático
Impulsión Nueva (02)	Nº 03	125	100	Bomba centrífuga horizontal	Tanque hidroneumático
Impulsión Nueva (02)	Nº 04	125	100	Bomba centrífuga horizontal	Tanque hidroneumático
—	—	—	—	Sistema de automatización	Diseñado, pero no implementado

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 20, muestra que la Sala de Impulsión 02 posee cuatro bombas de 125 HP, cada una diseñada para aportar 100 L/s, configurando una capacidad total de 300 L/s. Sin embargo, la ausencia del sistema de automatización limita la operación remota y el control eficiente del bombeo. Esto reduce la confiabilidad del sistema y evidencia la necesidad de completar la instalación prevista.

g. Líneas de impulsión

La PTAP SEDA Juliaca cuenta con dos líneas principales de impulsión que transportan el agua procesada hacia las cisternas de almacenamiento y distribución. La primera línea está conformada por tuberías de DN 600 mm y la segunda por tuberías de DN 350 mm, ambas interconectadas y destinadas a abastecer los reservorios Santacruz y Cerro Colorado, que constituyen puntos estratégicos del sistema de distribución de la ciudad. Asimismo, existe una raya adicional de DN 200 mm que deriva de la impulsión principal de 24" y abastece al reservorio elevado de 510 m³. El diagnóstico evidencia que la raya de DN 350 mm escasea de un sistema de macromedición, lo que limita el control volumétrico del caudal impulsado; además, se requiere las independizaciones de la ramificación de 150 mm para mejorar la regulación del llenado del reservorio elevado.

Tabla 21

Características de las Líneas de Impulsión de la PTAP SEDA Juliaca.

Desde	Hasta	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material
R.02	R.04	980	350	A.C
R.02	R.03	346	100	A.C
Planta	R.02 / R.05	4,350	350	A.C
Planta	R.01	4,350	350	A.C
Planta	RE-06	1,420	150	PVC

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 21, evidencia que las líneas de impulsión presentan longitudes significativas y materiales predominantemente de asbesto-cemento, lo que

refleja su antigüedad. La ausencia de macromedición en la línea de 350 mm y la falta de independización de derivaciones afectan el control hidráulico.

h. Almacenamiento (Reservorios de Distribución)

La sistemática de suministro de agua potable de Juliaca posee una capacidad total de almacenamiento de 10.735 m³, distribuida en seis depósitos. Cuatro de ellos están ubicados en el cerro Santa Cruz, con capacidades de: R-2 (3000 m³), R-5 (3000 m³), R-1 (1000 m³) y R-3 (225 m³). Otro reservorio, el R-4, tiene una capacidad de 3000 m³ y se sitúa en el cerro Colorado. Asimismo, existe un nuevo depósito elevado de 510 m³ en el sector Independencia.

Tabla 22

Características de los Reservorios Existentes – PTAP SEDA Juliaca.

Nombre	Tipo	Volumen (m ³)	Nivel de Agua (m.s.n.m.)	Nivel de Fondo (m.s.n.m.)
R-1 Santa Cruz	Apoyado	1,000	3,850.51	3,845.78
R-2 Santa Cruz	Apoyado	3,000	3,857.12	3,850.42
R-3 Tres de Mayo	Apoyado	225	3,889.83	3,886.98
R-4 Cerro Colorado	Apoyado	3,000	3,980.71	3,874.01
R-5 Santa Cruz	Apoyado	3,000	3,856.95	3,850.25
R-6 Independencia	Elevado	510	3,852.80	3,848.80

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del diagnóstico del estado actual del sistema de almacenamiento asociado a la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 22, muestra que Juliaca dispone de seis reservorios con capacidades que van desde 225 hasta 3,000 m³, distribuidos en puntos importantes para garantizar la cobertura de las redes. Aunque operativos, requieren mantenimiento general para optimizar su funcionamiento.

i. Redes de distribución

La sistemática de distribución de agua dulce de Juliaca está compuesta por un total de 36,375 conexiones registradas, con diámetros que varían entre $\frac{3}{4}$ " y 12", utilizando materiales como acero (AC), fierro fundido (FF), PVC y PE. La longitud total de las redes es de 37,699 metros, aunque un porcentaje significativo alrededor del 20 % requiere rehabilitación debido a su antigüedad, especialmente en tramos contruidos con tuberías de fierro fundido de más de 50 años, las cuales presentan fugas recurrentes, corrosión externa e incrustaciones internas. El sistema muestra además limitada sectorización, lo que provoca que las fluctuaciones de presión afecten zonas vulnerables del sur y norte de la urbe, disminuyendo la continuidad del servicio. Las redes requieren renovación prioritaria en 13.3 km, principalmente en el área céntrica, donde predominan tramos de hasta 6" de diámetro con materiales obsoletos.

Tabla 23

Metrado de Redes de Agua – PTAP SEDA Juliaca.

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material
600	900	AC
500	1,100	AC
450	500	AC
400	600	AC
350	1,200	AC
300	500	AC
250	3,170	AC, FF y PVC
200	10,200	AC, FF y PVC
150	7,020	AC, FF y PVC
100	10,756	AC y PVC
75	1,557	PVC
50	3,097	PVC
TOTAL	37,699 m	—

Nota. Información elaborada a partir de los documentos proporcionados y del análisis del estado presente del sistema de colocación de SEDA Juliaca.

La tabla 23, evidencia que las redes de distribución utilizan principalmente materiales antiguos como acero y fierro fundido, concentrándose en diámetros de 150 a 250 mm. Muchos de estos tramos superan los 50 años de antigüedad, presentando fugas y corrosión.

4.1.2. Comparar el proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca con el proceso estándar de una planta de tratamiento convencional, según normativa o literatura especializada.

Para evaluar el grado de correspondencia entre los procesos de potabilizaciones de la PTAP SEDA Juliaca y el proceso estándar de una planta convencional, se realizó una comparación basada en cuatro referencias de alta autoridad técnica: (a) la norma higiénica actual de DIGESA (2020), (b) las guías de evaluación de infraestructura de SUNASS (2019), (c) el Manual de PTAP del CEPIS – OPS/OMS (2004) y (2005) y (d) literatura internacional especializada, incluyendo AWWA (2012) y Metcalf & Eddy (2014). Este marco permitió contrastar cada unidad del tren de potabilización, identificando brechas estructurales, hidráulicas y operativas entre la condición real de la PTAP y el modelo ideal recomendado.

a. Captación:

La comparación entre los componentes de captación de la PTAP SEDA Juliaca y las normas establecidos por la norma y literatura técnica permite identificar las principales brechas estructurales y operativas. Esta evaluación evidencia el grado de alineamiento de la planta respecto a los criterios mínimos requeridos para un proceso convencional de potabilización.

Tabla 24

Comparación del proceso de potabilización de la PTAP SEDA Juliaca frente al proceso estándar según DIGESA, CEPIS y AWWA.

Criterio	Proceso estándar según normas (DIGESA, CEPIS, AWWA)	PTAP SEDA Juliaca	Resultado
Pretratamiento obligatorio	Rejilla + desarenador + sistema de regulación (CEPIS – OPS/OMS, 2004)	Captación sin desarenador; ingreso de macrófitas y sedimentos	Parcial
Tuberías de captación	Material anticorrosivo y accesible para limpieza (AWWA, 2012)	Tuberías cribadas antiguas, corroídas y de difícil acceso	Parcial
Protección sanitaria	Cámaras cerradas y protegidas (DIGESA, 2020)	Cámaras deterioradas y expuestas	Parcial
Control de caudal	Aforo continuo o Parshall operativo (SUNASS, 2019)	Parshall inoperativo	No cumple

Nota. La información presentada se elaboró a partir de la comparación entre los criterios técnicos establecidos por DIGESA (2020), CEPIS (2004) y AWWA (2012) y los datos obtenidos mediante la revisión documental y la diagnóstico de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 24, evidencia que la PTAP de SEDA Juliaca cumple parcialmente con los criterios esenciales del proceso convencional de potabilización establecidos por normas y literatura especializada. El alejamiento de un sistema



adecuado de pretratamiento particularmente la escasez de un desarenador funcional provoca que macrófitas, sedimentos y sólidos ingresen directamente al sistema, afectando todo el tren de procesamiento. Asimismo, las tuberías de captación presentan un alto grado de deterioro, lo que contraviene las recomendaciones de AWWA respecto al uso de materiales resistentes y accesibles para mantenimiento.

La protección sanitaria también es insuficiente, ya que las cámaras expuestas incrementan el riesgo de polución externa. Finalmente, la inoperatividad del canal Parshall impide cumplir con el requisito de control de caudal, fundamental para una operación eficiente y para la dosificación correcta de insumos. En conjunto, estos hallazgos muestran una brecha significativa respecto al estándar técnico, justificando la necesidad de una propuesta de mejora integral.

b. Mezcla rápida:

La fase de mezcla vertiginosa es esencial para asegurar la distribución instantánea del coagulante en el H₂O sin tratar. La siguiente comparación permite evaluar la conformidad de la PTAP SEDA Juliaca frente a los parámetros técnicos establecidos para plantas convencionales.

Tabla 25*Comparación de la etapa de mezcla rápida entre el proceso estándar y la PTAP**SEDA Juliaca*

Criterio	Estándar (CEPIS, Metcalf & Eddy)	PTAP SEDA Juliaca	Resultado
Tiempo de mezcla	< 2 segundos	No existe unidad mecánica o hidráulica operativa	No cumple
Tipo recomendado	Agitador mecánico / cámara hidráulica ($G \geq 800 \text{ s}^{-1}$)	Dosificación sin mezcla eficiente	No cumple
Control de coagulante	Dosificación automática (CEPIS)	Dosificación manual	No cumple

Nota. Elaboración propia a partir de observaciones in situ y revisión documental de la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 25, evidencia que la PTAP SEDA Juliaca no cuenta con una unidad funcional de mezcla rápida, lo que representa una brecha crítica respecto a los estándares definidos por CEPIS (2004) y Metcalf & Eddy (2016). El tiempo de mezcla no puede garantizarse debido a la ausencia de un agitador mecánico o cámara hidráulica, lo que afecta las dispersiones homogéneas de los coagulantes en el H₂O cruda.

Asimismo, la dosificación del coagulante se realiza de manera manual, sin sistemas automáticos de control, lo que genera variabilidad operativa y limita la eficacia de los procesos de coagulación–floculación. En conjunto, estos déficits explican la ineficiencia observada en etapas posteriores, especialmente en la formación de flóculos y sedimentación.

c. Floculación:

La etapa de floculación admite el desarrollo y consolidación de los flóculos desarrollados en la coagulación. A continuación, se compara el desempeño del floculador de la PTAP SEDA Juliaca con los parámetros estándar recomendados para plantas convencionales.

Tabla 26

Comparación de la etapa de floculación entre el proceso estándar y la PTAP SEDA Juliaca.

Criterio	Estándar (Metcalf & Eddy, AWWA)	PTAP SEDA Juliaca	Resultado
Número de etapas	2–3 cámaras de floculación	1 floculador horizontal	Parcial
Gradiente de velocidad (G)	20–50 s ⁻¹	No controlado	Parcial
Tiempo de retención	20–30 min	Insuficiente por flujo ahogado	Parcial

Nota. Elaboración propia a partir de observaciones en campo y documentos proporcionados por la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 26, se muestra que la PTAP SEDA Juliaca cuenta únicamente con un floculador horizontal de una sola etapa, lo cual representa una capacidad reducida frente al estándar técnico que recomienda entre dos y tres cámaras con gradientes decrecientes. Esta limitación estructural afecta la adecuada formación y maduración de flóculos, fundamentales para una sedimentación eficiente. Además, el flujo ahogado observado genera turbulencias, reduciendo aún más el tiempo efectivo de retención.

Asimismo, el proceso carece de control del gradiente de velocidad (G), parámetro esencial para evitar la ruptura de flóculos o su insuficiente crecimiento. La ausencia de mecanismos de regulación hidráulica y la antigüedad de las pantallas internas refuerzan el incumplimiento respecto a las recomendaciones de AWWA y Metcalf & Eddy. En conjunto, la etapa de floculación presenta brechas considerables que impactan negativamente en la eficiencia global del procesamiento.

d. Sedimentación:

La sedimentación permite separar los flóculos desarrollados en la floculación mediante la acción de gravedad. La siguiente comparación muestra el grado de cumplimiento de los sedimentadores de la PTAP SEDA Juliaca con los indicadores determinados en normas y literatura técnica.

Tabla 27

Comparación de la etapa de sedimentación entre el estándar técnico y la PTAP SEDA Juliaca.

Criterio	Estándar (CEPIS, AWWA)	PTAP SEDA Juliaca	Resultado
Condición estructural	Sin fisuras ni pérdidas	Sedimentadores con grietas y fisuras	Parcial
Velocidad ascensional	0.7–1.2 m/h	No controlada	Parcial
Purga de lodos	Válvulas funcionales	Válvulas deterioradas	Parcial

Nota. Elaboración propia a partir de observaciones en campo y documentos técnicos proporcionados por la PTAP SEDA Juliaca.

La tabla 27, se evidencia que los sedimentadores convencionales de la PTAP SEDA Juliaca presentan deficiencias estructurales importantes, como fisuras, deterioro de concreto y pérdida de estanqueidad, incumpliendo los criterios establecidos por CEPIS y AWWA, que exigen estructuras íntegras para garantizar la remoción adecuada de sólidos. Además, la velocidad ascensional del sistema no es monitoreada ni regulada, lo que afecta la eficiencia de sedimentación, pudiendo provocar arrastre de flóculos hacia los filtros.

De igual manera, el sistema de purga de lodos no opera adecuadamente debido al mal estado de las válvulas y a la falta de independencia hidráulica entre sedimentadores, lo que dificulta la evacuación periódica de lodos. Esta situación incrementa la carga de sólidos en el sistema y reduce la vida útil de las unidades posteriores. En conjunto, la etapa de sedimentación presenta un cumplimiento limitado de los estándares técnicos, lo que refleja la necesidad urgente de rehabilitación y mejoras operativas.

e. Filtración:

La etapa de filtración constituye el último proceso físico de remoción de partículas y juega un rol crítico en la clarificación del agua. Al comparar los filtros rápidos de la PTAP SEDA Juliaca con los criterios normativos de AWWA y Metcalf & Eddy, se identificaron brechas importantes en la uniformidad del medio filtrante, la eficiencia de retro lavado y el sistema de monitoreo.

Tabla 28

Comparación de la etapa de filtración entre el estándar técnico y la PTAP SEDA Juliaca.

Criterio	Estándar (AWWA, Metcalf & Eddy)	PTAP SEDA Juliaca	Resultado
Uniformidad del lecho filtrante	Arena 0.45–0.55 mm (coef. uniformidad < 1.7)	Arena cuarzosa de 0.80 m de grosor	Parcial
Retro lavado	Automático, $\geq 45\text{--}60$ L/s·m ² , con caudal suficiente	Retro lavado deficiente debido a tuberías reducidas y baja capacidad de bombeo	Parcial
Monitoreo del filtro	Medidores de pérdida de carga, manómetros, válvulas calibradas	No existen instrumentos de control en filtros	No cumple

Nota. La comparación se elaboró en base a los criterios de diseño y operación recomendados por AWWA (2012) y Metcalf & Eddy (2016), contrastados con la información técnica disponible de la PTAP SEDA Juliaca y observaciones de campo realizadas durante el diagnóstico.

La tabla 28, muestra que la PTAP SEDA Juliaca presenta avances parciales únicamente en la disposición del lecho filtrante, mientras que los sistemas de retro lavado y monitoreo no cumplen los estándares normativos. La falta de manómetros y medidores de pérdida de carga impide evaluar la eficiencia real del filtrado, y el retro lavado insuficiente compromete la vida útil del medio filtrante y la condición final del H₂O. Esto evidencia el requerimiento

de rehabilitar la etapa de filtración para garantizar la estabilidad operativa del proceso de potabilización.

f. Desinfección:

La desinfección es la etapa crítica que garantiza la inactivación de microorganismos patógenos antes de la distribución. Al comparar las condiciones de la PTAP SEDA Juliaca con los lineamientos de la normativa DIGESA (2020) y los estándares AWWA, se identificaron deficiencias estructurales y operativas que afectan la confiabilidad del proceso.

Tabla 29

Comparación de la etapa de desinfección según estándares técnicos y la PTAP SEDA Juliaca.

Criterio	Normativa DIGESA 2020 y AWWA	PTAP SEDA Juliaca	Resultado
Dosificación	Automática, continua y estable	Manual / equipos deteriorados	Parcial
Sala de cloro	Ventilada, piso impermeable, ambiente seguro	Sala deteriorada, ventilación deficiente	Parcial
Seguridad	Sistemas de contención, señalización, duchas de emergencia	No cumple requisitos	No cumple

Nota. La siguiente comparación se elaboró a partir de los criterios establecidos por la normativa sanitaria DIGESA (RM 127-2020-MINSA) y recomendaciones de la American Water Works Association (AWWA), contrastados con la información técnica disponible y observaciones de campo en la PTAP SEDA Juliaca.

En la tabla 29, se observa que la desinfección en la PTAP SEDA Juliaca se realiza de manera manual y con equipamiento insuficiente, lo que impide un control preciso del cloro remanente, generando una alta dependencia del

operador. Las deficiencias en la infraestructura de la sala de cloración representan un riesgo operativo y de seguridad. Aunque el personal logra conservar el Cl remanente adentro de los límites autorizados, el proceso no cumple con los estándares recomendados, evidenciando la necesidad de modernizar la dosificación y mejorar las condiciones de seguridad.

g. Almacenamiento y distribución:

El sistema de acopio y colocación es decisivo para mantener la calidad del agua procesada hasta su suministro al usuario. La comparación entre las condiciones actuales de los reservorios y redes de la PTAP SEDA Juliaca con los estándares de SUNASS y CEPIS evidencia limitaciones estructurales y operativas que afectan la continuidad y seguridad del servicio.

Tabla 30

Comparación del sistema de almacenamiento y distribución según estándares técnicos y la PTAP SEDA Juliaca.

Criterio	Estándar (SUNASS, CEPIS)	PTAP SEDA Juliaca	Resultado
Reservorios	Estructuras impermeables, mantenidas y con condiciones sanitarias adecuadas	Reservorios antiguos, con fisuras, deterioro y capacidad limitada	Parcial
Sectorización	Sectorización hidráulica obligatoria para control de presiones y pérdidas	Sectorización deficiente, zonas no controladas	No cumple
Impulsión y macromedición	Líneas con macromedidores operativos	Línea de 350 mm sin macromedición	No cumple

Nota. La evaluación se realizó utilizando los criterios establecidos por SUNASS y lineamientos del CEPIS para infraestructura de almacenamiento y distribución,

contrastados con la información técnica disponible y la inspección del sistema operado por SEDA Juliaca.

En la tabla 30, se observa que las sistemáticas de acopio y colocación de SEDA Juliaca presenta carencias significativas, especialmente en la integridad estructural de los reservorios, el control hidráulico y la medición de caudales distribuidos. Estas deficiencias incrementan las pérdidas de agua, dificultan las gestiones de presiones y afectan la eficacia activa del sistema. Aunque los reservorios continúan operando, requieren intervenciones de rehabilitación y modernización para alinearse con los estándares técnicos vigentes y garantizar la seguridad sanitaria del agua distribuida.

Resumen global de cumplimiento del proceso de potabilización de la PTAP:

El resultado completo del proceso de potabilización permite evaluar de manera integrada el grado de cumplimiento de cada etapa operativa de la PTAP SEDA Juliaca respecto a los estándares establecidos en normas y literatura especializada. Esta comparación resume el desempeño real de la planta y evidencia las principales brechas técnicas que deben ser consideradas para la propuesta de mejora correspondiente.

Tabla 31

Resultado global de cumplimiento del proceso de potabilización de la PTAP SEDA Juliaca respecto a estándares de diseño.

Etapas del proceso	Estándar técnico (CEPIS, DIGESA, AWWA, Metcalf & Eddy)	Condición actual de la PTAP SEDA Juliaca	Resultado
Captación	Rejillas, desarenador operativo, control de sólidos y macrófitas	Sin desarenador; ingreso de sedimentos y algas; tuberías antiguas	Parcial
Mezcla rápida	Mezclado hidráulico o mecánico < 2 segundos; dosificación automática	No existe unidad de mezcla; dosificación manual	No cumple
Floculación	2–3 cámaras; gradiente G entre 20–50 s ⁻¹ ; 20–30 min de retención	1 floculador horizontal; flujo ahogado; G no controlado	Parcial
Sedimentación	Velocidad ascensional 0.7–1.2 m/h; estructura sin fisuras; purga operativa	Sedimentadores con fisuras; válvulas deterioradas; purga deficiente	Parcial
Filtración	Lecho uniforme 0.45–0.55 mm; retro lavado ≥ 45–60 L/s·m ² ; monitoreo continuo	Lecho grueso; retro lavado deficiente; sin instrumentos de pérdida de carga	Parcial / No cumple en monitoreo

Desinfección	Dosificación automática; sala ventilada; sistemas de seguridad	Dosificación manual; sala deteriorada; sin sistemas de contención	Parcial, con No cumple en seguridad
Almacenamiento	Reservorios impermeabilizados, mantenidos, sin fisuras	Reservorios antiguos, con deterioro y fisuras	Parcial
Distribución	Redes sectorizadas; macromedición operativa	Sectorización deficiente; sin macromedidores	No cumple

Nota. La evaluación se realizó utilizando los criterios establecidos por SUNASS y lineamientos del CEPIS para infraestructura de almacenamiento y distribución, contrastados con la información técnica disponible y la inspección del sistema operado por SEDA Juliaca.

La evaluación global muestra que, aunque la PTAP SEDA Juliaca presenta múltiples deficiencias en infraestructura, control hidráulico y operación, especialmente en mezcla vertiginosa, sedimento, floculación, filtración, esterilización y colocación, la mayoría de sus unidades mantiene un funcionamiento parcialmente operativo. A pesar de no cumplir completamente con los estándares de diseño, el personal técnico logra compensar estas limitaciones mediante ajustes manuales y acciones operativas continuas, permitiendo que el H₂O procesada desempeñe con los parámetros de calidad determinados en la RM 127-2020-MINSA. Desde esta perspectiva, la planta proporciona H₂O apta para ingesta humana, aunque con un proceso vulnerable que requiere mejorar para asegurar su eficiencia y confiabilidad a largo plazo.

4.1.3. Formular una propuesta de mejora del proceso de potabilización de la PTAP basada en las limitaciones identificadas en el diagnóstico.

Con base en las deficiencias identificadas en el diagnóstico de la PTAP de SEDA Juliaca, se procedió a formular un conjunto de propuestas de perfeccionamiento orientadas a optimar el proceso integral de potabilización. Las labores planteadas consideran criterios de eficiencia hidráulica, operación segura, desempeño preceptivo y perfeccionamiento progresiva de la construcción, priorizando la intervención en unidades críticas como la captación, mezcla vertiginosa, floculaciones, sedimentaciones, filtraciones, esterilización y conducción–colocación. Las propuestas se sustentan en el análisis técnico comparativo, la literatura especializada y las necesidades operativas reales de la planta, con el propósito de asegurar la continuidad del servicio y la calidad del agua suministrada a la población.

a. Captación

La fase de captación constituye el primer punto crítico del proceso de potabilización, por lo que las deficiencias estructurales o hidráulicas impactan derechamente en la condición del H₂O que ingresa al centro. A partir del análisis realizado, se determinaron fracasas operativas y constructivas que requieren intervenciones inmediatas para garantizar un caudal estable y con menor carga de sólidos.

Tabla 32*Problemas identificados y propuestas de mejora en la captación.*

Problemas identificados	Propuestas de mejora
Ausencia de desarenador	Construcción de un desarenador longitudinal para retención de arenas y sólidos gruesos.
Ingreso de macrófitas y algas	Instalación de rejillas gruesas y finas, más un programa de limpieza periódica.
Tuberías cribadas antiguas (>40 años)	Reemplazo progresivo por tuberías PEAD o acero anticorrosivo.
Acumulación de sedimentos en cámaras de reunión	Programa de limpieza semestral y sellado de fisuras internas.

Nota. Elaboración propia a partir del diagnóstico técnico y revisión de documentación operativa.

En la tabla 32, los resultados del diagnóstico evidencian que la captación presenta problemas significativos vinculados al ingreso de sólidos, vegetación acuática y deterioro de infraestructura. Estas limitaciones no solo incrementan la carga de procesamiento aguas abajo, sino que también reducen la eficiencia de bombeo e incrementan el riesgo de fallas en las unidades posteriores. La implementación de desarenadores, rejillas de protección y la renovación de tuberías permitirán reducir la turbidez inicial, evitar daños en equipos y asegurar un ingreso de agua más estable y con menor variabilidad, fortaleciendo la operación integral de la PTAP.

b. Mezcla Rápida

La etapa de mezcla vertiginosa es fundamental para garantizar la apropiada dispersión del coagulante y el comienzo del proceso de alineación de flóculos. En la PTAP SEDA Juliaca se identificó la ausencia de una unidad de mezcla

eficiente, lo que limita la efectividad de la coagulación y genera variabilidad en la calidad del agua clarificada.

Tabla 33

Problemas identificados y propuestas de mejora en la mezcla rápida.

Problemas identificados	Propuestas de mejora
Inexistencia de unidad de mezcla mecánica o hidráulica	Instalación de un mezclador de alta velocidad ($G \geq 800 \text{ s}^{-1}$).
Dosificación manual del coagulante	Implementación de un sistema automático de dosificación de PAC.

Nota. Elaboración propia con base en estándares CEPIS y AWWA.

En la tabla 33, se puede ver la alejamiento de una unidad funcional de mezcla rápida en donde, provoca que la coagulación dependa de ajustes manuales, lo que genera inestabilidad en la formación inicial de microflóculos. Esta limitación ocasiona una mayor carga en los procesos de sedimentación y floculación. La implementación de un mezclador mecánico de alta eficiencia, junto con un sistema de dosificación automática, permitirá homogenizar la aplicación del coagulante, mejorar la efectividad del procesamiento y disminuir el consumo de insumos químicos al optimizar las reacciones químicas iniciales del proceso.

c. Floculación

La etapa de floculación admite el desarrollo de los flóculos por medio de gradientes de velocidad controlados. Sin embargo, la PTAP SEDA Juliaca opera con un único floculador horizontal en condiciones hidráulicas deficientes, lo que afecta la eficiencia de sedimentación.

Tabla 34*Problemas identificados y propuestas de mejora en floculación.*

Problemas identificados	Propuestas de mejora
Solo existe un floculador horizontal	Redistribución interna y construcción futura de un segundo módulo.
Flujo ahogado y sin control	Instalación de tabiques reguladores y ajuste del gradiente de velocidad.

Nota. Elaboración propia basada en criterios de diseño de AWWA y Metcalf & Eddy.

En la tabla 34, se observa las deficiencias detectadas en el floculador, las cuales están asociadas principalmente a la falta de control hidráulico y a la necesidad de mayores etapas de floculación. Esto genera flóculos débiles y de tamaño insuficiente para sedimentar eficientemente. Con la incorporación de tabiques reguladores y la proyección de un segundo módulo, se mejorará la estabilidad del gradiente de velocidad, se optimizará la alineación de flóculos y se reducirá la gabela sobre los sedimentadores, incrementando la eficiencia global del proceso de clarificación.

d. Sedimentación

Los sedimentadores convencionales presentan deterioro estructural y fallas en su sistema de purga, reduciendo la eficiencia de remoción de sólidos. Para restaurar su funcionalidad, se requieren intervenciones correctivas que aseguren la operatividad continua de estas unidades.

Tabla 35

Problemas identificados y propuestas de mejora en sedimentación convencional.

Problemas identificados	Propuestas de mejora
Fisuras estructurales	Resane integral y sellado especializado de paredes y fondo.
Válvulas de purga deterioradas	Reemplazo por válvulas de compuerta o mariposa anticorrosivas.
Purga de lodos insuficiente	Instalación de purga automatizada y líneas de conducción adecuadas.

Nota. Elaboración propia basada en inspección técnica de los sedimentadores 1, 2 y 3.

En la tabla 35, la eficiencia de los sedimentadores se ve comprometida por el deterioro de sus superficies internas y por un sistema de purga insuficiente para evacuar lodos de manera efectiva. Estas limitaciones provocan la re-suspensión de sólidos y reducen la calidad del agua clarificada. Las mejoras propuestas asegurarán una operación continua y estable, disminuyendo la carga sobre los filtros y optimizando la eficiencia hidráulica del sistema de potabilización.

➤ **Sedimentador de finos N.º 01 (MEJORA CON LAMELAS):**

El Sedimentador de Finos N.º 01 de la PTAP SEDA Juliaca presenta sobrecarga hidráulica, deterioro estructural y una capacidad insuficiente para la remoción eficiente de partículas sedimentables, condición observada tanto en el diagnóstico y en documentaciones encontradas. Estas limitaciones provocan velocidades ascensionales elevadas, arrastre de lodos y deficiente clarificación, afectando directamente la filtración y la condición final del H₂O.

Paralelamente a ello, se plantea la implementación de módulos lamelares (lamelas), los cuales aumentan significativamente la superficie útil de sedimentación sin necesidad de ampliar la estructura existente. Esta tecnología mejora la eficiencia hidráulica, reduce la velocidad ascensional y permite remover sólidos finos con alta efectividad, siendo una solución moderna, compacta y de rápida instalación, ampliamente recomendada por CEGIS, AWWA y la OPS/CEPIS para plantas con problemas de capacidad.

Tabla 36

Problemas críticos identificados en el Sedimentador de Finos N.º 01 y justificación técnica.

Problema identificado	Observación/deficiencias encontradas	Justificación técnica del problema
Sobrecarga hidráulica	Caudal real supera la capacidad de diseño del sedimentador.	A mayor caudal, mayor velocidad ascensional, los flóculos no sedimentan aumenta el arrastre de sólidos a filtros.
Deficiente remoción de partículas finas	Agua clarificada sale con alta turbidez, incrementa retro lavado en filtros.	El sedimentador convencional no cuenta con suficiente área de sedimentación para remover partículas pequeñas (<40 micras).
Velocidad ascensional elevada	Colapso del rendimiento por sobrecarga.	Si la velocidad ascensional > 1.0 m/h, los flóculos se levantan y se pierden.
Estructura interna deteriorada	Fisuras, corrosión y lodos acumulados.	La rugosidad interna aumenta turbulencias que desestabilizan flóculos.
Sistema de purga deficiente	Purga periódica insuficiente y válvulas deterioradas.	Lodos acumulados igual a re suspensión y esto reduce eficiencia de remoción.

Nota. Elaboración propia con base a la inspección técnica y documentación de SEDA Juliaca.



En la tabla 36, el Sedimentador de Finos N.º 01 muestra fallas estructurales e hidráulicas que impiden su funcionamiento adecuado. La sobrecarga hidráulica incrementa la velocidad ascensional, lo que provoca que partículas y flóculos no sedimenten y pasen directamente a los filtros, reduciendo su vida útil y aumentando la frecuencia de lavado. Asimismo, la falta de purga eficiente produce acumulación de lodos que reduce el volumen útil del sedimentador y afecta la estabilidad del flujo. Estas condiciones justifican la implementación de módulos lamelares, ya que permiten multiplicar la superficie de sedimentación sin ampliar la estructura, mejorar la eficiencia de clarificación y garantizar un proceso adecuado inclusive en contextos de elevada turbidez del H₂O cruda del río Coata.

Tabla 37*Propuesta técnica de instalación de lamelas y mejoras esperadas.*

Característica propuesta	Descripción técnica	Beneficio directo
Instalación de módulos lamelares de 80 mm	Paneles de láminas inclinadas a 60°, fabricadas en PVC o polipropileno de alta resistencia.	Incrementan entre 8 y 12 veces la superficie de sedimentación efectiva.
Estructura portante galvanizada	Bastidores metálicos que soportan las lamelas.	Facilita mantenimiento, evita deformaciones y permite montaje modular.
Reducción de velocidad ascensional	De valores actuales >1.5 m/h a valores recomendados <0.5 m/h.	Mejora la remoción de sólidos finos y micro flóculos.
Optimización del flujo laminar	El agua fluye entre láminas con baja turbulencia.	Favorece sedimentación rápida y estable.
Sistema de purga mejorado	Renovación de válvulas y tuberías de purga.	Permite extracción continua de lodos y esto evita re suspensión.
Aumento inmediato de capacidad de tratamiento	Sin ampliar infraestructura física.	Permite tratar caudales superiores con mayor eficiencia.
Tiempo de implementación corto	Montaje en 1–2 semanas dentro del decantador existente.	Reduce interrupciones en el servicio.

Nota. Elaboración basada en manuales técnicos CEPIS (OPS/OMS), AWWA y Metcalf & Eddy.

En la tabla 37, la propuesta de instalar módulos lamelares está completamente admitida a partir del punto de vista hidráulico y operativo. El uso de láminas inclinadas aumenta significativamente el área superficial de sedimentación, lo que permite reducir la velocidad ascensional y mejorar la remoción de sólidos finos. Esto resulta esencial para una PTAP como la de Juliaca, que recibe agua cruda con turbidez variable y alta concentración de

sólidos provenientes del río Coata. Las láminas lamelares permiten un flujo laminar estable, reducen turbulencias y favorecen que incluso partículas de menor tamaño sedimenten de forma rápida y eficiente. Además, la estructura modular facilita mantenimiento y garantiza una vida útil prolongada. Con esta intervención, el sedimentador N.º 01 se convierte en la unidad de mayor impacto en la mejora integral de la planta, ya que disminuye la carga de sólidos hacia los filtros, reduce costos operativos, prolonga la existencia ventajosa de los mecanismos y asegura una clarificación más estable incluso en periodos de alta turbidez.

¿Por qué las lamelas son la solución más adecuada para SEDA Juliaca?

- La PTAP no puede ampliar infraestructura por falta de espacio, por lo tanto, las lamelas multiplican la capacidad dentro de la misma estructura.
- La turbidez del afluente Coata aumenta en épocas de lluvia, generando sobrecarga sobre el sedimentador convencional.
- La velocidad ascensional actual excede valores recomendados, lo que imposibilita la sedimentación eficiente.
- Los sedimentadores convencionales son incapaces de remover partículas finas, que pasan a los filtros y saturan el sistema.
- La OPS y AWWA recomiendan lamelas para plantas con deficiencias estructurales o sobrecarga, como ocurre en Juliaca.
- El expediente IOARR demuestra viabilidad técnica y económica, por lo que es una intervención aprobada y respaldada.
- Incrementan la eficiencia sin aumentar el caudal de diseño, evitando inversiones mayores y ampliaciones complejas.

e. Filtración

La operación de los filtros rápidos es determinante para avalar la remoción final de partículas y aseverar la condición microbiológica. No obstante, se evidenció que el sistema de retrolavado es deficiente y que no se cuenta con instrumentos adecuados de monitoreo

Tabla 38

Problemas identificados y propuestas de mejora en filtración.

Problemas identificados	Propuestas de mejora
Retro lavado deficiente	Automatización del retrolavado y renovación de tuberías.
Falta de monitoreo	Instalación de manómetros diferenciales por filtro.
Vulnerabilidad a sobrecarga	Mantenimiento anual del lecho filtrante.

Nota. Elaboración propia basada en normas AWWA.

En la tabla 38, se observa que los filtros presentan limitaciones que comprometen su rendimiento y aumentan la probabilidad de arrastre de sólidos al agua tratada. La automatización del retrolavado y el monitoreo constante permitirán mantener la capacidad de filtración, reducir pérdidas de carga y mejorar la confiabilidad operativa. Estas acciones garantizarán una clarificación estable inclusive en contextos de alta turbidez del H₂O cruda.

f. Desinfección

La desinfección es fundamental para asegurar que el agua para consumo humano sea segura. En la PTAP se detectaron fallas en la infraestructura, la seguridad y la dosificación.

Tabla 39

Problemas identificados y propuestas de mejora en desinfección.

Problemas identificados	Propuestas de mejora
Sala deteriorada y sin ventilación	Rehabilitación total y ventilación cruzada.
Dosificación manual de cloro	Implementación de dosificación automatizada.
Falta de sistemas de contención	Instalación de bandejas, extractores y zonas seguras.

Nota. Basada en normativa DIGESA 2020 y AWWA.

En la tabla 39, las condiciones actuales de la sala de cloración representan riesgos operativos y generan inestabilidad en los niveles de Cl remanente. La implementación de sistemáticas automáticos de dosificación, junto con mejoras de ventilación y seguridad, permitirá garantizar una desinfección constante y segura, reduciendo riesgos microbiológicos y protegiendo al personal operador.

g. Conducción y Distribución

La conducción y distribución final del agua tratada requieren condiciones adecuadas para evitar pérdidas y prevenir la repolución en la red

Tabla 40

Problemas identificados y propuestas de mejora en conducción y distribución.

Problemas identificados	Propuestas de mejora
Línea de 350 mm sin macromedición	Instalación de macromedidores electromagnéticos.
Pérdidas en tuberías antiguas	Renovación por tuberías PVC-O o PEAD.
Sectorización deficiente	Instalación de válvulas para operación hidráulica sectorial.

Nota. Basado en diagnóstico de la PTAP SEDA Juliaca.

Las fallas en la conducción y distribución generan pérdidas significativas, reducen la eficiencia del sistema y aumentan el riesgo de repolución en la red. La instalación de macromedición y la sectorización permitirá controlar caudales,

detectar fugas y mejorar la sostenibilidad del sistema mediante operaciones más eficientes y seguras.

4.2. Discusiones

En el primer objetivo se evidenció que la PTAP SEDA Juliaca cuenta con todas las unidades de un proceso convencional (captación, mezcla, floculación, sedimentación, aseptia, filtración, almacenamiento y distribución), pero la mayoría opera con un cumplimiento solo parcial respecto a criterios técnicos, debido al deterioro de estructuras, ausencia de mezcla rápida, sedimentadores con fisuras, filtros con retro lavado deficiente, desinfección manual y una red de distribución con pérdidas; pese a ello, la planta se mantiene operativa y logra producir agua apta para consumo humano. Esta realidad es consistente con lo reportado en diagnósticos nacionales y regionales, donde varios autores describen sistemas con infraestructura incompleta o deteriorada y con fallas operativas similares: Anchapuri (2023) encontró en Tarata una infraestructura insuficiente, turbideces de 18 a 75 NTU y un caudal disponible de 2 L/s frente a una demanda de 3.5 L/s, lo que obligó a plantear una nueva PTAP completa; de manera parecida, Calero y Calero (2018) describieron en Llacuabamba una captación con fallas de regulación, un sedimentador con fisuras y un sistema de cloración deficiente, concluyendo que la operación y desinfección eran los puntos más críticos. Huamán (2023) también reportó en la EPS Marañón un sistema con línea de conducción con roturas, PTAP con lecho filtrante deteriorado y reservorios con filtraciones, mientras que Huanca (2019) evidenció en Chimu captaciones obstruidas, conducciones con fugas en más del 30 % y Cl remanente <0.1 mg/L, lo cual comprometía la calidad microbiológica. A nivel regional, Romero (2018) y Toledo (2023) señalaron que las plantas de Ayaviri y



el sistema de Juliaca operan por encima de su capacidad de diseño, con unidades de mezcla, sedimentación y filtración deterioradas, reforzando la idea de que las deficiencias estructurales y operativas en sistemáticas de H₂O dulce son recurrentes. A este respecto, la PTAP SEDA Juliaca comparte el patrón de infraestructura envejecida y procesos parcialmente eficientes, aunque se diferencia positivamente en que, a pesar de estas limitaciones, mantiene la producción de agua potable con calidad aceptable gracias a la intervención continua del personal operativo.

En el segundo objetivo se determinó que, al comparar la PTAP SEDA Juliaca con el proceso estándar descrito por la normativa y la literatura especializada, la mayoría de unidades presenta un cumplimiento solo parcial y la mezcla rápida, en particular, no cumple por inexistencia de unidad, aunque el sistema en su conjunto logra producir agua que cumple la RM 127-2020-MINSA gracias a ajustes manuales en dosificación y operación. Este comportamiento se asemeja a lo descrito por Méndez et al. (2023), quienes encontraron que la PTAP "El Descanso" solo alcanzaba una eficiencia global del 61 %, con sedimentación al 52 % y filtración al 78 %, además de valores de dureza, sulfatos y Fe por arriba de los LP, lo que evidenció un tren convencional incompleto y subdimensionado. De manera semejante, Desye et al. (2021) reportaron en Gondar una turbidez final de 7.8 NTU, coliformes totales de 24 UFC/100 mL y Cl remanente <0.1 mg/L en el 72 % de conexiones, lo que refleja deficiencias en sedimentación, filtración, desinfección y distribución; Gin Williams et al. (2022) también hallaron en Wukari-Ibi una eficiencia global baja (52.77 %), turbidez de 6.74 NTU y coliformes de 17 UFC/100 mL, atribuyendo estos resultados a floculación, filtración y desinfección deficientes y a redes deterioradas. En contraste, Khan y

Ahmad (2018) mostraron que la planta de Nangloi, bien diseñada y correctamente operada, mantuvo turbideces finales <1 NTU incluso con turbideces crudas de 2000–3000 NTU, alcanzando eficiencias combinadas de 97–99 %, lo que confirma que el cumplimiento estricto del diseño y el control hidráulico son factores clave para altos niveles de remoción. Preethika y Arachchige (2021) y Toledo (2023) coinciden en señalar que cuando la demanda supera la capacidad de diseño, como ocurre en las plantas de la oquedad del afluente Kalu y en la sistemática de Juliaca, las unidades convencionales operan sobrecargadas y su eficiencia disminuye, situación similar a la de la PTAP SEDA Juliaca. Así, los hallazgos de este estudio se sitúan en un punto intermedio: la planta comparte con muchas PTAP estudiadas las brechas estructurales y operativas, pero se diferencia en que, pese a estas limitaciones, su agua tratada cumple la normativa, a costa de una alta dependencia de la experiencia y acciones correctivas del personal, lo que revela una eficiencia funcional pero vulnerable frente a cambios en caudal y calidad del agua cruda.

En el tercer objetivo se formuló una propuesta de mejora integral que incluye intervenciones en captación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y conducción, destacando como acción prioritaria la implementación de módulos lamelares en el sedimentador de finos N.º 01, con el fin de aumentar la superficie de sedimentación, reducir la velocidad ascensional y mejorar la remoción de sólidos finos, además de plantear automatización de dosificación, rehabilitación estructural y optimización del retrolavado y la sectorización. Esta orientación hacia mejoras específicas y técnicamente justificadas es coherente con lo planteado por Méndez et al. (2023), quienes propusieron redimensionar floculadores, ampliar filtros rápidos y



automatizar la dosificación para elevar la eficiencia de la PTAP “El Descanso”; y con Preethika y Arachchige (2021), que demostraron que la optimización de procesos (uso de polímeros, medios filtrantes alternativos y mantenimiento riguroso) puede mejorar significativamente la eficiencia sin necesidad inmediata de construir nueva infraestructura. Gin Williams et al. (2022) igualmente recomendaron rehabilitar la red de distribución, incorporar carbón activado y fortalecer mantenimiento y capacitación para revertir la baja eficiencia de la PTAP Wukari–Ibi, mientras que Sánchez (2019) planteó la rehabilitación de unidades, tecnologías de bajo costo y un procedimiento permanente de mantenimiento y operación para restituir el funcionamiento de la PTAR La Victoria. A nivel nacional y regional, Anchapuri (2023), Calero y Calero (2018), Huamán (2023) coincidieron en proponer mejoras estructurales y operativas nuevas PTAP, renovación de líneas de conducción, ampliación de reservorios, cloración automatizada, sectorización y macromedición como respuesta a los diagnósticos de deficiencia. Incluso Melgarejo (2020), desde la perspectiva de calidad de servicio en SEDAPAR, evidenció la necesidad de optimizar procesos internos y gestión para mejorar la atención al usuario. En este marco, la propuesta formulada para la PTAP SEDA Juliaca se alinea con la tendencia identificada en la literatura: prioriza intervenciones puntuales de alto impacto técnico, combinando mejoras en procesos clave (especialmente sedimentación lamelar) con acciones de mantenimiento, automatización y gestión, lo cual la transforma en una disyuntiva viable y coherente con la experiencia previa documentada en plantas de procesamiento de contextos similares

CONCLUSIONES

- Primera:** Conforme a la descripción de los componentes de la PTAP SEDA Juliaca, se concluye que la mayoría de sus unidades: captación, floculación, sedimentación, filtración, cloración, impulsión y almacenamiento presentan signos de deterioro, insuficiencia de capacidad y obsolescencia operativa, afectando la eficiencia global del proceso de potabilización. La infraestructura muestra equipos inoperativos, sistemas incompletos y limitaciones estructurales que comprometen el procesamiento continuo. Asimismo, varias unidades no cumplen con los caudales de diseño y requieren modernización para adecuarse a la demanda actual.
- Segunda:** Respecto la comparación entre el proceso de potabilización de la PTAP SEDA Juliaca y los estándares establecidos por CEPIS, DIGESA, AWWA y Metcalf & Eddy, se concluye que gran parte de las unidades operan de manera parcial y con limitaciones técnicas que afectan la eficiencia del sistema. Sin embargo, mediante ajustes manuales y acciones operativas del personal, la planta consigue compensar estas deficiencias y producir H₂O que desempeña con los parámetros de condición de la RM 127-2020-MINSA. Esto demuestra que, aunque el proceso no se alinea plenamente con el diseño convencional, mantiene funcionalidad básica.
- Tercera:** Con respecto a la formulación de la propuesta de mejora permitió identificar intervenciones prioritarias y técnicamente viables para optimizar los procesos de potabilizaciones de la PTAP SEDA

Juliaca, destacando la implementación de módulos lamelares en el Sedimentador de Finos N.º 01 como la acción de mayor impacto operativo. Esta alternativa incrementa significativamente la eficiencia de clarificación, reduce la carga de sólidos hacia los filtros y mejora la estabilidad del procesamiento. Asimismo, las mejoras complementarias en captación, mezcla vertiginosa, floculación, sedimentación, desinfección y filtración fortalecen el desempeño global del centro.

Cuarta: Como conclusión general, el diagnóstico integral de la PTAP SEDA Juliaca permitió identificar deficiencias estructurales, hidráulicas y operativas en cada etapa del proceso de potabilización, así como las unidades que operan con cumplimiento parcial respecto a estándares técnicos. La comparación con procesos convencionales evidenció brechas que impactan en la eficiencia del procesamiento, aunque la planta sigue garantizando agua idónea para ingesta humana. Con base en ello, se formuló una propuesta de mejora técnica viable, destacando la implementación de módulos lamelares en el sedimentador de finos, junto con acciones complementarias que fortalecen la eficiencia y confiabilidad del sistema.

RECOMENDACIONES

- Primera:** A futuros estudiantes se les sugiere llevar a cabo estudios experimentales sobre la eficacia de las unidades de composición rápida y floculación, incorporando mediciones de gradientes de velocidad (G) y tiempos de conservación, a fin de determinar con precisión los parámetros hidráulicos óptimos para la PTAP SEDA Juliaca y evaluar alternativas de diseño que mejoren la formación de flóculos.
- Segunda:** Para futuros trabajos de investigación se recomienda evaluar la eficiencia real de las lamelas instaladas en el Sedimentador de Finos N.º 01, mediante análisis de turbidez, velocidad ascensional y remoción de sólidos, de manera que se valide su desempeño y se generen modelos predictivos aplicables a PTAP con condiciones similares.
- Tercera:** A futuros estudiantes se les insinúa desarrollar análisis de optimización del proceso de filtración, analizando la pérdida de carga, tiempos de run-length y calidad del retro lavado, con el fin de determinar si la implementación de nuevos medios filtrantes o sistemas automatizados de lavado incrementa la eficacia y alarga la existencia útil de los filtros.
- Cuarta:** Para investigaciones posteriores se recomienda examinar el impacto de la automatización en procesos de dosificación y desinfección, evaluando la estabilidad del cloro remanente y la reducción de riesgos operativos, con el propósito de sustentar la



necesidad de sistemas de monitoreo en línea en PTAP de mediana capacidad.

Quinta: A los futuros investigadores se les aconseja estudiar el comportamiento hidráulico del sistema de distribución mediante modelación computacional, identificando puntos críticos de presión, pérdidas físicas y riesgos de repolución, con el fin de plantear soluciones técnicas complementarias a la propuesta de sectorización y macromedición.

Sexta: Finalmente, se recomienda a quienes desarrollen nuevos trabajos evaluar la sostenibilidad operativa y económica de las mejoras propuestas, considerando costos de mantenimiento, consumo energético y disponibilidad de personal técnico, para generar propuestas de inversión de largo y mediano plazo que beneficien las gestiones integrales del sistema de H₂O dulce en Juliaca



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EL PERUANO. (2009). *Ley de Recursos Hídricos, LEY N° 29338* . Lima: Diario Oficial el Peruano web site.
- EL PERUANO. (2018). *La calidad de agua: Diario Oficial el Peruano*. Lima.
- ANA. (2019). *El Agua en cifras: ANA*. Autoridad Nacional del Agua, Lima.
- ANA. (2020). *Informe de la calidad de recursos hídricos en la región Puno*. Autoridad Nacional del Agua del Perú, Puno.
- Anchapuri Quispe, W. A. (2023). *valuación técnica y planteamiento de propuesta de diseño de la planta de tratamiento de agua potable en el distrito de Tarata – Tacna*. Tarata – Tacna.
- Apaza Mamani, R. (2020). *Diagnóstico y mejoramiento del sistema de agua potable de la comunidad de Huasacona, distrito de Santa Rosa – Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Santa Rosa – Puno.
- Arrieta J, J. (2019). *Recomendaciones para diseño y optimización de Plantas de Tratamiento de Agua Potable, considerando aspectos de funcionalidad y durabilidad*. Dialnet.
- AWWA. (2012). *Diseño de plantas de tratamiento de agua (5ª ed.)*. American Water Works Association. McGraw-Hill.
- AWWA. (2021). *Principios y prácticas del tratamiento del agua*. merican Water Works Association.
- Calero Montes, M. D., & Calero Montes, C. J. (2018). *Diagnóstico y propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua potable por actividad minera en la Comunidad Campesina Llacuabamba, La Libertad, 2017*. La Libertad.



- CEMDA. (2019). *El agua en México*. Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. (CEMDA), México.
- CEPIS – OPS/OMS. (2004). *Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua potable*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- CEPIS – OPS/OMS. (2005). *Diseño de plantas de tratamiento de agua potable para abastecimiento poblacional*. Organización Panamericana de la Salud.
- Contreras Chura, H. (2021). *Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya – El Collao - Puno*. tesis pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno. Recuperado el 22 de Julio de 2021, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15683/Contreras_Chura_Hugo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Desye, B., Belete, B., Gebrezgi, Z. A., & Reda, T. T. (2021). *Eficiencia de la planta de tratamiento y evaluación de la calidad del agua potable desde la fuente hasta el hogar, Ciudad de Gondar, Noroeste de Etiopía*. Etiopía - África: Revista de Salud Pública y Ambiental.
- DIGESA. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Ministerio de Salud del Perú.
- DIGESA. (2020). *Resolución Ministerial N.º 127-2020/MINSA. Protocolo de monitoreo de la calidad de agua para consumo humano*. Ministerio de Salud – Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria.
- Eddy, M. &. (2014). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento y recuperación de recursos (5ª ed.)*. McGraw-Hill Education.



- Gin Williams, A., Joshua, W., & Ezekiel, S. (2022). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de agua potable y el impacto de las averías en los sistemas de distribución en la calidad del agua de la planta de Wukari-Ibi*. Nigeria: Investigación y Tecnología Ambiental.
- Glynn, H., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México.
- Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Quinta.ed.
- Huaman Peña, H. (2023). *Diagnóstico del sistema de agua potable de la prestación del servicio en la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Marañón – San Ignacio, 2022*. Universidad Cesar Vallejo, Marañón – San Ignacio.
- Huanca Calsina, J. (2019). *Evaluación del sistema de agua potable y propuesta de mejora en la comunidad de Chimu, distrito de Acora – Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Acora – Puno.
- Khan, F., & Ahmad, A. (2018). *Evaluación del rendimiento de la planta de tratamiento de agua de Nangloi, Nueva Delhi*. India: Revista Internacional de Investigación en Ingeniería y Tecnología.
- Mejia Clara, M. R. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Tesis para optar el grado Magister, Honduras. Obtenido de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0602e/A0602e.pdf>



Melgarejo Alvarez, M. R. (2020). *Diagnóstico de la calidad de servicio y propuesta de mejora de las unidades de uso y cambio de categoría del Departamento de Promoción y Ventas de la empresa de servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa – SEDAPAR S.A. Arequipa - Perú.* Obtenido de

[https://repositorio.ulasalle.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12953/89/1.](https://repositorio.ulasalle.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12953/89/1.%20M.%20Melgarejo%20-%20Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[.%20M.%20Melgarejo%20-%20Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ulasalle.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12953/89/1.%20M.%20Melgarejo%20-%20Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Méndez Ruiz, J., Barcia Carreño, M. B., Mejía Bustamante, L. J., Cornejo Pozo, A., Salas Vázquez, C. A., & Valverde Armas, P. E. (2023). *Evaluación del desempeño de una planta de tratamiento de agua en Ecuador: redimensionamiento hidráulico de las unidades de tratamiento.* Ecuador.

Metcalf, & Eddy. (2016). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento y recuperación de recursos (5ª ed.).* McGraw-Hill.

MINAM. (2020). *Informe nacional del estado del ambiente.* Ministerio del Ambiente del Perú.

MINSA. (2010). *Decreto Supremo N.º 031-2010-SA: Estándares de Calidad del Agua para Consumo Humano.* Ministerio de Salud del Perú, Lima.

OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable primer apéndice a la tercera edición Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud.* ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD .

OMS. (2017). *Guías para la calidad del agua potable (4.ª edición).* Organización Mundial de la Salud.

OMS. (2019). *Calidad del agua potable.* Organización Mundial De La Salud.

OMS. (2022). *Directrices para la calidad del agua potable (4ª ed.).* Organización Mundial de la Salud.



OPS. (2015). *Guía para la evaluación y mejora de sistemas de agua potable.*

Organización Panamericana de la Salud.

OPS. (2017). *Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua potable.* Organización Panamericana de la Salud.

OTASS. (2020). *Lineamientos para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y saneamiento.* Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento, Lima.

OTASS. (2021). *Informe técnico sobre operación y mantenimiento de EPS en regiones altoandinas.* Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento, Puno.

Paredes Díaz, J. (2018). *Importancia del agua.* Peru. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fial/info86/articulos/importanciaAgua.html>

Preethika, M., & Arachchige, B. J. (2021). *Optimización del proceso de la planta de tratamiento de agua potable: un estudio de caso de la cuenca del río Kalu, Sri Lanka.* Sri Lanka: Revista de Investigación en Tecnología e Ingeniería.

Requena Marcelo, D. M. (2022). *Mejoramiento del sistema de agua potable en las localidades de Huaquish y Pocor del distrito de Pararán – Provincia de Recuay – Departamento de Ancash – I Etapa.* Ancash. Obtenido de https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6190/Requena%20Marcelo%2C%20Deiby%20Mijail_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romero Giráldez, L. M. (2018). *Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ayaviri, Melgar, Puno.* Universidad



Continental, Melgar - Puno. Obtenido de

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9766/4/IV
_FIN_107_TE_Romero_Giraldez_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9766/4/IV_FIN_107_TE_Romero_Giraldez_2021.pdf)

Sánchez Vanegas, J. (2019). *Evaluación y propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Inspección La Victoria del municipio El Colegio, Cundinamarca*. Bogotá. Obtenido de [https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5507/
Trabajo%20de%20Investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=1](https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5507/Trabajo%20de%20Investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=1)

SUNASS. (2019). *Análisis de la calidad del agua potable en las empresas prestadoras del Perú: 1995 - 2003*. Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento, Lima.

SUNASS. (2019). *Guía de evaluación de infraestructuras de plantas de tratamiento de agua potable (PTAP)*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

SUNASS. (2020). *Estado situacional de los servicios de agua potable y saneamiento en el Perú*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

SUNASS. (2021). *Informe anual de desempeño de las EPS*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

SUNASS. (2022). *Diagnóstico del servicio de agua potable en el Perú*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Lima.

Toledo Quiñónez, F. J. (2023). *mpliación y mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Juliaca – Puno (CUI 2331661)*. Juliaca – Puno.



UNESCO. (2021). *Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2021: Valorar el agua*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.



ANEXOS

ANEXO 1.

Panel fotográfico



Fotografía 01: Sitio del lugar de análisis "PATP de SEDA Juliaca".



ANEXO 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
¿Cuál es el diagnóstico y propuesta de mejora de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento SEDA Juliaca, 2025? PROBLEMAS ESPECÍFICOS 1) ¿Cuáles son los componentes actuales que conforman el proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca? 2) ¿En qué se diferencia el proceso de potabilización de la PTAP de SEDA Juliaca respecto al proceso estándar de una planta de tratamiento convencional, según la normativa y la literatura especializada? 3) ¿Qué propuesta de mejora puede formularse para optimizar el proceso de potabilización de la PTAP de SEDA Juliaca en función de las limitaciones identificadas en el diagnóstico?	Realizar el diagnóstico y propuesta de mejora de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento SEDA Juliaca, 2025. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1) Describir los componentes actuales del proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca. 2) Comparar el proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca con el proceso estándar de una planta de tratamiento convencional, según normativa o literatura especializada. 3) Formular una propuesta de mejora del proceso de potabilización de la PTAP basada en las limitaciones identificadas en el diagnóstico.	Para el actual estudio no se expresan las hipótesis	Variable de caracterización: Condiciones actuales de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca. Variable de interés: Mejora del proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de SEDA Juliaca	Tipo de investigación. El análisis correspondió al tipo de investigación aplicada, pues no solo se describió la situación actual de la PTAP SEDA Juliaca, sino que se buscó generar una solución práctica y directamente utilizable por la entidad operadora mediante la formulación de una propuesta de mejora. Enfoque de la investigación La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, a causa de que empleó datos estructurados, mediciones técnicas, caracterización de componentes y comparaciones basadas en estándares normativos para analizar el funcionamiento de la PTAP SEDA Juliaca. Diseño de investigación El diseño esgrimido fue no experimental transversal, dado que no se manipuló ninguna variable del proceso de potabilización y se evaluó la PTAP SEDA Juliaca tal como se encontraba en su estado real de funcionamiento.



VALIDACION DE INSTRUMENTO

DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA
PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTOS EDA JULIACA, 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	HELBERT Calsin Torres
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	INGENIERO CIVIL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81 – 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					98 %
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					95 %
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					94 %
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98 %
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					97 %
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					95 %
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					96 %
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					96 %
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					94 %

III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación..... ☒
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación..... ☐

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

95.88%

Helbert Calsin Torres
INGENIERO CIVIL
CIP. 130825



VALIDACION DE INSTRUMENTO

DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTOS DE AJULIACA, 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	ODIS FROILON QUQUECCA ROA
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81 – 100%
10. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					97 %
11. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					97 %
12. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					99 %
13. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98 %
14. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					95 %
15. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					96 %
16. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99 %
17. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					95 %
18. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					95 %

III. OPINION DE APLICATIBILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación..... ☒
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación..... ☐

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

96.77%



Odis F. Ququecca Roa
ING. SANITARIO AMBIENTAL
C.P. 330001

VALIDACION DE INSTRUMENTO

DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA
PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTOS EDA JULIACA, 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	<i>Marco Antonio Chaballero</i>
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	<i>Ing. Sanitario Ambiental</i>
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
19. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					98 %
20. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					98%
21. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					99%
22. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
23. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					95%
24. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
25. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99%
26. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					95%
27. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					95%

III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación..... ☒
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación..... ☐

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

97.22%


MPM. MARCO ANTONIO CHABALLERO
SUB GERENTE DISTRIBUCION Y RECOLECCION
CIP: 239711

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓNAUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCVFormato digital ☒

Fecha de entrega: 29 - 12 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RENE HUMBERTO HANCCO VARGAS
Dirección: PASAJE SANTA FE MZ-A2
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 42088294
Teléfono: 950806392 email: otazu2935@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL
Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐
Título: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO SEDA JULIACA, 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): PTAP, DIAGNÓSTICO, PROPUESTA DE MEJORA, POTABILIZACIÓN, SEDA JULIACA, AGUA POTABLE

¿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: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor

huella digital

29 - 12 - 2025

Fecha