



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE  
LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS  
INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL  
DISTRITO DE CABANILLA**

TESIS PRESENTADA POR:  
**Bach. MILAGROS INES LINO PAREDES**

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

JULIACA – PERÚ  
2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE  
LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS  
INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL  
DISTRITO DE CABANILLA**





**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. MILAGROS INES LINO PAREDES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

<b>PRESIDENTE</b>	:	 Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
<b>PRIMER MIEMBRO</b>	:	 Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
<b>SEGUNDO MIEMBRO</b>	:	 M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
<b>ASESOR DE TESIS</b>	:	 Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:</b>	:	CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 689-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 26 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 08851 presentado por el (la) Bachiller: **MILAGROS INES LINO PAREDES** 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. **MILAGROS INES LINO PAREDES**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD 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 mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- \* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **MILAGROS INES LINO PAREDES**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Viernes 02 de agosto del 2024
- \* **HORA** : 11:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

**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 Cs. PURAS

  
.....  
**Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**  
DECANO  
CIP. 47790

cc.  
Archivo  
intermediario

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

  
.....  
**Dr. Efrain Parillo Sosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 571-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 09 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 07122 por el señor (a): **MILAGROS INES LINO PAREDES** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO – N°547 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 022 - 2024 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): **MILAGROS INES LINO PAREDES**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA**, 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 **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** 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° 022 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA**, 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): **MILAGROS INES LINO PAREDES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**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. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 359-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 24 de mayo del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 5912, presentado por el (la) Bachiller **MILAGROS INES LINO PAREDES** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 047-2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTITGACIÓN**, para optar el título profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **MILAGROS INES LINO PAREDES** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA CONBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 047-2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTITGACIÓN**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Efraín Parillo Sosa** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA CONBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA**.

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 del Director de la Unidad 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, 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 **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado a (el) o (la) Bachiller: **MILAGROS INES LINO PAREDES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA CONBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, se le asigna como:

**ASESOR: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**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. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 047-2023-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de noviembre del 2023

**VISTO:** El expediente N° 2023-CU-12890, presentado por el señor (a) **MILAGROS INES LINO PAREDES** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, el PROVEIDO – N° N° 179-2023-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 10 - 2023 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 (la) estudiante: **MILAGROS INES LINO PAREDES**, ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA CONBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA**, 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 **Mgr. Franz Joseph Barahona Perales** 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° 10-2023 **aprobando** la propuesta de investigación titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA CONBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

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 merito 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 o (la) Bachiller: **MILAGROS INES LINO PAREDES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA CONBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA** 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** al (a la), **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**.

**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. PURAS  
.....  
Ing. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

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

cc.  
Archivo 2023  
interesado (a)



## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	7%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%



## Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA CONBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	MILAGROS INES LINO PAREDES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70494501
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0007-3271-2677">https://orcid.org/0009-0007-3271-2677</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4219-1007">https://orcid.org/0000-0002-4219-1007</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	01323821
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Contaminación y calidad ambiental - P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p> <b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Puno  <b>Distrito:</b> Cabanilla            Laguna de Oxidacion  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> 15°66'629"S  <b>Longitud:</b> 69°71'102"O  <b>URL Maps:</b>  <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1BaFdjtL8aJfPNXRVhnRAaGisbMdpurg&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1BaFdjtL8aJfPNXRVhnRAaGisbMdpurg&amp;usp=sharing</a> </p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2023 – Mayo 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> Librería	<p><b>Ingeniería ambiental</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ciencias del medio ambiente</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
*Dr. Efraín Parillo Sosa*  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo MILAGROS INES LINO PAREDES, identificado con DNI Nro. 70494501 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA  
COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y  
REZOFILTRACIÓN EN EL DISTRITO DE CABANILLA

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

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, 27 de Agosto 2024

Firma del Asesor  
(obligatoria)

Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Consagro este proyecto principalmente a Dios, por otorgarme la vida y guiarme hasta este punto tan significativo de mi desarrollo profesional. También quiero expresar mi gratitud a otras personas que han sido fundamentales en mi camino

A mi mamita Toribia Paredes Quilla que se encuentra en el cielo viéndome, quiero dedicarle un profundo agradecimiento por su amor absoluto y su inalcanzable respaldo durante mi trabajo de investigación.

Tu apoyo fue mi fuente de energía y ánimo en los momentos más desafiantes. Gracias por creer en mí y ser mi mayor fan. Tu amor y devoción han sido esenciales para este logro. Te amo, mamá Toribia. Gracias por todo.

A mi padre Román Lino, cuya perseverancia y constancia siempre me han servido de motivación, y por el coraje con el que ha enfrentado las adversidades.

A mi hija Antonella que me dio la fuerza y el motivo para seguir adelante con mis estudios profesionales, también a mi pareja por el gran apoyo que siempre me da.

**MILAGROS INES LINO PAREDES**



## AGRADECIMIENTO

Dedicamos esta investigación ante todo a Dios, por ser nuestra fuente de motivación y por brindarnos la fuerza necesaria para avanzar en la realización de uno de nuestros más ansiados objetivos.

Agradezco a mis padres por su arduo trabajo y sacrificio a lo largo de todos estos años. Gracias a ustedes, he alcanzado llegar hasta aquí. Ha sido un honor y un privilegio ser su hija.

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez (UANCV) por brindarme la oportunidad de avanzar hacia el éxito. Gracias por convertirme en una profesional competitiva, llena de conocimientos y expectativas. También deseo expresar mi especial agradecimiento a todos nuestros docentes por proporcionarme una formación profesional. Muchas gracias por todo.

**MILAGROS INES LINO PAREDES**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general .....	2
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 .....	4



1.4.3. Justificación ambiental.....	4
1.4.4. Justificación Económica .....	5
1.5. Hipótesis de la investigación.....	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5
1.5.2. Hipótesis específicas .....	5
1.6. Variables.....	6
1.6.1. Variable independiente (VI) .....	6
1.6.2. Variable dependiente (VD) .....	6
1.7. Operacionalización de variables .....	7
CAPITULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	11
2.1.3. Antecedentes regionales .....	14
2.2. Bases teóricas .....	15
2.2.1. Aguas residuales .....	15
2.2.2. Clasificación de las aguas residuales .....	16
2.2.3. Características de las aguas residuales .....	16
2.2.4. Combinación sinérgica .....	19
2.2.5. Rizofiltración .....	20
2.2.6. Rizofiltración de aguas residuales con plantas macrófitos .....	21



2.2.7. Eicchornia crassipes (Jacinto de agua) .....	21
2.2.8. Osmosis inversa (OI) .....	24
2.2.9. Proceso operativo de osmosis inversa .....	24
2.2.10. Ventajas y desventajas del proceso de osmosis inversa .....	26
2.3. Marco conceptual .....	26
2.3.1. Macrófito .....	26
2.3.2. Parámetros físicos .....	27
2.3.3. Parámetros microbiológicos .....	27
2.3.4. Parámetros químicos .....	27
2.3.5. Membranas (osmosis) .....	28
2.3.6. Tiempo de retención .....	28
CAPITULO III .....	29
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
3.1. Diseño de investigación .....	29
3.2. Tipo de investigación .....	30
3.3. Procedimiento metodológico .....	30
3.3.1. Objetivo1: Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales del distrito de Cabanilla .....	30
3.3.2. Objetivo 2: Identificar las características operacionales adecuadas de la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración para el tratamiento de aguas residuales .....	35



3.3.3. Objetivo 3: Determinar la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual en la etapa de rizofiltración y en la etapa de osmosis inversa.....	37
3.4. Materiales y equipos .....	38
3.5. Técnicas e instrumentos .....	39
3.5.1. Técnicas .....	39
3.5.2. Instrumentos .....	39
3.6. Población y muestra .....	39
3.6.1. Población .....	39
3.6.2. Muestra.....	40
CAPITULO IV .....	41
RESULTADOS Y DISCUSION .....	41
4.1. Resultados .....	41
4.1.1. Concentración y dinámica del arsénico presente en las aguas subterráneas de la urbanización Perlas del Altiplano.....	41
4.1.2. Identificación de las características operacionales adecuadas de la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración para la reducción de los contaminantes de las aguas residuales .....	45
4.1.3. Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual con la combinación sinérgica de rizofiltración y osmosis inversa .....	53
4.2. Análisis estadístico .....	55
4.2.1. Prueba de hipótesis general .....	56



4.2.2. Prueba de hipótesis específico 1 .....	57
4.2.3. Prueba de hipótesis específico 2 .....	58
4.2.3. Prueba de hipótesis específico 3 .....	61
4.3. Discusiones .....	63
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES .....	67
BIBLIOGRAFÍA .....	68
ANEXOS .....	72



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables de la investigación .....	7
<b>Tabla 2.</b> Taxonomía de la especie Jacinto de agua (Eichhornia crassipes). ...	22
<b>Tabla 3.</b> Parámetros evaluados .....	31
<b>Tabla 4.</b> Datos de los puntos de muestreo .....	32
<b>Tabla 5.</b> Características de los tratamientos .....	35
<b>Tabla 6.</b> Formula de porcentaje de remoción.....	37
<b>Tabla 7.</b> Materiales y equipos .....	38
<b>Tabla 8.</b> Concentración inicial de parámetros fisicoquímicos y biológicos .....	41
<b>Tabla 9.</b> Parámetros fisicoquímicos y biológicos en los tratamientos .....	45
<b>Tabla 10.</b> Porcentaje de remoción .....	53
<b>Tabla 11.</b> Prueba de normalidad.....	55
<b>Tabla 12.</b> ANOVA para hipótesis general .....	56
<b>Tabla 13.</b> T-student para hipótesis específico 1 .....	57
<b>Tabla 14.</b> ANOVA para hipótesis específico 2 .....	59
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Tukey.....	60
<b>Tabla 16.</b> ANOVA para hipótesis específico 3 .....	61
<b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey.....	62



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Morfología de <i>Eichhornia crassipes</i> .....	23
<b>Figura 2.</b> Diagrama de la osmosis inversa.....	25
<b>Figura 3.</b> Muestreo de aguas residuales .....	34
<b>Figura 4.</b> Diseño de la combinación sinergia de rizofiltración y osmosis .....	36
<b>Figura 5.</b> Concentración inicial de la temperatura y solidos totales en suspensión....	42
<b>Figura 6.</b> Concentración inicial del pH, aceites y grasas .....	42
<b>Figura 7.</b> Concentración inicial de DBO, DOQ y coliformes termotolerantes...	44
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de la temperatura a 3, 4 y 5 días.....	46
<b>Figura 9.</b> Comportamiento de solidos totales en suspensión a 3,4 y 5 días ....	47
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de aceites y grasas a 3,4 y 5 días.....	48
<b>Figura 11.</b> Comportamiento de pH a 3,4 y 5 días .....	49
<b>Figura 12.</b> Comportamiento de la DBO5 a 3, 4 y 5 días .....	50
<b>Figura 13.</b> Comportamiento de la DQO a 3, 4 y 5 días.....	51
<b>Figura 14.</b> Comportamiento de coliformes termotolerantes a 3, 4 y 5 días .....	52
<b>Figura 15.</b> Comportamiento del % de remoción .....	54



## RESUMEN

El objetivo de este estudio de investigación fue "Evaluar el tratamiento de las aguas residuales mediante la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración en el distrito de Cabanilla". La metodología contuvo un diseño experimental de enfoque cuantitativo y una investigación aplicada; para recopilar datos se empleó la técnica de observación directa, revisión documentaria y aplicación de métodos estadísticos; como instrumento se empleó la cadena de custodia y el "protocolo para el monitoreo de aguas superficiales". La muestra está representada por 540L de agua residual a tratar y 500mL para análisis de laboratorio; el muestreo ejecutado fue no probabilístico Conforme al requerimiento del investigador En los resultados se presenta que la concentración inicial de parámetros fisicoquímicos y biológicos presenta valores de 800mg/L DQO, 480mg/L DBO<sub>5</sub>, 6.9und de pH, 280ml/L SST, 16.3T° y 150000NMP/100mL de coliformes totales. Luego del tratamiento con la combinación sinérgica de rizofiltración y osmosis inversa se observa que la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual es 72.40% en la etapa de rizofiltración y 91.70% en la etapa de osmosis inversa.

**Palabras claves:** Agua residual, Remoción, Rizofiltración, Osmosis inversa



## ABSTRACT

The objective of this investigation study was "Evaluate the treatment of wastewater through the synergic combination of reverse osmosis and rhizofiltration in the district of Cabanilla". The methodology included an experimental designing with a quantitative procedure and applied research; To collect data, the technique of direct observation, documentary review and application of statistical methods was used; The chain of custody and the "protocol for monitoring surface waters" were used as instruments. The sample is represented by 540L of wastewater to be addressed and 500mL for laboratory analysis; The sampling carried out was non-probabilistic described to the need of the scientist. The consequences show that the initial concentration of physicochemical and biological parameters presents values of 800mg/L COD, 480mg/L BOD5, 6.9und of pH, 280ml/L TSS, 16.3T° and 150,000NMP/100mL of total coliforms. After treatment with the synergic combination of rhizofiltration and reverse osmosis, the removal of physicochemical and biological parameters of the wastewater was 72.40% in the rhizofiltration stage and 91.70% in the reverse osmosis stage.

**Keywords:** Wastewater, Removal, Rhizofiltration, Reverse Osmosis, Reverse Osmosis



## INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, el manejo de aguas servidas surge como una necesidad urgente para proteger el ambiente natural y la salud comunitaria. Con el crecimiento poblacional y el desarrollo industrial, la producción de aguas depuradas se ha convertido en un desafío global que requiere soluciones innovadoras y sostenibles. En este sentido, la búsqueda de métodos alternativos y sostenibles ha adquirido una importancia significativa. La combinación sinérgica de la osmosis inversa y la rizofiltración emerge como una solución prometedora para abordar esta problemática.

La osmosis inversa (OI) es un procedimiento de filtración a presión que usa membranas semipermeables para separar y eliminar sólidos disueltos, moléculas orgánicas, partículas, coloides y otras sustancias indeseables del agua (Qu et al., 2019).

Por otro lado, la rizofiltración es un método de fitotransformación que emplea las plantas para transformar contaminantes en sustancias menos dañinas o inertes a través de sus raíces (Lone et al., 2022). Esta técnica ha ganado atención debido a su bajo costo, eficiencia energética y compatibilidad ambiental. No obstante, su capacidad de tratamiento puede verse limitada por factores como la concentración inicial de contaminantes, la especie vegetal y las condiciones ambientales (Ammar et al., 2020).

La combinación sinérgica de la OI y la rizofiltración surge como una alternativa prometedora para vencer las restricciones específicas de cada técnica. La integración de estos procesos podría aprovechar las ventajas de ambos métodos, logrando un tratamiento más eficiente y sostenible de las aguas



depuradas. Mientras que la OI se encargaría de la eliminación inicial de contaminantes, la rizofiltración podría actuar como un proceso complementario para el tratamiento de las corrientes de rechazo, reduciendo así el impacto ambiental y optimizando el consumo energético (Puga et al., 2020).

El estudio actual se estructura en cuatro capítulos distintos, los cuales están especificados:

El primer capítulo, encontramos la introducción, el planteamiento del problema, enunciando del problema, hipótesis, justificación y la fundamentación definiendo los objetivos logrados que abarca el estudio.

El segundo capítulo, se desarrolla argumentos concernientes al tema de estudio, referencias del estudio y los principios teóricos que respaldan este proyecto.

El tercer capítulo, se aborda el procedimiento utilizada en este estudio describiendo el tipo y diseño de estudio, técnicas e instrumentos, la selección de la población y muestra, los métodos, así como los procesos de recolección de información.

El cuarto capítulo, Se incluyen los resultados obtenidos y su respectivo análisis. Posteriormente, se abordan las conclusiones y recomendaciones correspondientes.



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática.

En la época actual, la gestión inapropiada de las aguas residuales sigue siendo un desafío persistente en distintas áreas del mundo, a causa de la falta de recursos y tecnologías apropiado, lo que resulta en una contaminación ambiental al devolver estas aguas tratadas de manera deficiente a su entorno natural (Bayona, 2016). el 70% de las aguas servidas en el Perú no cuenta con un tratamiento adecuado, en nuestro país donde 253 lugares cubiertos por las EPS, de estos, únicamente 164 desechan sus aguas negras en el sistema de alcantarillado desde donde son conducidas hacia una PTAR; los otros 89 no cuentan con esta infraestructura y Vierten sus aguas directamente en ecosistemas acuáticos continentales, incluyendo ríos y lagos. (Mejía, 2017).

El distrito de Cabanilla, localizado en el departamento de Puno, enfrenta una situación ambiental preocupante a causa del deficiente manejo de sus aguas residuales. En la actualidad, el distrito cuenta con una laguna de oxidación que se encuentra en un estado de deterioro considerable, lo que resulta en la emisión de efluentes con un tratamiento inadecuado. Esta problemática tiene repercusiones



significativas tanto en el ecosistema acuático como en la sociedad local. En donde, la inadecuada calidad del agua tratada afecta directamente a la biodiversidad acuática del lugar poniendo en riesgo su supervivencia y provocando desequilibrios ecológicos en el ecosistema de Cabanilla.

Asimismo, la polución de las aguas residuales ejerce un efecto adverso en la salud integral y el desarrollo humano de la población de Cabanilla. Los pobladores que dependen del agua proveniente de fuentes cercanas a la laguna de oxidación corren el riesgo de consumir agua contaminada, lo que puede provocar enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud pública. Asimismo, los agricultores que emplean estas aguas para el riego de sus cultivos introducen contaminantes en la cadena alimentaria, afectando la seguridad alimentaria de la sociedad. Además, la ausencia de un manejo correcto de las aguas residuales genera conflictos entre los diversos pobladores que se apoyan en este recurso para sus rutinas diarias. La disputa por el ingreso a agua limpia y óptima para el consumo, la irrigación de cultivos y el abrevado de la ganadería puede intensificar las tensiones sociales y dificultar la convivencia pacífica en la comunidad.

Considerando la problemática presentada, se plantea desarrollar un sistema que integre la tecnología de osmosis inversa junto con la rizofiltración con el fin de abordar el tratamiento de las aguas depuradas en el distrito de Cabanilla.

## **1.2. Planteamiento del problema.**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo el tratamiento de las aguas residuales se ve influenciado por la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración en el distrito de Cabanilla?



## **1.2.2. Problemas específicos**

- 1) ¿Cuánto será la concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales del distrito de Cabanilla?
- 2) ¿Cuáles serán las características operacionales adecuadas de la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración para la reducción de contaminantes de las aguas residuales?
- 3) ¿Cuál es la cantidad de remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual en la etapa de rizofiltración y en la etapa de osmosis inversa?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el tratamiento de las aguas residuales mediante la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración en el distrito de Cabanilla

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- 1) Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales del distrito de Cabanilla
- 2) Identificar las características operacionales adecuadas de la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración para la reducción de contaminantes de las aguas residuales
- 3) Determinar la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual en la etapa de rizofiltración y en la etapa de osmosis inversa.



## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación Práctica**

El propósito práctico del estudio se fundamenta en la estrategia integrada que aborda las limitaciones individuales de cada tecnología y maximiza sus beneficios. Mientras la ósmosis inversa se encarga de la eliminación inicial de contaminantes, la rizofiltración actúa como un proceso complementario para el tratamiento de las corrientes de rechazo, reduciendo el impacto ambiental y optimizando el consumo energético. Además, esta solución es rentable, comprometido con la ecología y aplicable en diversos sectores donde la gestión apropiado de las aguas residuales es esencial (Carhua & Huancas, 2020).

### **1.4.2. Justificación social**

La justificación social de este análisis se fundamenta al ofrecer una alternativa viable para optimizar la calidad del agua, resguardar la salud pública y preservar los recursos hídricos locales. Al implementar este enfoque innovador, se promueve el bienestar colectivo, se fortalece la infraestructura sanitaria y se fomenta la participación comunitaria en la gestión responsable del agua, beneficiando así a las generaciones presentes y futuras del distrito Cabanilla (Bayona, 2016).

### **1.4.3. Justificación ambiental**

La fundamentación ambiental del estudio se fundamenta en la preservación del equilibrio ecológico de la zona, ya que, la descarga de efluentes sin un tratamiento adecuado está provocando un efecto negativo en la flora y fauna acuática de Cabanilla. Esta tecnología combinada permitiría eliminar de manera efectiva las toxinas presentes en las aguas residuales, evitando su liberación al medio ambiente y protegiendo los ecosistemas acuáticos. Además, al aprovechar

la rizofiltración, un proceso eco amigable con la naturaleza, se minimiza la generación de efectos secundarios. Este tratamiento avanzado representa un paso crucial hacia la revitalización y protección del medio ambiente para las futuras generaciones (Apaza, 2022).

#### **1.4.4. Justificación Económica**

La justificación económica de este estudio se fundamentó en la optimización de recursos financieros a largo plazo. La combinación de osmosis inversa y rizofiltración ofrece un tratamiento de aguas residuales eficiente y rentable para el distrito Cabanilla. Al reducir los costos asociados con la compra de productos químicos y la energía requerida para otros métodos de tratamiento convencionales, se generan ahorros significativos. Además, al optimizar la calidad del agua tratada, se potencia su reutilización en actividades industriales y agrícolas, generando así beneficios económicos adicionales. Esta inversión en tecnología avanzada promueve un desarrollo sostenible y una administración óptima de los recursos financieros locales (Sotil, 2017).

### **1.5. Hipótesis de la investigación**

#### **1.5.1. Hipótesis general**

La combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración alcanza una eficiencia del 75% en el tratamiento de las aguas residuales del distrito de Cabanilla.

#### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- 1) La concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales supera los límites máximos permisibles en el distrito de Cabanilla



- 2) Las características operacionales de 10 días en la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración consienten una mayor reducción de contaminantes de las aguas residuales
- 3) La remoción de los parámetros fisicoquímicos del agua residual es mayor a 50% en la etapa de rizofiltración y mayor a 70% en la etapa de osmosis inversa

## 1.6. Variables

### 1.6.1. *Variable independiente (VI)*

- Combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración

### 1.6.2. *Variable dependiente (VD)*

- Tratamiento de aguas residuales



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA	
<b>Independiente</b>	Combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración	Membranas de separación	und	Diseño de investigación Experimental	
		Osmosis inversa	Granulometría de arenas		µm
			Presión		Pa
	Rizofiltración	Tiempo de retención	horas		
		Cantidad de macrofita	und		
<b>Dependiente</b>	Tratamiento de aguas residuales	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	Tipo de investigación Aplicada	
		Parámetros fisicoquímicos y biológicos	DQO	mg/L	Enfoque cuantitativo
			DBO5	mg/L	
			Aceites y grasas	mg/L	
			pH	und. pH	
			SST	mL/L	
			Temperatura	°C	
	Cantidad de remoción	$\left(1 - \frac{\text{concentracion final}}{\text{concentracion inicial}}\right) * 100$	%		



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

El análisis presentado por Sricoth et al. (2017) se centró en “evaluar las capacidades de saneamiento de las aguas residuales en Tailandia mediante el uso de *Eichhornia crassipes*”. Para ello, se empleó un enfoque metodología cuantitativo realizando el muestro y análisis con los métodos de APHA, AWWA. Además, almacenaron 1000 L de aguas depuradas en un tanque de polietileno donde posteriormente se utilizaron en experimentos. Se agregaron a los contenedores 100 kilogramos de arena lavada y 150 L de agua residual. Había dos conjuntos de contenedores en este estudio compuesto por tres repeticiones cada uno. El primer juego contenía tres plantas de *E. crassipes* y *T. angustifolia*, respectivamente (tratamiento de plantas acuáticas (AP)), mientras que el otro conjunto no contenía material vegetal (tratamiento de plantas no acuáticas (NAP)). *Typha angustifolia* fue trasplantado directamente en la arena, seguido de la colocación de *E. crassipes* sobre la superficie del agua, lo que le permite flotar libremente en los contenedores. Las plantas se cultivaron durante un total de 21 días, se observó un 100% de



supervivencia de ambas especies. El amplio sistema subterráneo de las plantas contribuyó positivamente a la mejora del estado del agua, como evidenciado por una notable reducción en la opacidad observada en el tratamiento AP tras una semana. La medida de DBO resultó ser un marcador efectivo para evaluar la condición del agua; se registró una disminución del 91 % en los niveles de DBO en un periodo de tres semanas.

El informe presentado por el autor Cantuña (2019) tuvo por objetivo "examinar la efectividad de la rizofiltración empleando la planta de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para purificar las aguas depuradas provenientes de la ciudad de Machala". En la metodología, se implementaron tres enfoques diferentes: en el primer enfoque se emplearon 14 ejemplares de jacinto de agua, en el segundo enfoque se utilizaron 80 plantas de lenteja de agua, y en el tercer enfoque se combinaron 7 ejemplares de jacinto de agua con 40 de lenteja de agua. Se desarrollaron estas acciones en un lapso de 7 días. Se empleó el procedimiento de Wilcoxon en el análisis estadístico previo y posterior a cada tratamiento, con el objetivo de contrastar los resultados derivados de la evaluación física, química y biológica. El análisis de Kruskal-Wallis se usó para evaluar la significancia de los tratamientos, revelando resultados favorables para el tratamiento 1. Este tratamiento logró reducciones significativas en varios parámetros, incluyendo SST (43%), coliformes termotolerantes (87%), pH (17%), turbidez (94%), nitritos (54%), DQO (19%). Sin embargo, se evidenció un incremento del 19% en los niveles de nitratos. A pesar de esto, se confirmó que los niveles de los parámetros analizados permanecen dentro de los límites permitidos según las normas de calidad con el objetivo de conservar la biodiversidad acuática y terrestre. Se puede concluir que



la técnica de rizofiltración emerge como una opción factible en la limpieza de aguas residuales.

La investigación presentada por Pertiwi et al. (2017) el propósito principal consistió en “evaluar la capacidad de *Typha angustifolia* L. para remover DBO y DQO mediante rizofiltración en el procedimiento del saneamiento de aguas desechadas”. En la fase metodológica se emplearon un diseño experimental, este estudio se realizó a escala de laboratorio utilizando durante 15 días *Typha angustifolia* L. como el fitorremediador de contenido designado. Utilizaron una variedad de masa de plantas (A: 100 gramos, B: 200 gramos, C: 300 gramos) y el tiempo de detención (D-3, D -6, D-9, D-12 y D-15). Los resultados mostraron que, a mayor masa de plantas y detención de tiempo, menor concentración de DQO y DBO. La mayor eficiencia se encontró en el reactor con una masa de 300 gramos donde la DQO inicial fue de 2108.33 mg/l luego al día 15 la concentración de DQO para el reactor A fue de 117.67 miligramos por litros (94.42 por ciento), para el reactor B fue 87.67 miligramos por litros (95,84%) y el reactor C 71 miligramos por litros (96,63 por ciento). En cuanto a la concentración de DBO, la manifestación inicial fue de 222,651 mg/l y al día 15 para los tratamientos A, es de 57,349 miligramos por litros (74,24 por ciento), Tratamiento B es de 47,229 miligramos por litros (78,79 por ciento), y para el Tratamiento C es de 37,108 miligramos por litros (83,33 por ciento).

El estudio presentado por Ruiz-Garcia & Álvarez (2016) tuvo por objetivo “optimizar las membranas acoplado a ósmosis inversa para tratar agua de cuencas en una planta de las Palmas de Gran Canaria, España”. En la metodología se realizó un estudio de tipo aplica, donde la contribución relevante fue demostrar el alto rendimiento de este sistema integrado en la eliminación de contaminantes clave



como DBO5, DQO y coliformes fecales. Se lograron remociones superiores al 98% para DBO5 (de 9.2 a 0.11 mg/L), DQO (de 39 a 0.6 mg/L) y coliformes fecales (de  $4 \times 10^5$  a  $<1$  UFC/100 mL). La ósmosis inversa posterior permitió obtener un efluente de muy alta calidad, con una conductividad de sólo 0.05-0.5 mS/cm. Estos resultados resaltan el potencial de este enfoque para el cuidado integral de aguas de cuencas, convirtiendo un agua de baja calidad en un producto apto para su reutilización o descarga.

El estudio presentado por Qiu et al., (2017) tuvo por objetivo “investigar un biorreactor de membranas con ósmosis inversa (ROMBR) para la reutilización de agua en Singapur”. En la metodología se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, demostrado el alto rendimiento del ROMBR en la remoción de contaminantes orgánicos y microbiológicos. El sistema logró eliminaciones superiores al 99% de DQO y coliformes totales. Además, el efluente cumplió con estrictos estándares de calidad para reutilización, con una conductividad menor a 100  $\mu$ S/cm y turbidez inferior a 0.1 NTU. Las acumulaciones finales de DQO fueron menores a 2 mg/L y se alcanzó una impresionante remoción de coliformes totales de 107 a menos de 10 UFC/100 mL. Estos resultados resaltan el potencial del ROMBR para producir agua de muy alta calidad, apta para reutilización en diversos fines. El estudio también destaca la importancia de investigaciones a escala piloto para evaluar adecuadamente el rendimiento de estos sistemas antes de su implementación a mayor escala.

El análisis presentado por (Huang et al., (2021) tuvo por objetivo “evaluar el desempeño de las membranas integrado con ósmosis inversa (IMBR) para el reusó de aguas depuradas municipales en China”. Para la investigación se utilizó un enfoque de estudio aplicado, donde se resalta la importancia de evaluaciones a



escala piloto para optimizar el diseño y operación de estos sistemas antes de su implementación a mayor escala. El sistema logró remociones superiores al 99% para DBO5 (de 160 a 0.8 mg/L), DQO (de 380 a 3.5 mg/L) y coliformes fecales (de  $1.2 \times 10^7$  a  $<1$  UFC/100 mL). Además, se alcanzó una impresionante remoción de nitrógeno total del 97.5%, con concentraciones finales de sólo 1 mg/L. Estos resultados destacan la efectividad del IMBR para producir un efluente de muy alta calidad, adecuado para su reutilización según los estándares aplicables (conductividad  $<200$   $\mu\text{S/cm}$ ). El estudio destaca el potencial de este enfoque integrado para el tratamiento avanzado de aguas depuradas municipales, abordando múltiples contaminantes de forma simultánea.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

El estudio presentado por Martínez & Iglesias (2020) tuvo por objetivo general "Analizar el porcentaje de reducción de *Eichhornia crassipes* en los parámetros de DBO, DQO, SST y AYG de las aguas remanentes industriales. La investigación es de tipo cuasi experimental. Para ello, se efectuó un muestreo básico en el sitio para analizarlo posteriormente en el laboratorio. Asimismo, se extrajo una muestra de 220 L, de agua depurada". Durante la etapa experimental se utilizaron dos plantas acuáticas que se encontraban expuestas al agua servida a lo largo de cuatro semanas. Luego, se registraron los resultados que muestran que el potencial de *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) y *Typha latifolia* (anea) para el saneamiento de aguas de desecho. Se utilizó la fórmula de porcentaje de reducción ( $R\% = (S_0 - S) / S_0 \times 100$ ) para evaluar la efectividad de eliminación de contaminantes de estas plantas. *Eichhornia crassipes* demostró ser un agente de tratamiento de aguas depuradas altamente efectivo, logrando tasas de eliminación impresionantes del 97,17% para DBO, 97,32% para DQO, 90,61% para SST y



89,48% para aceites y grasas. *Typha latifolia* también mostró resultados prometedores, con eficiencias de eliminación del 92,73% para DBO, 92,86% para DQO, 93,55% para SST y 83,21% para aceites y grasas. SST, 71.58% aceites y grasas. Los resultados conseguidos se cotejaron con los valores estipulados en el anexo N.º 1 del D.S N.º 010-2019-Vivienda "Reglamento VMA". En resumen, ambas especies exhiben una alta tasa de eliminación en los estándares evaluados, y los vertidos finales satisfacen las normativas establecidas en el decreto supremo mencionado previamente.

El informe presentado por el autor Nuñez (2019) consiente por objetivo "Analizar la efectividad del sistema de rizofiltración usando las especies *Eichhornia crassipes* y *Zantedeschia aethiopica* en el tratamiento de aguas depuradas de región Quechua-Cajamarca" aplica una metodología de diseño experimental, en donde el tratamiento se prolongó por 3 meses desde su puesta en marcha. Posteriormente, se monitorearon las propiedades físico-químicas y microbiológicas del agua en el influente (antes del tratamiento) y efluente (después del tratamiento), obteniendo una reducción del 76% en aceites y grasas, 95% para DBO5, 92% para DQO, 95% para SST, 96% para turbidez, 64% para N-NH3, 59% para conductividad, 34% para color y 22% para CTT. En el análisis, se evidenció que solo CTT no cumplió con los LMP. No obstante, en cuanto a los ECA (categorías 3 y 4), se cumplió con los parámetros de aceites y grasas, color, conductividad, temperatura, pH, SST y turbidez, pero no se alcanzaron los estándares para N-NH3, DBO5, DQO, OD y CTT. En resumen, se obtuvo una efectividad del 71%, lo que sugiere un nivel aceptable de eliminación. Asimismo, la relación DQO/DBO en el efluente fue de 2.27.



El estudio presentado por Coayla (2018) tuvo por objeto “Analizar la capacidad de rizofiltración de las aguas de desecho originadas en de la PTAR OMO” los sistemas de fitodepuración se instalaron con la ayuda de una estructura que los transforma en flotantes. La examinación del agua residual tratada se ejecutó las plantas para eliminar contaminantes se midió en el el desagüe del sistema a los tres, seis y nueve días después de su adaptación. Se utilizó un diseño completamente aleatorio para el análisis estadístico, empleando un ANOVA. y una prueba de Tukey para la hipótesis. El sistema de purificación demostró una eficacia superior tras ueve días de reposo para los índices de STS con niveles de 51 mg/L, DBO5 con niveles de 52 mg/L y pH, con valores altamente uniformes.

Este estudio, realizado por Quispe (2015) Tenía como propósito “Analizar la efectividad de un sistema de ósmosis inversa en el tratamiento de aguas servidas provenientes de una industria textil”, la metodología cuantitativa experimental se enfocó principalmente en la descomposición de la carga orgánica, medida por medio de los índices de DBO5 y DQO. La metodología consistió en recolectar muestras de las aguas depuradas antes y después de pasar por el sistema de ósmosis inversa, analizando no solo la DBO5 y la DQO, sino también otros parámetros como sólidos suspendidos totales, pH y conductividad. Los resultados demostraron que el sistema de ósmosis inversa logró remover de manera eficiente la carga orgánica presente en las aguas depuradas, alcanzando un 98% de remoción de la DBO5 y un 96% de remoción de la DQO. Además, se logró una reducción significativa de los SST y la conductividad, lo que indica un avance sustancial en la excelencia del agua tratada.

La investigación realizada por Villanueva (2019) planteó como objetivo “evaluar la efectividad de un sistema de ósmosis inversa destinado a tratar aguas



subterráneas de la localidad de Samanco”, la metodología aplicada es experimental cuantitativo con el fin de recibir agua apta para riego agrícola. La metodología empleada consistió en tomar muestreos de las aguas subterráneas antes y después del tratamiento con ósmosis inversa, analizando no solo los niveles de boro, sino también otros parámetros como coliformes totales, pH, conductividad y sólidos disueltos totales. Los resultados demostraron que el sistema de ósmosis inversa logró reducir la concentración de boro en un 92%, cumpliendo con los límites establecidos para agua de riego. Además, se notó una reducción notable en los niveles de coliformes totales, sólidos disueltos totales y conductividad, lo que indica una mejora en el estado microbiológico y propiedades físico-químicas del agua tratada.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

El informe presentado por el autor Mamani (2021) consiente por objetivo general definir la eficiencia de depuración de aguas de Riachuelo Torococha mediante *Eichhornia crassipes*”. En la metodología. El sistema piloto se construyó con material de vidrio y sus dimensiones fueron de 1.5 metros de longitud, 0.5 metros de anchura y 0.5 metros de altura. Cada compartimento tenía una separación de 0.5 metros. En el primer compartimento se dispuso en el primer compartimento, mientras que la planta acuática *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) se colocó en el segundo. El tercer compartimento quedó vacío, se ubicó nuevamente la planta acuática Totorá. La capacidad total del sistema era del 75% al 80%. Para la investigación, se tomarán muestras del efluente cada 12 horas, con tres repeticiones cada vez, a partir del inicio del estudio. Los resultados de la caracterización del agua del río Torococha son: temperatura 9°C, pH = 7.9, CE 2180 U<sub>c</sub>/cm, nitratos = 6.62 mg/L, fosfatos = 7.4 mg/L, DBO<sub>5</sub> = 224.34 mg/L, DQO



= 751 mg/L y SST = 115 mg/L. Las eficiencias de remoción obtenidas fueron: 97.49% para nitratos, 94.22% para fosfatos, 72.21% para DBO5, 56% para DQO y 78.45% para SST.

El estudio presentado por Carhua & Huancas (2020) tiene por objetivo "evaluar la efectividad de *Eichhornia crassipes* y *Cyperus papyrus* en el tratamiento de aguas depuradas domésticas". La metodología empleada consistió en un diseño no experimental de tipo cuantitativo. Los hallazgos obtenidos revelaron que la especie *Cyperus papyrus* alcanzó la máxima eficacia en la reducción de DBO, alcanzando un 95.9% en comparación con la especie *Eichhornia crassipes*, que obtuvo un 62,34%. Se argumenta el rendimiento de la DBO se atribuye a la relación biológica y no biológica de el sustrato de raíces de las especies, además del factor temperatura. En resumen, se nota una notable diferencia en el estado del agua antes y después del tratamiento biológico, dentro de los LMP establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM. Esto demuestra que el agua depurada doméstica tratada es adecuada para su uso en el riego del cuerpo receptor.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Aguas residuales

Hacen alusión a esas aguas cuyas propiedades físico-químicas naturales han sido modificadas a causa de las acciones humanas y requieren ser tratadas antes de verterse en un cuerpo de agua receptora. En su estructura, estas aguas poseen una fracción mínima de sólidos en suspensión, coloidales y disueltos (Díaz & Collantes, 2019)

Por otra parte, para (Bayona, 2016) se distingue entre aguas servidas y aguas residuales; el primer se originan exclusivamente del uso doméstico, mientras

que el segundo resulta de la combinación de aguas domésticas e industriales. En resumen, se refieren a todas las aguas canalizadas a través del sistema de alcantarillado, ocasionalmente incluyendo aguas pluviales y filtraciones del suelo.

### **2.2.2. Clasificación de las aguas residuales**

Citando a la OEFA (2014) las aguas residuales se dividen en 3 categorías:

- a) **Aguas residuales industriales:** se constituyen generadas durante la ejecución de un proceso de producción, abarcando las provenientes de sectores como la minería, agroindustrial, energética, agrícola, entre otras.
- b) **Aguas residuales domésticas:** Representan el flujo proveniente de hogares y establecimientos comerciales que incluye desechos orgánicos derivados de la actividad humana, entre otros, que necesitan ser tratados correctamente antes de ser desechados definitivamente.
- c) **Aguas residuales municipales:** son aquellas procedentes de los hogares que pueden estar combinadas con el agua de lluvia que se fluye por los desagües o con aguas residuales industriales ya tratadas, para su disposición en sistemas de alcantarillado que reciben múltiples tipos de desechos.

### **2.2.3. Características de las aguas residuales**

#### **a) Potencial de hidrogeno**

La medición de la concentración de iones de hidrógeno (pH) resulta de suma importancia para evaluar las características de las aguas naturales y depuradas. El rango adecuado de niveles para la reproducción y avance de la mayoría de los organismos biológicos es bastante reducido y crucial. El agua depurada con niveles de iones de hidrógeno inadecuados



enfrenta complicaciones para su procesamiento a través de métodos biológicos, y el líquido residual podría variar las manifestaciones de iones de hidrógeno en las aguas naturales si no se corrige antes de su liberación. (Metcalf & Eddy, 1995)

## **b) Demanda Química de Oxígeno**

La DQO sirve como control de la cantidad de oxígeno empleada en la degradación de la materia orgánica contenida en una muestra de agua. Este análisis utiliza un oxidante potente, incluyendo el permanganato de potasio o el dicromato de potasio, con el fin de cambiar la materia orgánica en dióxido de carbono y agua en un medio ácido. La DQO es un elemento crítico para evaluar la pureza del agua, ya que, al igual que la (DBO), sirve como un indicador del posible efecto de las aguas residuales liberadas en el entorno acuático receptivo. Niveles elevados de DQO indican una mayor existencia de sustancias orgánicas en las aguas depuradas, lo que puede resultar en una mengua de los niveles de OD. Una reducción en el oxígeno disuelto (OD) puede dar lugar a condiciones anaeróbicas, las cuales son perjudiciales para la vida acuática. La prueba de DQO es frecuentemente utilizada como sustituto de la DBO debido a su menor tiempo de análisis. (Cantuña, 2019)

## **c) Demanda Bioquímica de Oxígeno**

La DBO representa el nivel de oxígeno consumido por microorganismos, principalmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas como Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter y Bacillus), hongos y plancton, durante el proceso de desintegración de la materia orgánica encontrada en un líquido. Dicho parámetro se formula en miligramos por litro (mg/L o



ppm). Este parámetro resulta fundamental para evaluar la condición o la calidad del agua en ecosistemas acuáticos como ríos, lagos, lagunas o efluentes se ve condicionada por la DBO. Una mayor nivel de sustancias orgánicas en la muestra implica un mayor requerimiento de oxígeno por parte de los microorganismos para su oxidación (degradación). Debido a que la degradación varía en función de la temperatura, este procedimiento se lleva a cabo de forma convencional durante cinco días a 20 °C, lo que se denomina DBO5. Las regulaciones ambientales establecen normas máximas de DBO permisibles para las aguas residuales antes de su evacuación en ríos y otros cursos de agua. Estas normas sirven como base para determinar si las aguas residuales pueden verterse directamente o si requieren un tratamiento previo. (Posada & Mosquera, 2007).

#### **d) Coliformes totales**

Los coliformes termofílicos, principalmente E. coli, son un grupo reducido de microorganismos que, por su resistencia al calor y origen fecal, se utilizan como marcadores de la calidad del agua. Estos últimos se incluyen en los coliformes termotolerantes son similares a los coliformes fecales, su origen suele ser ambiental (provenientes de Fuentes hídricas, flora y terrenos). En raras ocasiones, forman parte del microbiota intestinal habitual. (Sotil, 2017)

#### **e) Aceite y grasas**

Los aceites y grasas representan sustancias orgánicas de naturaleza lipídica e hidrofóbica que están vigentes en las aguas de desecho, originadas principalmente por actividades de ambitos domésticos,



industriales y comerciales. Estos contaminantes poseen características distintivas que los convierten en un parámetro crucial a tener en cuenta en el tratamiento de aguas depuradas. En primer término, son altamente insolubles en agua y tienden a formar películas o natas en el área, impidiendo la conducción de oxígeno hacia el cuerpo de agua receptor y afectando gravemente a la vida acuática. Además, su naturaleza recalcitrante los hace difícilmente biodegradables, con un requerimiento bioquímica de oxígeno (DBO5) de tan solo 0.4 a 0.8 g/g, lo que representa un desafío para los procesos biológicos convencionales de depuración (Metcalf & Eddy, 2014).

#### f) **Sólidos totales en suspensión**

Los residuos STS son fragmentos sólidas que permanecen suspendidas en el agua residual y no pueden ser removidas mediante procesos habituales de sedimentación. Cuando las aguas residuales con altas cantidades de STS son descargadas a cuerpos de agua naturales, pueden generar depósitos de lodo y aumentar la turbiedad, perjudicando la vida acuática y limitando la penetración de luz sola, Por lo general, se recomienda que las manifestaciones de STS en las descargas tratadas no excedan los 30 mg/L (Metcalf & Eddy, 2014)

#### **2.2.4. Combinación sinérgica**

Según Apaza (2022) la combinación sinérgica de diferentes tratamientos para aguas residuales es una estrategia efectiva que aprovecha las fortalezas complementarias de varios procesos. Esta integración presenta las siguientes características y beneficios:



- Al combinar sinérgicamente diferentes operaciones unitarias, se logra una remoción más completa y eficiente de la carga contaminante. Un sistema integrado podría incluir un tratamiento preliminar (cribado, desarenado), seguido de un proceso biológico (lodos activados), una etapa físico-química (coagulación-floculación) y finalmente un tratamiento avanzado (ósmosis inversa, oxidación química). Esta secuencia sinérgica permite maximizar la eliminación de sólidos, material orgánico, nutrientes, metales pesados y contaminantes emergentes (Metcalf & Eddy, 2014).
- Adicionalmente, la combinación de tratamientos puede optimizar los costos operativos y el consumo energético. Por ejemplo, un pretratamiento biológico reduce significativamente la carga orgánica, disminuyendo los requerimientos de reactivos químicos en etapas posteriores. Asimismo, la implementación de procesos naturales como humedales o rizofiltración puede reducir la demanda energética en comparación con tecnologías convencionales (Metcalf & Eddy, 2014).

### **2.2.5. Rizofiltración**

Constituye una estrategia de fitoremediación que emplea las raíces vegetales con el propósito de purificar diversos tipos de agua, ya sea superficial o subterránea, así como efluentes líquidos y suelos que presenten contaminación por metales pesados, sustancias tóxicas orgánicas y otros elementos nocivos. Cuando se emplean vegetales cuyas raíces han alcanzado un nivel óptimo de desarrollo, estas se establecen un contacto directo con el agua o los efluentes a tratar. A cálculo que las raíces absorben el agua y los nutrientes presentes en el suelo, gradualmente se produce la eliminación de los



contaminantes, ya que estos son retenidos y descompuestos por las raíces saturadas (Peixoto, 2018)

Por otra parte, para Llacza (2018) la técnica de rizofiltración implica el uso de vegetales que pueden capturar sólidos disueltos en sus raíces y resistir los niveles de toxicidad presentes en el agua, lo que les permite equilibrar el pHES una de las metodologías sobresalientes debido a su enfoque en el cuidado de aguas depuradas y suelos contaminados. La absorción superficial de las raíces se destaca como el método más veloz, y este proceso está sujeto a consideraciones fisicoquímicas específicas. Es relevante notar que esta técnica puede implementarse incluso utilizando raíces inactivas.

#### **2.2.6. Rizofiltración de aguas residuales con plantas macrófitos**

En los últimos tiempos, ha surgido un notable interés en el empleo de vegetación acuática o macrófitas en el tratamiento de aguas depuradas aprovecha su capacidad potencial para purificarlas. Varios de estos sistemas han alcanzado un enfoque completo en el que no solo eliminaron sustancias orgánicas y partículas en detención, sino que también lograron disminuir la presencia de nutrientes, metales pesados, sales disueltas y agentes patógenos (Campoverde, 2017)

#### **2.2.7. *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)**

##### **a) Características generales**

La planta *Eichhornia crassipes* es un tipo de planta acuática de gran tamaño que cuenta con bulbos llenos de aire, lo que le permite flotar en el agua. Produce flores de color morado y tiene la capacidad de adaptarse a cambios considerables en la cantidad de nutrientes, así como en la temperatura y el pH del agua. Su óptimo crecimiento se observa en un rango de pH que va desde 6 hasta 8, y puede sobrevivir y prosperar en temperaturas que van desde 1 hasta 40 grados Celsius.

Esta planta muestra un crecimiento más vigoroso en existencia de altas concentraciones de nitrógeno. La exploración de esta vegetación como un agente de biorremediación está siendo investigada por diversos equipos en todo el mundo. Investigaciones empíricas indican que *E. crassipes* podría emplearse para eliminar sustancias contaminantes de diversa procedencia (Rodríguez *et al.*, 2022)

**Tabla 2.**

*Taxonomía de la especie Jacinto de agua (Eichhornia crassipes).*

<i>Eichhornia crassipes</i>	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Commelinales
Género	Eichhornia
Especie	E. Crassipes

*Nota.* Tabla referenciada de (Coronel, 2016)

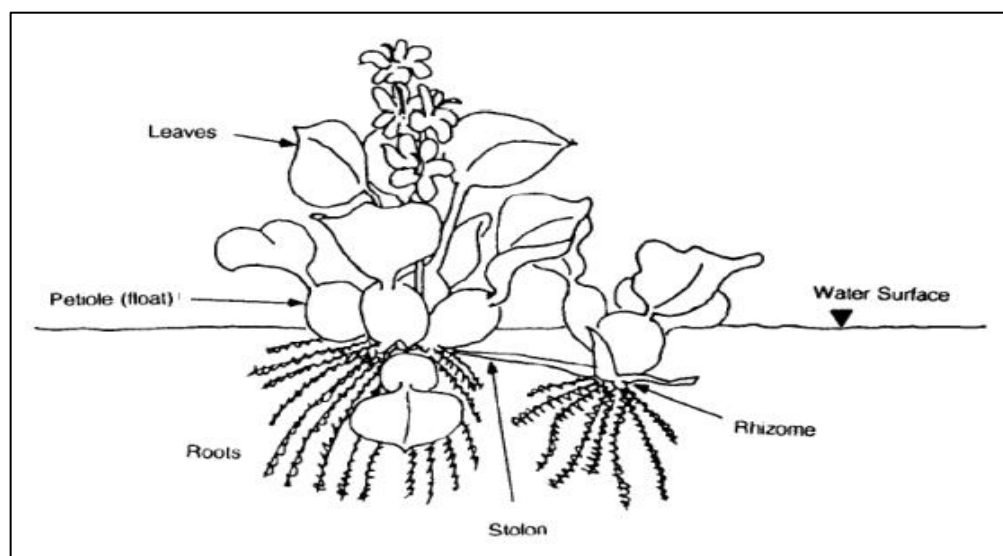
**b) Características morfológicas**

El tallo de la planta es muy corto, y las hojas se agrupan en forma de rosetas, extendiéndose hacia arriba. Los tallos de las hojas son cortos y tienen una forma hinchada similar a un bulbo, con tejido interno especializado para la absorción de aire. A medida que las hojas crecen en grupos, se observa un cambio en su forma: algunas son puramente ascendentes, mientras que los tallos se alargan y se vuelven menos hinchados. La inflorescencia se presenta en forma de espiga, con flores de tonos azules a celestes y una marca amarilla en la parte superior del perianto. El fruto, por su parte, es una cápsula que alcanza los 1,5 cm de longitud. Es factible que en un lapso de diez días, una planta pueda aumentar su tamaño al

doble, y durante un período de ocho meses caracterizado por un crecimiento normal, una sola planta tiene la capacidad de generar 70,000 plantas descendientes. De estas, al menos 27 pueden alcanzar alturas que oscilan desde la punta de las hojas hasta el extremo de las raíces, varía entre 0,5 y 1,5 metros. (Bayona, 2016)

**Figura 1.**

*Morfología de Eichhornia crassipes*



*Nota.* figura referenciada de (Vanegas, 2020)

### **c) Habitat**

El entorno preferido de estas criaturas es el agua dulce, como la que se encuentra en ríos, lagos, charcas y embalses en áreas tropicales y subtropicales, siempre que estén entre las latitudes de 40°N y 45°S. Su desarrollo se ve comprometido por temperaturas por debajo de cero grados Celsius, así como por niveles elevados de salinidad. A pesar de ello, los lagos y ríos eutrofiados que presentan concentraciones altas de nitrógeno, fósforo y potasio, así como aguas contaminadas con elementos pesados como el cobre y el plomo, no experimentan



restricciones en su desarrollo, ya que tienen la capacidad de establecerse y arraigar en suelos saturados de agua durante períodos breves (Bayona, 2016)

### **2.2.8. Osmosis inversa (OI)**

La OI es un procedimiento de separación que emplea una capa semipermeable para erradicar iones, moléculas y partículas indeseadas de una solución acuosa. A diferencia de la ósmosis natural, donde el flujo de disolvente (agua) cruza la membrana desde la solución de menor densidad hacia la de mayor densidad, en la ósmosis opuesta, se utiliza una presión por encima de la osmótica, provocando que el flujo se mueva en sentido opuesto, es decir, desde la alternativa más concentrada hacia la menos concentrada, permitiendo así la purificación del agua (Fritzmán et al., 2007).

La osmosis inversa es una técnica de depuración de agua ampliamente utilizada para eliminar contaminantes disueltos, partículas suspendidas y moléculas orgánicas de aguas depuradas. Se basa en el principio de ósmosis, un evento natural en el cual un disolvente (como el agua) se difunde usando una membrana de permeabilidad selectiva, de una solución menos diluida a una más concentrada. La osmosis inversa emplea presión para obligar el agua a atravesar la membrana semipermeable en dirección opuesta al flujo osmótico natural, dejando atrás las sustancias disueltas y suspendidas (Malaeb & Ayoub, 2011)

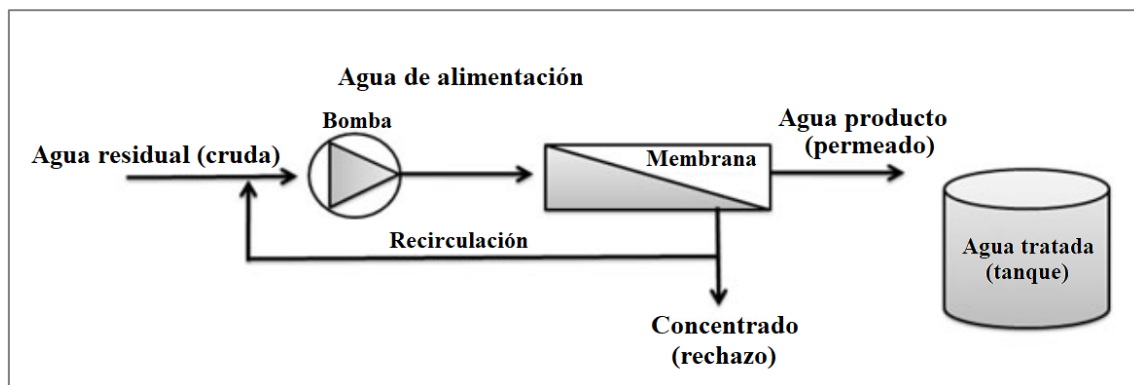
### **2.2.9. Proceso operativo de osmosis inversa**

Según Wilf & Awerbuch, (2007) el proceso de ósmosis inversa consta de los siguientes pasos principales:

- ✓ **Pretratamiento:** El agua cruda se somete a procesos de filtración y acondicionamiento para eliminar sólidos suspendidos, cloro y otros contaminantes que puedan dañar las membranas.
- ✓ **Bombeo de alta presión:** El agua pretratada se bombea a alta presión (superior a la presión osmótica) hacia los módulos de membrana.
- ✓ **Separación por membrana:** Las membranas semipermeables permiten que el agua pase a través de ellas, mientras retienen los sólidos disueltos, iones y moléculas de mayor tamaño.
- ✓ **Recolección del permeado:** El agua purificada que atraviesa las membranas (permeado) se recolecta y se almacena.
- ✓ **Gestión del concentrado:** La corriente de salmuera o concentrado que contiene los contaminantes rechazados por las membranas debe ser tratada o dispuesta de manera adecuada.
- ✓ **Limpieza y mantenimiento:** Las membranas requieren una limpieza periódica para eliminar incrustaciones y mantener su eficiencia. Eventualmente, las membranas deben ser reemplazadas debido al desgaste natural.

**Figura 2.**

*Diagrama de la osmosis inversa*





### **2.2.10. Ventajas y desventajas del proceso de osmosis inversa**

#### **a) Ventajas de la osmosis inversa**

- ✓ Alta eficiencia de remoción: Capaz de eliminar hasta el 99% de sólidos disueltos, bacterias, virus y contaminantes orgánicos (Xu et al., 2005).
- ✓ Ahorro de energía: Comparado con otros procesos de separación, la OI consume menos energía.
- ✓ Operación continua: El proceso es automático y requiere poco mantenimiento.
- ✓ Sin cambios de fase: No se requiere cambio de fase del agua, lo que reduce el consumo energético.

#### **b) Desventajas de la osmosis inversa**

- ✓ Ensuciamiento de membranas: Las membranas pueden obstruirse por incrustaciones, lo que reduce su eficiencia y vida útil.
- ✓ Rechazo de sales: No puede eliminar por completo las sales monovalentes, como el cloruro de sodio.
- ✓ Pretratamiento necesario: El agua debe ser pretratada para evitar daños en las membranas.
- ✓ Generación de salmuera: Se produce una corriente de salmuera concentrada que requiere tratamiento o disposición adecuada.

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Macrófito**

Se trata de vegetales que habitan en áreas inundadas por largos lapsos, jugando un papel esencial en la generación de material orgánico inicial y en la formación de espacios para otras formas de vida dentro de la cadena alimentaria. Se emplean con el propósito de ejecutar la desintegración de la materia orgánica,



materia inorgánica, nutrientes y otros elementos nocivos presentes en las aguas residuales (Vanegas, 2020)

### **2.3.2. Parámetros físicos**

Los indicadores físicos son características o propiedades del agua que pueden ser medidas y cuantificadas mediante métodos físicos, sin involucrar cambios químicos o biológicos. Estos parámetros brindan información importante sobre la calidad del agua y son relevantes en diversos contextos, como el tratamiento de aguas residuales, monitoreo ambiental. Estos son turbidez, sst, conductividad eléctrica, temperatura, color etc., (Bayona, 2016)

### **2.3.3. Parámetros microbiológicos**

Los parámetros biológicos son señales de la existencia y actividad de organismos vivos, tanto macroscópicos como microscópicos, en el agua. Estos parámetros son fundamentales para examinar la integridad biológica del agua y su conveniencia para varios usos, así como para monitorear el impacto de los contaminantes y el estado general de los ecosistemas acuáticos. Estos son DBO5, Coliformes, DQO, etc., (Sricoth et al., 2017)

### **2.3.4. Parámetros químicos**

Los parámetros químicos son medidas que permiten determinar la presencia y concentración de compuestos químicas disueltas o suspendidas en el agua. Estos parámetros son primordiales para medir la calidad del agua y su aptitud para diferentes propósitos, además de vigilar el efecto de los agentes químicos contaminantes en el ecosistema acuático. Estos son pH, oxígeno disuelto, metales, etc., (Apaza, 2022)



### **2.3.5. Membranas (osmosis)**

Las membranas son el componente clave en el procedimiento de ósmosis inversa, ya que son las responsables de separar y retener los contaminantes del agua. Las características y propiedades de las membranas definen en gran medida la eficiencia y el rendimiento del proceso (Ruiz-Garcia & Álvarez, 2016)

### **2.3.6. Tiempo de retención**

El tiempo de retención en la electrofiltración se refiere al período durante el cual el agua contaminada permanece en contacto con el sistema de tratamiento electroquímico. Este tiempo es crucial para permitir que ocurran las reacciones electroquímicas necesarias para la purificación de contaminantes, incluyendo el arsénico, mediante la electrofiltración. Un tiempo de retención adecuado garantiza una eficiente transferencia de masa y carga eléctrica entre el agua y los electrodos, maximizando así la efectividad del proceso de tratamiento y asegurando la purificación efectiva del agua contaminada (Apaza, 2022)



## CAPITULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de investigación

En el análisis se utilizará el diseño de investigación experimental con un enfoque cuantitativo, puesto que, la investigación propone combinar dos técnicas proceso de tratamiento de aguas depuradas: osmosis inversa y rizofiltración. Esto implica que se manipulara deliberadamente las variables independientes, que son los métodos de tratamiento, con el fin de estudiar su influencia en la variable dependiente, que sería la calidad del agua tratada.

La indagación experimental del diseño abarca al menos dos significados, uno amplio y otro más específico. El enfoque amplio implica la selección o ejecución de una acción, seguida de la observación de sus resultados. Los esquemas experimentales alteran factores de prueba, estímulos, influencias o acciones (llamadas variables independientes) con el fin de examinar sus impactos en otras medidas (las dependientes) en un contexto bajo control. En otras palabras, los esquemas de experimentación son empleados cuando el científico busca determinar el impacto potencial de un factor que se controla. (Hernández & Fernández, 2018)



### 3.2. Tipo de investigación

En el análisis es un enfoque de investigación aplicada, porque, la combinación de osmosis inversa y rizofiltración se propone como una solución potencial para optimizar la competencia y eficacia del manejo de aguas residuales. Por ende, esta investigación busca generar conocimientos y técnicas que puedan aplicarse directamente para abordar un problema real y específico.

“La base de la investigación aplicada está en su meta de poner en práctica y organizar el conocimiento adquirido, mientras se amplían los entendimientos existentes mediante la implementación y estructuración de métodos investigativos”. La aplicación del entendimiento y los frutos de la investigación resulta en una manera ordenada, rigurosa, y sistemática de comprender la verdad. Estos estudios se centran en abordar desafíos de la vida diaria o gestionar circunstancias prácticas (Hernández & Fernández, 2

El nivel de análisis de este estudio es explicativo, debido a que esta se centra en determinar las relaciones causa-efecto de ciertos hechos. Las investigaciones de nivel explicativo son aquellas que tiene relación causal; no sólo limitan a exponer o aproximarse a un problema, sino que busca identificar sus causas.

### 3.3. Procedimiento metodológico

#### 3.3.1. Objetivo1: Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales del distrito de Cabanilla

La tabla siguiente presenta los parámetros evaluados, los cuales fueron analizados conforme a las indicaciones de los Métodos normalizados APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005.



**Tabla 3**

*Parámetros evaluados*

N°	Parámetro	Unidad	Método
1	Temperatura	°C	Following established protocols, we employed the APHA-AWWA-WEF Standard Methods Part 2550 B (23rd Ed, 2017) to determine the water temperature using laboratory or field methods
2	Potencial hidrogeno	de Und pH	The pH level of the water sample was calculated using a standard method (APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B) to determine its pH value.
3	Sólidos suspendidos totales	mL/L	The total suspended solids (TSS) concentration present in the water sample was evaluated by employing the Standard Procedures for Analyzing Water and Wastewater, following Method 2540-D (Part 2000) which involves drying the solids at 103-105°C (23rd Ed., 2017)
4	Aceite y grasas	mg/L	To determine the amount of oil and grease (O&G) current in the water sample, we employed the liquid-liquid partition-gravimetric method as specified in Authorized Standards for the Analysis of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, Chapter 5000, Method 5520-B), 23rd Ed., 2017)
5	Demanda bioquímica de oxígeno	de mg/L	To assess The breakdown capability of organic materials in the water sample, we employed the 5-day BOD test as specified in Official Guidelines for Water and Wastewater Testing (APHA-AWWA-WEF. Part 5000-B, 23rd Ed., 2017). This system measures the Measure of oxygen used by microorganisms during a 5-day incubation period.
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	The COD level in the water sample was evaluated using the closed reflux, colorimetric method outlined in Standard Methods Part 5220D (23rd Ed.,
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	The presence of thermotolerant coliforms (fecal coliforms) in the water sample was assessed with the multiple-tube zymolysis technique with EC medium, as outlined in Standard Methods Part 9221 E1 (23rd Ed., 2017)

*Nota.* Métodos normalizados APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005.

Previamente a la valoración de las peculiaridades del agua residual en el punto donde desemboca en el río Cabanilla se realizó los siguientes procedimientos:

#### a) Exploración del lugar y reconocimiento del punto de muestreo

- En primer lugar, se efectuó un recorrido por el área circundante a la laguna de estabilización, ubicada en la municipalidad distrital de Cabanilla, para localizar el lugar más accesible y seguro para la obtención de las muestras.
- Utilizando un sistema de geolocalización mundial (GPS), se registraron las coordenadas UTM del punto seleccionado para el muestreo.

#### Tabla 4.

*Datos de los puntos de muestreo*

Sistema de coordenadas	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Zona
UTM WGS84	357050.70 m E	8272388.20 m S	18 S

*Nota.* universal transversal de Mercator: UTM

#### b) Pasos realizados en la toma de muestra

- Se contempló el protocolo de vigilancia de la calidad de las aguas superficiales. (ANA, 2016), para la recolección de las muestras, efectuando una selección simple y puntual, para asegurar la representatividad del muestreo de agua que nos asegurará la calidad del monitoreo, se realizó las siguientes acciones:
- Previo al inicio de la recolección de muestras acuáticas, el personal a cargo, se equipó adecuadamente colocándose botas de jebe y guantes descartables, elementos esenciales para garantizar su protección y prevenir la contaminación de las muestras.



- Alguna vez preparados, se trasladaron a los puntos de monitoreo establecidos, seleccionando cuidadosamente lugares donde la corriente del agua fuera constante y homogénea, evitando cualquier acumulación de agua estancada que pudiera afectar la calidad de las muestras.
- Al llegar al sitio específico, el equipo procedió a medir los parámetros de campo. Estos se realizaron de forma inmediata en el punto de descarga para obtener lecturas más precisas del estado del agua en su entorno natural. En situaciones donde no era viable medir directamente en el río, se tomó una cantidad suficiente de agua utilizando un envase limpio, asegurándose de no perturbar el sedimento del fondo, lo que podría alterar los resultados.
- Después, el personal preparó los recipientes para la recolección de muestras. Cuidadosamente, retiraron la tapa y la contratapa de cada frasco, evitando cualquier contacto con la superficie interna, para prevenir la contaminación de las muestras.
- Antes de proceder con la recolección de agua, realizaron un enjuague preliminar de los frascos. Esto implicó llenar cada frasco con agua del sitio de muestreo y vaciarlo al menos dos veces. Este paso es crucial para minimizar cualquier residuo o contaminante que pudiera haber estado presente en el frasco antes de su uso.
- Finalmente, después de preparar adecuadamente los frascos y el equipo, colectaron las muestras de agua necesarias, siguiendo estrictamente los protocolos establecidos para asegurar la integridad y la veracidad de las pruebas posteriores. Así mismo se llenó la cadena de custodia.

**Se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:**

**Primero:** Se elaboró una etiqueta para el marcado que incluyó los siguientes datos: denominación, localización desde el punto de supervisión, fecha y hora, tipo de prueba, procedimiento de conservación y nombre del operador que manejó la muestra.

**Segundo:** Durante el transporte de la muestra, se completó un formulario de cadena de custodia para asegurar su entrega segura al laboratorio.

**Tercero:** Tras la adquisición de las muestras de agua depuradas, se conservaron en un sistema de refrigeración durante su traslado al Laboratorio de Calidad Ambiental.

### Figura 3.

*Muestreo de aguas residuales*



*Nota.* muestreo de aguas residuales – acciones in situ

### 3.3.2. Objetivo 2: Identificar las características operacionales adecuadas de la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración para el tratamiento de aguas residuales

Con el fin de lograr este objetivo, se tomaron en cuenta los tiempos de retención y la cantidad de biomasa de *Eichhornia crassipes*, considerándolos factores cruciales en el tratamiento de las aguas depuradas del distrito de Cabanilla, como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Características de los tratamientos*

Código	Tratamiento	Tiempo de retención	Cantidad biomasa	Cantidad de muestra
RZO – T1	Agua residual + Rizofiltración → osmosis inv.	3 días	30 Und ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	180L
RZO – T2	Agua residual + Rizofiltración → osmosis inv.	4 días	30 Und ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	180L
RZO – T3	Agua residual + Rizofiltración → osmosis inv.	5 días	30 Und ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	180L

Nota. "RA-T1" remoción arsénico tratamiento 1, 2, 3,4

Con el fin de cumplir este objetivo se ejecutaron los métodos citados a continuación.

#### a) Construcción de los sistemas de rizofiltración y osmosis inversa

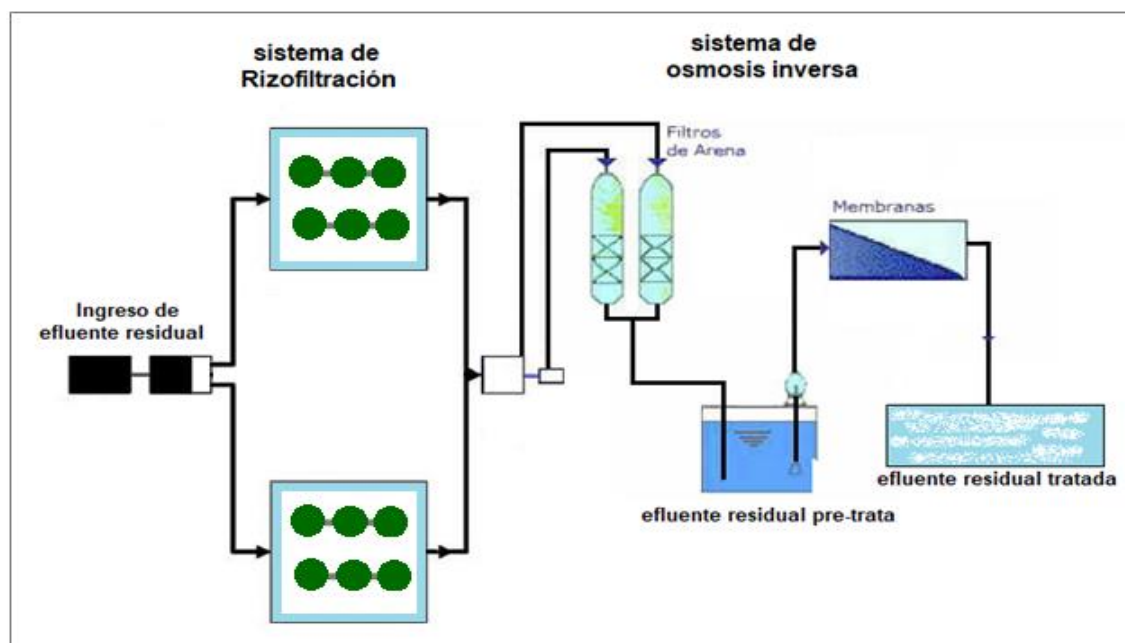
- **Acondicionamiento del humedal para la rizofiltración:** El recipiente, un barril de 600 litros de volumen, fue cortado longitudinalmente para obtener dos mitades. Se limpió meticulosamente el interior y, posteriormente, se colocó una capa de grava cubriéndola con tela geotextil. Seguidamente, se

agregó otra capa de arena sobre la tela geotextil, la cual evitó que esta se mezclara con la grava.

- **Acondicionamiento del sistema de osmosis inversa:** Se realizó la instalación del prefiltro colocando un filtro de sedimentos antes de la entrada de la unidad de ósmosis inversa con el fin de eliminar partículas grandes. Posteriormente, se acondicionó un filtro de carbón activado en una serie de tubos de PVC junto con membranas elaboradas con algodón georgette.
- **Unión de los dos sistemas como una combinación sinérgica:** Una vez acondicionados el humedal artificial para la rizofiltración y el sistema de ósmosis inversa, se realizó la conexión de estos sistemas agregando una motobomba de agua en el intermedio de ambos tratamientos, resultando así un solo sistema con afluente y efluente.

Figura 4.

*Diseño de la combinación sinergia de rizofiltración y osmosis*



Nota: diseño realizado en el software Solidworks

## b) Tratamiento de aguas residuales

**Tratamiento en la etapa rizofiltración:** Se carga el agua residual en las dos unidades de humedal artificial una cantidad de 90L en cada uno, luego se aplica 30 unidades de *Eichhornia crassipes* en cada humedal. Los tiempos de retención en el tratamiento en esta etapa es: (RzO–T1, 3 días), (RzO–T2, días), (RzO–T3, 4 días).

**Tratamiento en la etapa osmosis:** Una vez alcanzados los tiempos de retención en la etapa I, se abren las válvulas para que el agua residual pase a la etapa II de ósmosis. Encendiendo la pequeña motobomba de impulso, en este sistema el agua pasa continuamente por la serie de filtros hasta acumularse en un pequeño tanque para su muestreo.

### 3.3.3. Objetivo 3: Determinar la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual en la etapa de rizofiltración y en la etapa de osmosis inversa

Para calcular la eliminación porcentual de arsénico del suministro de agua subterránea en la localidad urbana de Perlas del Altiplano mediante el uso del electrofiltro, se emplean los datos documentados en el reporte de los análisis de laboratorio realizados, los cuales se introducen en la ecuación siguiente:

**Tabla 6.**

*Formula de porcentaje de remoción*

Etapa I: % remoción rizofiltración	Etapa II: % remoción osmosis inversa
$\text{Remoción} = \left(1 - \frac{\text{concentracion final de arsenico}}{\text{concentracion inicial de arsenico}}\right) * 1$	$\text{Remoción} = \left(1 - \frac{\text{concentracion final de arsenico}}{\text{concentracion inicial de arsenico}}\right) * 1$

### 3.4. Materiales y equipos

Los elementos empleados para el actual proyectos de tesis fueron los siguientes.

#### **Tabla 7.**

##### *Materiales y equipos*

<b>Materiales, equipo e insumos</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>EPPs</b>
1 cilindro de acero cerrado de 600 litros de volumen (Rubbermaid)	Matras Erlenmeyer 1000mL	Mascarilla facial
5 metros de tela geotextil de marca Dupont	Tubos de ensayo 120mL	Guantes quirúrgicos
4 tubos de PVC de 20cm de 1.1/4" de diámetro	Papel filtro 47mm	Casco
6 tubos de PVC de 1m de 1/2" de diámetro	Tijeras	Chaleco
1 malla de alambre galvanizado 50x 90cm	Cúter de laboratorio	Botas
6 niples de PVC roscados de 1/2"	Papel toalla	Lentes
1 alicata universal 8 pulgadas	Cinta masking	
1 taladro marca DeWalt eléctrica	Cooler de Tecnopor	
4 cintas teflón 3M	Cronometro digital Marathon	
8 Cintas aislante negro 3m	GPS Marathon	
60 und de eichhornia crassipes		
6 frascos de borosilicato de 500mL		
1 cooler (conservador)		
1 pequeña motobomba		

### **3.5. Técnicas e instrumentos**

#### **3.5.1. Técnicas**

Constituyen el método que emplea el investigador para recopilar y anotar los registros: Cuestionarios, los tests, los instrumentos de actitudes y opiniones.

En la siguiente investigación se utilizó las técnicas de:

- Observación directa
- Evaluación de investigaciones, artículos y libros
- Métodos estadísticos, artículos y libros
- Métodos analíticos y estadísticos (ANOVA)

#### **3.5.2. Instrumentos**

Los instrumentos de registro de datos pueden ser cualquier herramienta, dispositivo o formato (en papel o digital) empleado para adquirir, registrar o preservar información.

En la siguiente investigación se empleó los instrumentos:

- Hojas de registro de campo.
- Cadena de seguimiento.
- Protocolo de monitoreo de agua – (ANA, 2016)

### **3.6. Población y muestra**

#### **3.6.1. Población**

La muestra para el estudio actual consiste en las aguas residuales producidas en el distrito de Cabanilla. "La población y/o universo hace referencia al grupo de individuos u objetos de los que se busca obtener información en una investigación". (Hernández & Fernández, 2018).



### **3.6.2. Muestra**

La muestra en la siguiente investigación es una cantidad total de 540L de agua residual, dado que, se realizará 3 tratamientos con 180L, la cantidad de muestra a analizar en laboratorio será 500ml de agua.

La muestra constituye una fracción de la población tomada en cuenta para una representación” (Hernández & Fernández, 2018).

El tipo de muestreo que se realiza en la investigación es no aleatorio, llevando a cabo el muestreo según la convenido por el investigador.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. *Concentración y dinámica del arsénico presente en las aguas subterráneas de la urbanización Perlas del Altiplano*

A continuación, se expone un resumen de las características iniciales de los parámetros fisicoquímicos y biológicos encontrados.

#### Tabla 8.

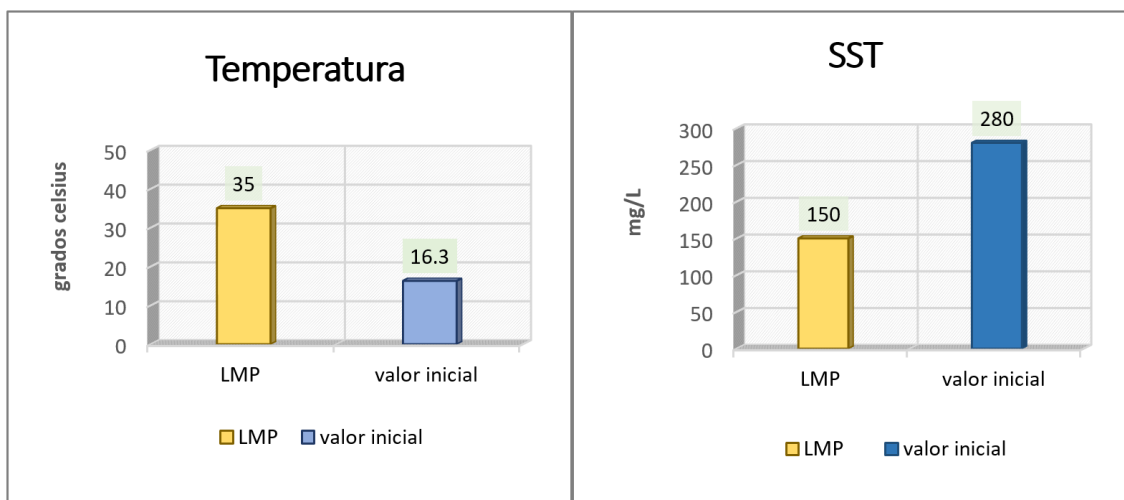
*Concentración inicial de parámetros fisicoquímicos y biológicos*

N°	Parámetros	Unidad	Valor
1	Temperatura	°C	16.3
2	pH	und.pH	6.9
3	Solidos totales en suspensión	mg/L	280
4	Aceites y grasas	mg/L	22.8
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	480
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	800
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100nL	150000

## A. Concentración inicial de parámetros fisicoquímicos

**Figura 5.**

*Concentración inicial de la temperatura y solidos totales en suspensión*



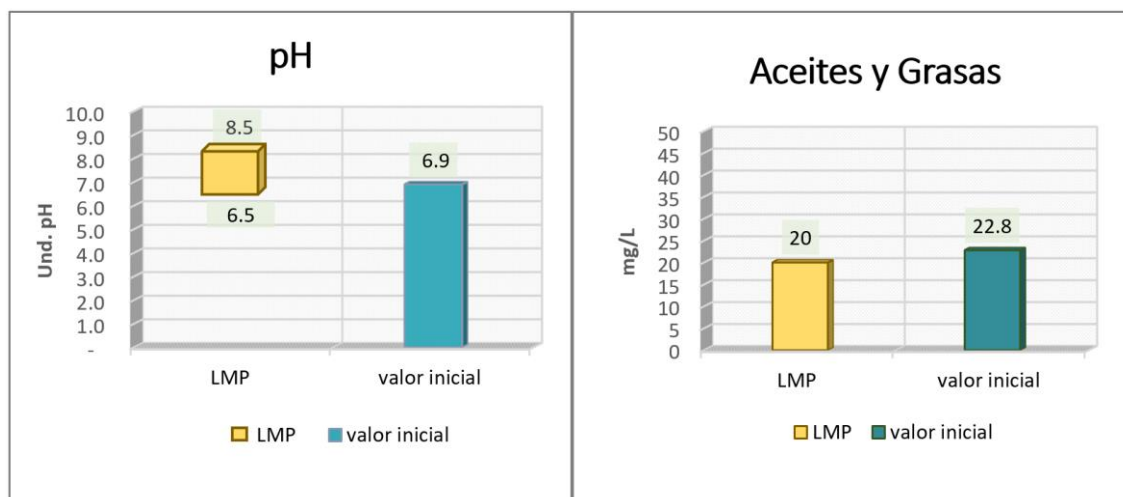
En la figura 5 se exhiben tanto la temperatura inicial como el nivel de SST en las aguas depuradas del distrito de Cabanilla. Se puede notar que la cantidad de sólidos suspendidos consigue los 280 mg/L, excediendo los límites permitidos según las regulaciones vigentes. En contraste, la temperatura registrada es de 16.3 °C, lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

La sobreacumulación de partículas suspendidas en ecosistemas acuáticos, incluyendo embalses, lagos, ríos y arroyos, representa un peligro significativo para el bienestar del entorno y la salud del medio ambiente circundante. Estos elementos contribuyen al aumento de la turbidez, lo que a su vez desencadena un rápido incremento en la temperatura del agua, ya que las partículas suspendidas absorben más calor. Además, esto causa una reducción del oxígeno y obstaculiza la fotosíntesis de las plantas hidrofílicas

al disminuir la capacidad de penetración de la luz. Consecuencias adversas: Impactos negativos, efectos perjudiciales, resultados desfavorables.

**Figura 6.**

*Concentración inicial del pH, aceites y grasas*



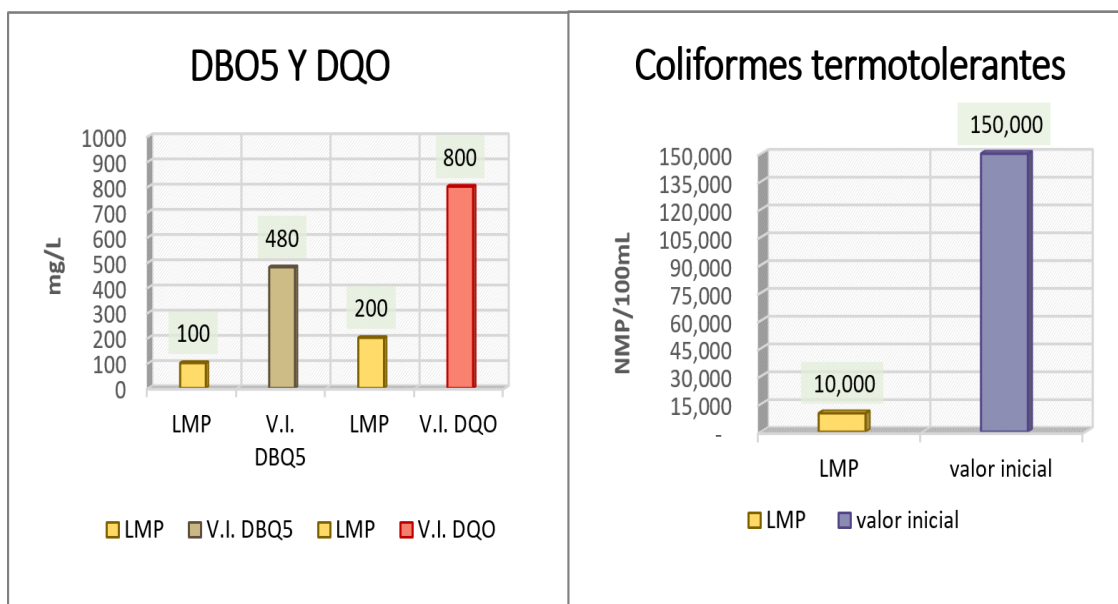
En la figura 6 se detallan los valores iniciales de pH, así como la cantidad de aceites y grasas detectados en las aguas depuradas de la provincia de Cabanillas. Se ha observado que el nivel de aceites y grasas alcanza los 22.8 mg/L, excediendo los límites establecidos por la normativa para los efluentes de la (PTAR). Además, se registra un pH de 6.9 unidades, indicando condiciones ligeramente ácidas cumpliendo con lo establecido en la norma.

La abundancia de grasas y aceites en las aguas contaminadas proviene de los productos de desecho sin tratar liberados por las actividades ganaderas en la zona circundante. Además, en relación a la laguna facultativa, la segregación física primaria no funciona de forma eficaz, lo que conlleva a la superposición de capas (natas y espumas) en el área a causa de la incompatibilidad de estos componentes con el agua.

## B. Concentración inicial de parámetros biológicos

**Figura 7.**

*Concentración inicial de DBO, DOQ y coliformes termotolerantes*



La figura 7 ilustra los niveles iniciales de DBO5 se sitúan en 480 mg/L y los de DQO en 800 mg/L, cifras que superan los límites permitidos. Asimismo, el gráfico presenta la concentración de coli termotolerantes, con un valor de 150,000 NMP/100mL. Indicando que el efluente posee contaminantes superiores a los límites establecidos. Esto puede ser consecuencia de que una cantidad considerable de la población participa en eventos como la fabricación, la elaboración y la preparación de alimentos provenientes de la ganadería, así como en la aplicación de fertilizantes en la agricultura, lo que resulta en vertidos con grandes volúmenes de materia orgánica al sistema de alcantarillado sin tratamiento. Además, se debe a que el procedimiento empleados para depurar el estanque de oxidación en la zona de estudio es inapropiado y se halla en mal estado. La alta existencia de estos contaminantes ocasiona un desequilibrio ecológico en los cuerpos de agua, debido a que el exceso de nutrientes favorece

una proliferación acelerada de microorganismos. Esta situación, a su vez, genera un descenso en el oxígeno disuelto y provoca impactos perjudiciales en la salud de los ecosistemas acuáticos.

#### **4.1.2. Identificación de las características operacionales adecuadas de la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración para la reducción de los contaminantes de las aguas residuales**

Seguidamente, se muestran los resultados detallados de los tratamientos con 3 diferentes tiempos de retención y con la misma cantidad de *Eichhornia crassipes* en la rizofiltración, mientras que al pasar a la osmosis inversa es de flujo continuo.

**Tabla 9.**

*Parámetros fisicoquímicos y biológicos en los tratamientos*

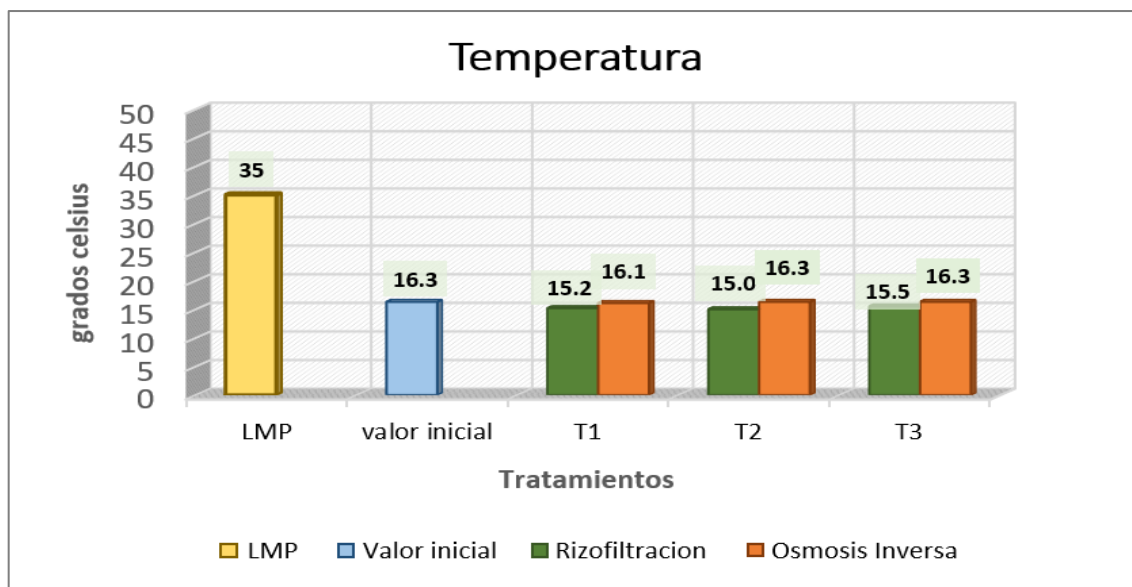
Parámetro	T1		T2		T3		Und
	Rz1- 3 días 30 und.E.C.	O1 (osmosis)	Rz2- 4 días 30 und. E.C.	O2 (osmosis)	Rz3- 5 días 30 und.E.C.	O3 (osmosis)	
Colifor. Termo.	25000	3951	18000	2356	15000	1932	NMP/ 100m L
DQO	215	95	195	84	187	72	mg/L
DBQ5	124	48	98	37	90	29	mg/L
A y G	8.2	1.2	7.2	1.8	7.4	1.4	mg/L
pH	8.2	8.0	8.5	8.1	8.3	8.0	Und.
SST	165	12.0	148	7.5	135	6.2	mg/L
Tem.	15.2	16.1	15.0	16.3	15.5	16.3	°C

*Nota.* Rz – Rizofiltración

## A. Características fisicoquímicas del agua residual tratada

**Figura 8.**

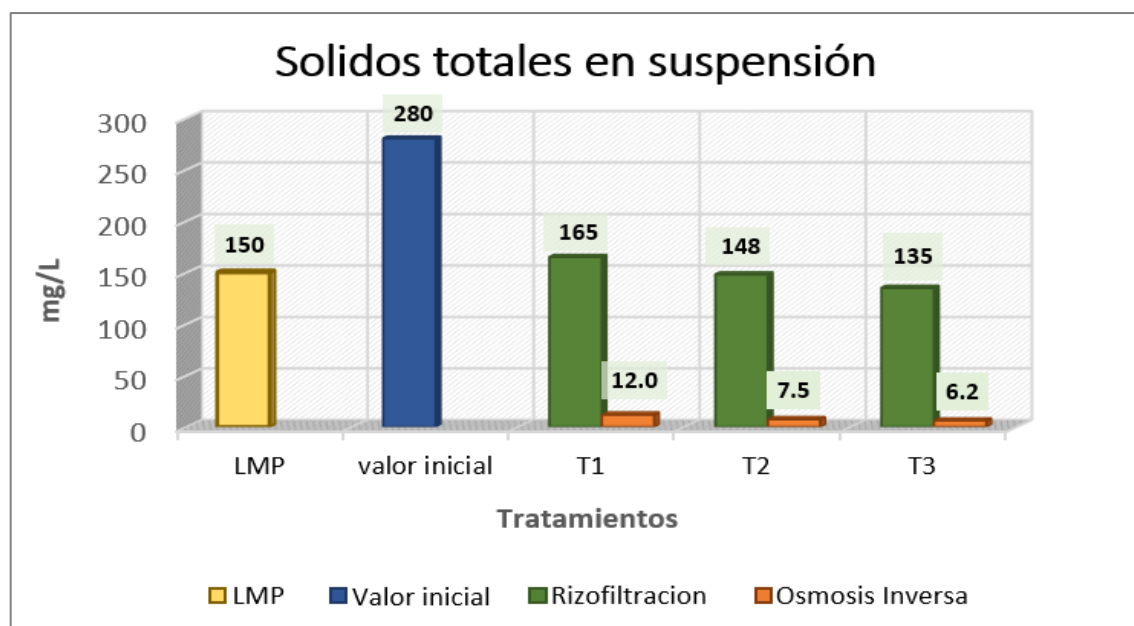
*Comportamiento de la temperatura a 3, 4 y 5 días*



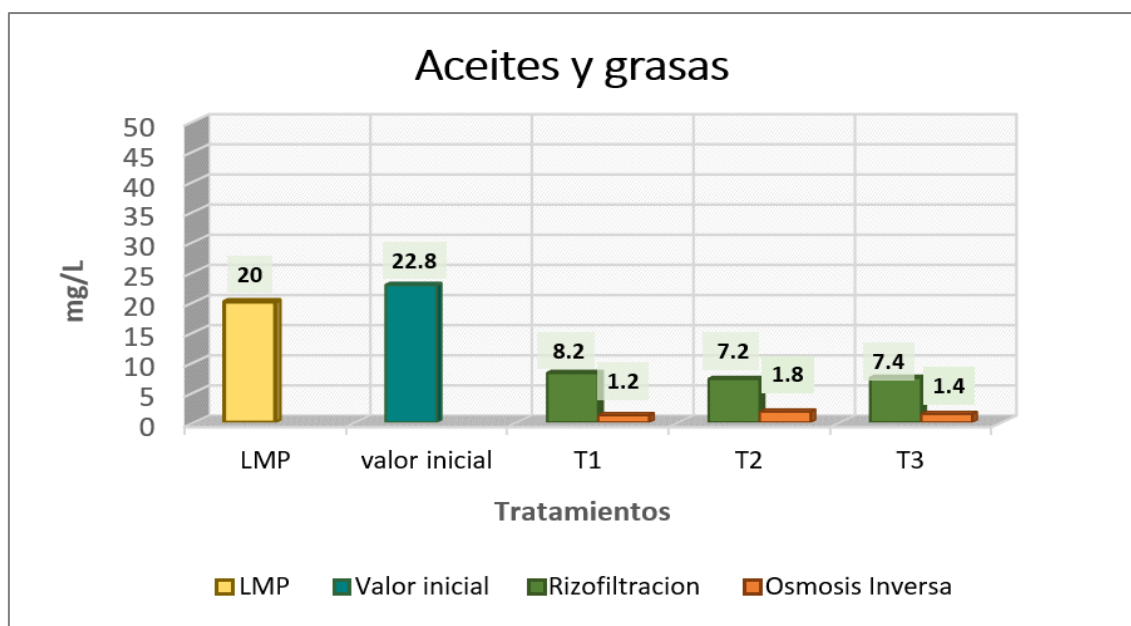
En la figura 8 se exponen los resultados logrados respecto a las concentraciones de temperatura en las aguas depuradas procesadas a tratamiento. Se observa que en el primer tratamiento (Rz1- 3 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y osmosis inversa) se evidencia una variación térmica más pronunciada, alcanzando los 15,2 °C mediante el método de rizofiltración y ascendiendo a 16,1 °C después del proceso de osmosis inversa, lo que sugiere una mayor transferencia de oxígeno. En contraste, en el tratamiento 3 (Rz3- 5 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y osmosis inversa), se registran temperaturas que oscilan entre 15,5 °C y 16,3 °C, lo que indica una eficacia menor en comparación con las otras alternativas evaluadas

Figura 9

Comportamiento de sólidos totales en suspensión a 3,4 y 5 días



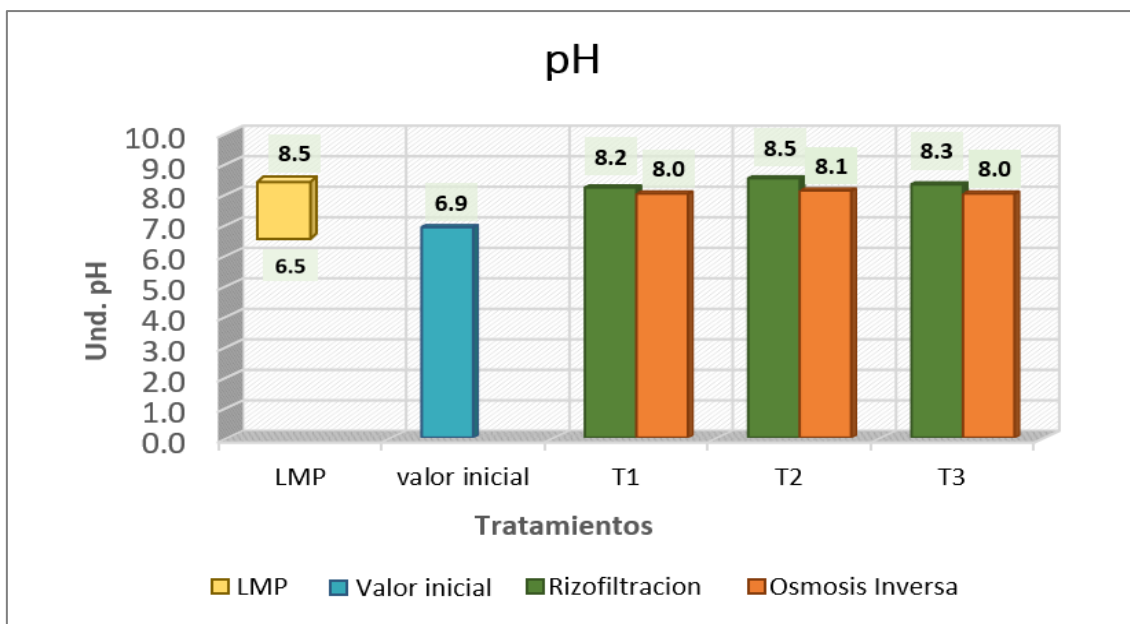
En la figura 9 se exponen los resultados relativos a la presencia de STS de las aguas depuradas sometidas a tratamiento. Se destaca que el tratamiento 3 (Rz3- 5 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y osmosis inversa) logró una eliminación más significativa, con 135 mg/L durante el proceso de rizofiltración y 6,2 mg/L después de pasar por osmosis inversa. Por el contrario, el tratamiento 1 (Rz1- 3 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y osmosis inversa) evidenció una menor eliminación de partículas en suspensión, con 165 mg/L durante la rizofiltración y 12,0 mg/L después de la osmosis inversa, lo que indica una eficacia inferior en comparación

**Figura 10***Comportamiento de aceites y grasas a 3,4 y 5 días*

En la figura 10 se exponen los resultados relativos a la existencia de aceites y grasas en el agua depuradas después de su tratamiento. Se destaca que el tratamiento 3 (Rz3- 5 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y osmosis inversa) experimenta una considerable reducción, descendiendo a 7,4 mg/L mediante la rizofiltración, para luego disminuir a 1,4 mg/L tras pasar por el proceso de osmosis inversa. Por otro lado, el tratamiento 1 (Rz1- 3 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y osmosis inversa) muestra una disminución menos significativa en las cantidades de aceites y grasas, con 8,2 mg/L en la rizofiltración y 1,2 mg/L después de la osmosis inversa, lo que sugiere una eficacia menor en comparación.

### Figura 11

Comportamiento de pH a 3,4 y 5 días

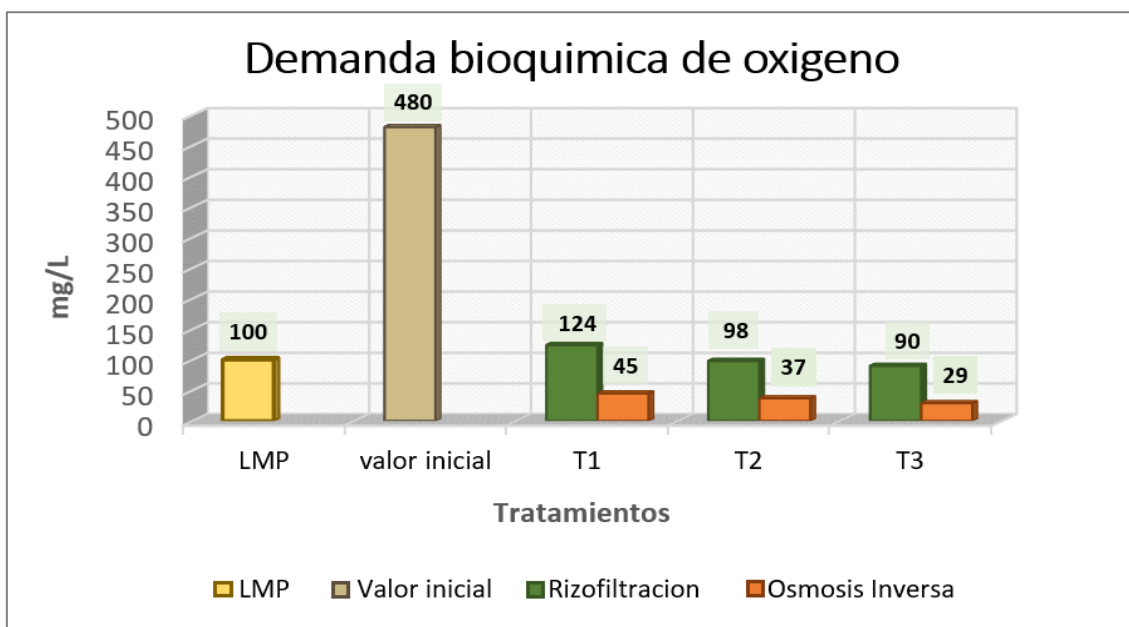


En la figura 11 se presentan los resultados correspondientes a los valores de pH del agua residual evaluados. Se destaca que el tratamiento 1 (Rz1- 3 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y ósmosis inversa) experimentó una variación en el pH, alcanzando 8,2 unidades durante la fase de rizofiltración y luego descendiendo a 8,0 unidades después del proceso de ósmosis inversa. En contraste, en el tratamiento 3 (Rz3- 5 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y ósmosis inversa), se observaron concentraciones de pH que fluctuaron entre 8,3 unidades y 8,0 unidades respecto al tratamiento, lo que sugiere una eficacia menor en relación con los otros métodos analizados

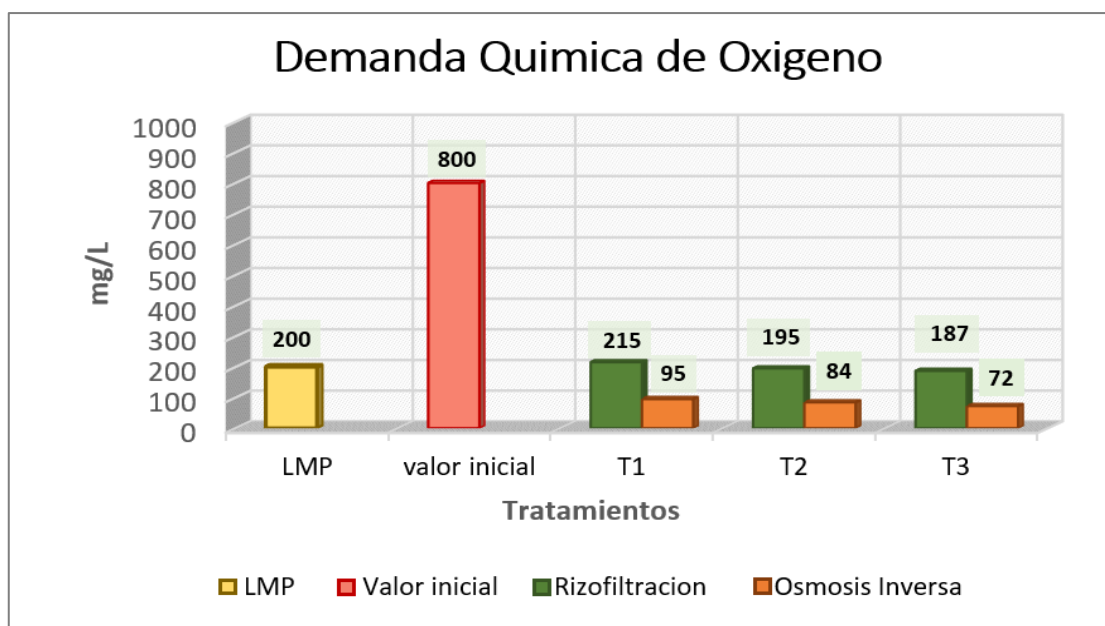
## B. Características fisicoquímicas del agua residual tratada

Figura 12.

Comportamiento de la DBO5 a 3, 4 y 5 días



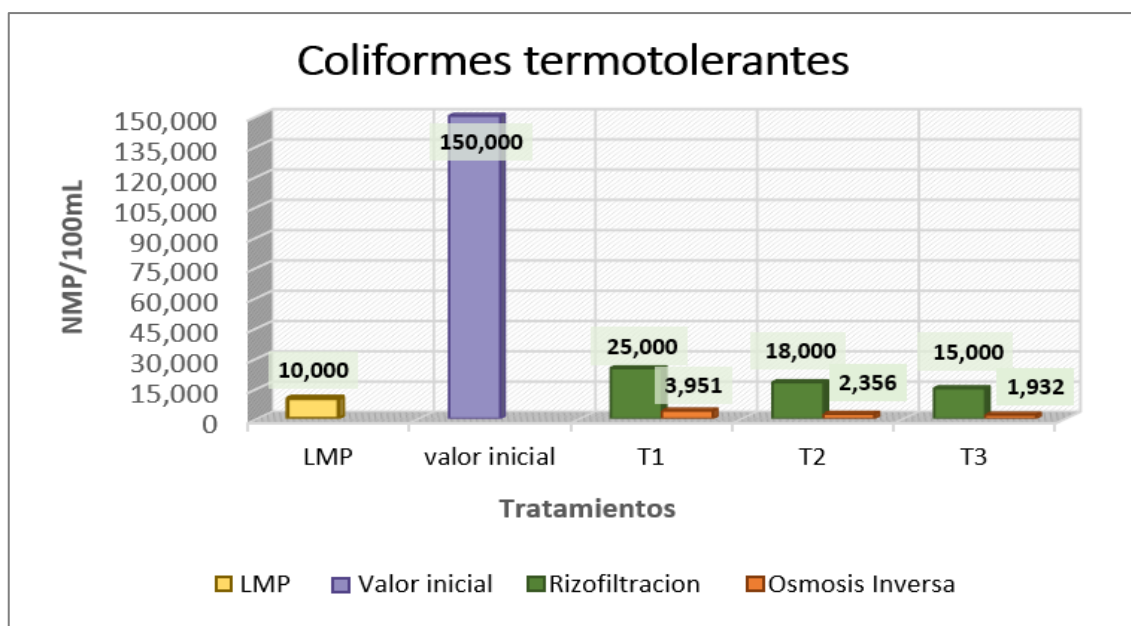
En la figura 12 se evidencian los resultados de las evaluaciones concernientes a la DBO5 del agua depurada una vez que fue sometida al tratamiento correspondiente. Los datos recolectados señalan que el tratamiento 3 (Rz3- 5 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y ósmosis inversa) alcanza una eliminación superior de DBO5, logrando un nivel de 90 mg/L en la rizofiltración y reduciéndose a 29 mg/L tras el proceso de ósmosis inversa. Estos hallazgos insinúan un nivel de oxígeno óptimo y una descomposición efectiva de las sustancias orgánicas presentes en los efluentes tratados, lo que contribuye considerablemente a mitigar la magnitud de polución del agua. En contraste, el tratamiento 1 (Rz1- 3 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y ósmosis inversa) muestra una eliminación mínima de DBO5, con concentraciones de 124 mg/L en la rizofiltración y 45 mg/L seguida de la ósmosis inversa, obteniendo una mínima remoción.

**Figura 13.***Comportamiento de la DQO a 3, 4 y 5 días*

En la figura 13 se exponen los resultados relacionados con la DQO para los tres enfoques estudiados. Es notable que en el tercer tratamiento (Rz3- 5 días/30 und. de *Eichhornia crassipes* y ósmosis inversa), se logra una eliminación considerablemente mayor de DQO, alcanzando los 187 mg/L mediante el proceso de rizofiltración y 72 mg/L posterior a ósmosis inversa. Estos descubrimientos implican la presencia de un nivel óptimo de oxígeno, crucial para la incineración de los elementos orgánicos. Sin embargo, en el primer tratamiento (Rz1- 3 días/30 und. *Eichhornia crassipes* y ósmosis inversa), se observa una disminución mínima en las concentraciones, con 215 mg/L y 95 mg/L como resultado, lo que señala una eficacia inferior en comparación con el tercer tratamiento.

Figura 14.

Comportamiento de coliformes termotolerantes a 3, 4 y 5 días



En la figura 14 se evidencian los resultados de los tres distintos procedimientos aplicados a los coliformes termotolerantes. Se resalta que el tratamiento 3 (Rz3- 5 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y ósmosis inversa) logra una reducción más significativa, disminuyendo los niveles a 15.000 NMP/100mL mediante la rizofiltración y luego a 1.932 NMP/100mL después de la ósmosis inversa. Este descubrimiento sugiere una purificación eficaz de los constituyentes presentes en las aguas depuradas. En contraste, el tratamiento 1 (Rz1- 3 días/30 unidades de *Eichhornia crassipes* y ósmosis inversa) muestra una eficacia menor en la eliminación, con niveles de 25.000 NMP/100mL en la rizofiltración y 3.951 NMP/100mL seguido de ósmosis inversa, indicando un proceso de tratamiento menos eficiente en comparación con el tratamiento 3



**4.1.3. Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual con la combinación sinérgica de rizofiltración y osmosis inversa**

Los procedimientos de rizofiltración y ósmosis inversa aplicados de manera conjunta demuestran ser eficientes en el tratamiento integral de aguas depu5radas. A continuación, se exponen los notables porcentajes de remoción logrados en los diversos tratamientos:

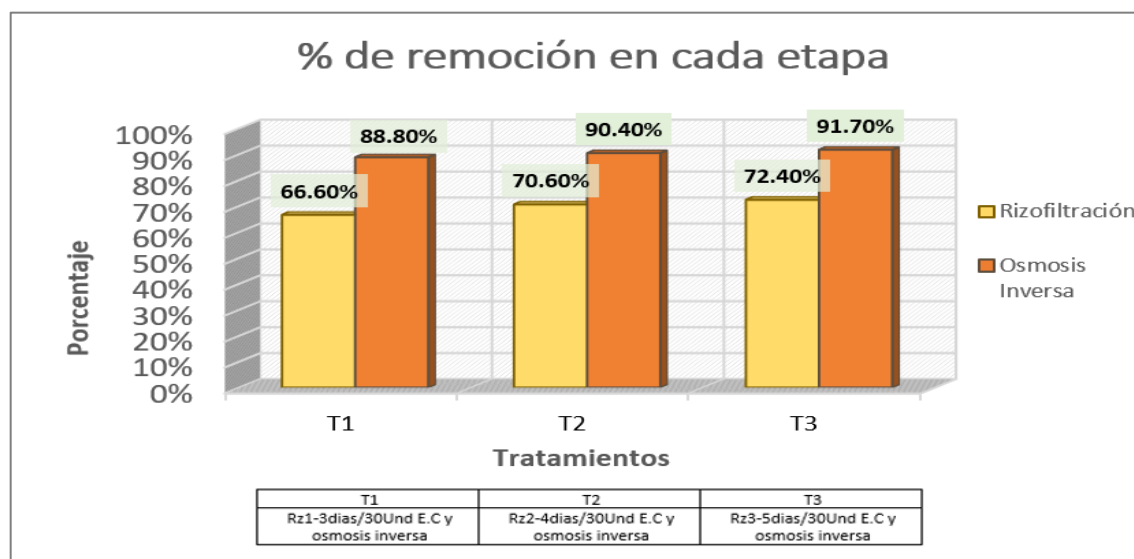
**Tabla 10.**

*Porcentaje de remoción*

N°	Código de muestra	Tiempo de retención	<i>Eichhornia crassipes</i>	Porcentaje de remoción de la combinación sinérgica	
				Rizofiltración	Osmosis inversa
1	RzO – T1	3 días	30 Und	66.6%	88.8%
2	RzO – T2	4 días	30 Und	70.6%	90.4%
3	RzO – T3	5 días	30 Und	72.4%	91.7%

**Figura 15.**

*Comportamiento del % de remoción*



La figura 15 presenta el porcentaje de extracción de arsénico del agua subterránea en cada tratamiento a diferentes tiempos de retención e intensidad de corriente. De acuerdo a los resultados se puede afirmar que los tratamientos RA-T4 (30V – 60min) y RA-T3 (25V – 60min) alcanzaron porcentajes elevadas de remoción con valores de 97.6% y 97.2% respectivamente, siendo estos los más óptimos.

## 4.2. Análisis estadístico

### Prueba de normalidad

Se llevó a cabo el test de normalidad para verificar si los datos se ajustan o no a una distribución normal.

### hipótesis

H1: los datos analizados presentan una distribución no normal

Ho: los datos analizados presentan una distribución normal

### Criterio de decisión

Si,  $P > 0.05$  aceptamos la hipótesis nula

Si,  $P < 0.05$  rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna

**Tabla 11.**

*Prueba de normalidad*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tratamientos	,122	7	,200*	,982	7	,961
Muestra control	,276	7	,170	,845	7	,144

Para la presente investigación se seleccionaron 7 parámetros para el análisis con 3 tratamientos y una muestra control, lo que da un total de 42 conjuntos de datos. De acuerdo con Moraguez y Espinosa (2017), cuando los datos son inferiores a 50, se utiliza el test de Shapiro-Wilk.

En la tabla 11, se observa una significancia de 0,961 y 0,144 (P-valor) que es mayor a 0,05 o sea:  $P > 0.05$  para 42 datos, Por lo tanto, rechazamos la H1 y aceptamos la H0 "Los datos están distribuidos de manera normal" por lo que se emplea la prueba paramétrica ANOVA.

#### 4.2.1. Prueba de hipótesis general

##### Hipótesis

$H_0$ : La combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración no alcanza una eficacia del 75% en el procesamiento de las aguas residuales del distrito de Cabanilla.

$H_a$ : La combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración alcanza una eficiencia del 75% en el procesamiento de las aguas residuales del distrito de Cabanilla.

##### Regla de decisión

Cuando " $p$ " < 0.05 rechazamos la  $H_0$  y aceptamos  $H_a$

Cuando " $p$ " > = 0.05 Aceptamos la  $H_0$  y rechazamos  $H_a$

$H_0$ : Todos los grupos tienen la misma media.

$H_a$ : Las medias de los grupos no son todas iguales

##### Tabla 12.

##### ANOVA para hipótesis general

ANOVA					
Resultados	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2851439,237	3	934813,079	4,957	,003
Dentro de grupos	3036637,809	16	188602,363		
Total	5822077,046	20			

La tabla 12 muestra los resultados del ANOVA llevado a cabo para poner a prueba la Hipótesis general, donde se examinaron los promedios de tres tratamientos y una muestra estándar. El valor  $p$  obtenido fue de 0.003, que es menor que el nivel de significancia alfa de 0.05. Por lo tanto, se infiere que hay una diferencia significativa entre las medias de los diferentes grupos."

#### 4.2.2. Prueba de hipótesis específico 1

##### Hipótesis

$H_0$ : La concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales no supera los LMP tolerados en el distrito de Cabanilla.

$H_a$ : La concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales supera los LMP en el distrito de Cabanilla.

##### Regla de decisión

Cuando " $p$ " < 0.05 descartamos la  $H_0$  y aceptamos  $H_a$

Cuando " $p$ " > = 0.05 descartamos la  $H_0$  y rechazamos  $H_a$

**Tabla 13.**

*T-student para hipótesis específico 1*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0.001						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración inicial	2,047	4	,005	235,52317	-17,6596	138,7059



En la tabla 13 se muestra el T-student adecuado a la hipótesis específica 1. El p-valor obtenido es de 0.005, el cual es menor que el valor alfa de 0.05. Este resultado se obtuvo al evaluar la media de los valores de materia orgánica de la muestra inicial. Por consiguiente, con un nivel de significancia del 0.05 ( $\alpha$ ) y un nivel de confianza del 95%, se confirma la  $H_a$  ( $\alpha > \text{Sig. Se confirma } H_a$ ), concluyendo que 'La cantidad de los parámetros físico-químicos y biológicos de las aguas depuradas supera los límites máximos permitidos en el distrito de Cabanilla

#### **4.2.3. Prueba de hipótesis específico 2**

##### **Hipótesis**

*H<sub>0</sub>*: Las características operacionales de 10 días en la combinación sinérgica de osmosis inversa y Rizofiltración no consienten una mayor disminución de contaminantes de las aguas residuales.

*H<sub>a</sub>*: Las características operacionales de 10 días en la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración consienten una mayor disminución de agentes contaminantes de las aguas residuales.

##### **Regla de decisión**

Cuando " $p$ " < 0.05 rechazamos la *H<sub>0</sub>* y aceptamos *H<sub>a</sub>*

Cuando " $p$ "  $\geq$  0.05 Aceptamos la *H<sub>0</sub>* y rechazamos *H<sub>a</sub>*

*H<sub>0</sub>*: Todos los grupos tienen la misma media

*H<sub>a</sub>*: Las medias de los grupos no son todas idénticas

**Tabla 14.**

ANOVA para hipótesis específico 2

ANOVA DE DOS FACTORES					
Variables Resultados					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	1005495,564	4	202373,891	1,499	,0153
Parámetros	2804439,237	3	832813,079	5,575	,002
Error	2012142,245	12	167678,520		
Total	7604474,293	20			
Total corregido	5822077,046	19			

La tabla 14 exhibe el análisis de varianza ANOVA de medidas repetidas para analizar los parámetros de los tres tratamientos y un grupo de control. El valor p fue de 0.002, el cual es inferior al nivel de significancia alfa de 0.05. Esto sugiere que "no todas las medias de los parámetros son iguales". La  $H_a$  ( $\alpha > \text{Sig.}$  Se acepta  $H_a$ ) es aceptada con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha$ ) y un nivel de confianza del 95% concluyendo lo siguiente: "Los aspectos operacionales de 10 días en la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración permiten una mayor reducción de agentes contaminantes en las aguas depuradas". Dado que se realizó la prueba de Tukey debido a que las medias de los parámetros no son todas iguales



**Tabla 15.**

*Prueba de Tukey*

<b>Resultados</b>		
HSD Tukey <sup>a,b</sup>		
Parámetros	N	Subconjunto
DBO5	T-3;	86117,3700
DQO	T-3	6512,1600
pH	N/S	7,5280
T°	N/S	
Sig.		,001
Alfa = 0.05.		

En la tabla 15, se presenta el contraste debido a la significativa varianza entre los tratamientos, se ejecutó a realizar la prueba de Tukey para analizar los parámetros. Esta prueba permite identificar diferencias entre los tratamientos en relación con los parámetros DQO, DBO5, el tratamiento T-3 es el más eficaz.

### 4.2.3. Prueba de hipótesis específico 3

#### Hipótesis

*H<sub>0</sub>*: La remoción de los indicadores fisicoquímicos del agua residual es no mayor a 50% en la etapa de rizofiltración y mayor a 70% en la etapa de osmosis inversa.

*H<sub>a</sub>*: La remoción de los parámetros fisicoquímicos del agua residual es mayor a 50% en la etapa de rizofiltración y mayor a 70% en la etapa de osmosis inversa.

#### Regla de decisión

Cuando "*p*" < 0.05 descartamos la *H<sub>0</sub>* y aceptamos *H<sub>a</sub>*

Cuando "*p*" > = 0.05 Aceptamos la *H<sub>0</sub>* y descartamos *H<sub>a</sub>*

*H<sub>0</sub>*: Todos los grupos tienen la misma media

*H<sub>a</sub>*: No todas las medias de los grupos son iguales

**Tabla 16.**

*ANOVA para hipótesis específico 3*

ANOVA DE DOS FACTORES					
Variables Resultados					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	1005495,564	4	202373,891	1,499	,0153
Parámetros	2804439,237	3	832813,079	5,575	,002
Error	2012142,245	12	167678,520		
Total	7604474,293	20			
Total corregido	5822077,046	19			



En la tabla 16, se presenta el análisis ANOVA para los tratamientos T-1, T-2 y T-3. El valor p registrado es de 0.0153, lo cual es menor que el valor alfa de 0.05, obtenido mediante la comparación de la media de los grupos con la concentración inicial. Se confirma la existencia de diferencias significativas entre las medias de los distintos grupos. La hipótesis alternativa del ANOVA se acepta con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha$ ) y un nivel de confianza del 95%, y se puede deducir que "La erradicación de los parámetros fisicoquímicos del agua residual es superior al 50% en la etapa de rizofiltración y superior al 70% en la etapa de osmosis inversa". Al reconocer que "existe varianza entre las medias de los diversos grupos", se procede a identificar el mejor grupo de tratamiento mediante la prueba de Tukey.

**Tabla 17.**

*Prueba de Tukey*

Resultados		
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	N	Subconjunto
Tratamientos		
MLTH3 (T-3)	DBO5, DQO, C.T	75202,5375
MLTH2 (T-2)	N/S	166,4225
MLTH1 (T-1)	N/S	404,0025
Sig.		,003
Alfa = 0.05.		

En la tabla 17, se detallan los contrastes realizados mediante la prueba de Tukey para los tratamientos, ya que se ha identificado una varianza significativa. Por consiguiente, esta evaluación establece que el tratamiento T-3 destaca como el más idóneo para la eliminación de materia orgánica.



### 4.3. Discusiones

Discusión con respecto al resultado del objetivo general, donde se consiguió un valor  $p$  de 0.003 en la prueba de ANOVA, se deduce que la combinación sinérgica de ósmosis inversa y rizofiltración alcanza una eficiencia del 75% de las aguas depuradas en el distrito de Cabanillas son tratadas. El resultado muestra afinidad con la investigación presentada por Cantuña (2019), quien concluye que el uso de la rizofiltración mediante *Eichhornia crassipes* resulta óptimo y efectividad en el manejo de aguas depuradas. Ambos estudios exhiben una competencia equiparable de reducción de contaminantes, lo que destaca la eficiencia de la especie. Asimismo, Núñez (2019), con un valor  $p$  de 0.000, afirma que la implementación de la rizofiltración mediante las especies *Eichhornia crassipes* y *Zantedeschia aethiopica*, dos tratamientos que se complementan entre sí, muestran efectos superiores en la remoción de contaminantes de efluentes residuales domésticos. Ambos estudios emplean métodos de rizofiltración; la metodología de Núñez (2019) incorpora un tratamiento adicional con *Zantedeschia aethiopica*. Esta diferencia metodológica señala un área de potencial, lo cual podría conducir a una eficiencia aún mayor en el procesamiento de aguas residuales. Es esencial destacar que, si bien estos estudios exhiben similitudes, no son idénticos. Las disparidades se observan en la ubicación geográfica del estudio, las características operativas del proceso, la carga de contaminantes de los efluentes y la composición de la muestra bajo tratamiento.

En el resultado del objetivo específico 1, donde se registró un valor  $p$  de 0.005 utilizando la prueba  $t$  de Student, se concluye que la concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas depuradas excede los LMP en



el distrito de Cabanillas. En el estudio se registra que los parámetros: Temperatura 16.3°C, pH 6.9 unidades, SST 280 mg/L, Aceites y Grasas 22.8 mg/L, DQO 800 mg/L, coli. termotolerantes 150000 NMP/100mL y DBO5 480 mg/L, todos son muy grandes en comparación con los LMP. Los datos recolectados son similares al informe presentado por Martínez e Iglesias (2020), donde se constataron los contaminantes de los efluentes residuales descargados a cuerpos de agua son significativos, con valores de SST de 1350.0 mg/L, DBO5 de 2280.0 mg/L, y aceites y grasas de 380.0 mg/L. Además, Núñez (2019), al examinar las aguas residuales no tratadas adecuadamente, muestra que los parámetros DBO5 alcanzan los 1186.5 mg/L, la DQO alcanza los 437.0 mg/L, y los coliformes termotolerantes alcanzan los 924000 NMP/100mL, lo que indica una disparidad en la naturaleza y el origen de las aguas residuales." Los hallazgos de estos dos estudios se asemejan a los nuestros, aunque se observan disparidades en los parámetros. Esto se explica por el hecho de que las aguas residuales de Cabanillas se originan principalmente a partir de la fabricación y elaboración de alimentos en el ámbito agrícola, mientras que las actividades en las áreas de estudio mencionadas son principalmente domésticas.

Mientras que para el resultado del objetivo específico 2, donde se logro un valor p de 0.002 en la prueba de ANOVA, se concluye que los rasgos operacionales de 10 días en la combinación sinérgica de ósmosis inversa y rizofiltración permiten una disminución más pronunciada de agentes contaminantes en las aguas depuradas. En el estudio se observa que la manifestación de los parámetros aceites y grasas, SST, DBO5, pH, coli. termotolerantes y DQO varían en cada tratamiento, sobresaliendo el T3 con atributos (Rz1- 3 días/30 unidades de Eichhornia crassipes y ósmosis inversa). Los resultados de este estudio son en cierta medida



coincidentes con los resultados encontrados por Pertiwi et al. (2017), quienes utilizando fitorremediación durante 15 días y una biomasa de 300 gramos de *Typha angustifolia* disminuían considerablemente los parámetros de DBO5 y DQO en las aguas depuradas. Además, Sricoth et al. (2017) reportaron reducciones en DQO utilizando rizofiltración mediante *Typha angustifolia*, seguido de la colocación de *Eichhornia crassipes* sobre la superficie del agua. Las plantas se cultivaron durante un total de 21 días, mejorando la calidad del agua. Ambos estudios tienen gran eficacia en el tratamiento de las aguas residuales. Sin embargo, respaldan la efectividad de la combinación sinérgica de ósmosis inversa y rizofiltración en los tratamientos de las aguas depuradas. Es relevante resaltar que la duración del tratamiento y la selección adecuada de especies de plantas acuáticas son factores cruciales que influyen en la eficiencia de la rizofiltración. Nuestro estudio demuestra que un período de tratamiento de 10 días, combinando la rizofiltración con la ósmosis inversa y el uso de *Eichhornia crassipes*, permite alcanzar resultados óptimos en la reducción de contaminantes, a diferencia de los otros tratamientos que toman más días.

## CONCLUSIONES

1. Se deduce que la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración logra una efectividad del 75% del procesamiento de las aguas residuales en el distrito de Cabanilla, Puno. Este resultado se respalda con el valor  $p$  de 0.003 logrado mediante el ANOVA, resaltando especialmente la etapa de osmosis inversa, que demostró una mayor eliminación de parámetros como DQO y DBO5.
2. Se infiere que los niveles iniciales de parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua depuradas exceden los LMP en el distrito de Cabanilla, y este hallazgo se corrobora con un valor  $p$  de 0.005 logrado mediante la prueba T de Student. Los valores reportados incluyen 280 mg/L de SST, 22.8 mg/L de grasas y aceites, 480 mg/L de DBO5, 800 mg/L de DQO y 150000 NMP/100 mL de coli. termotolerantes.
3. Se determina que las características apropiadas en la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración consienten una mayor reducción de contaminantes de las aguas residuales, esto se valida con el valor  $p$  de 0.002 obtenido a través del análisis de varianza. Se constataron condiciones operativas que incluyeron Un lapso de almacenamiento de 5 días y una concentración de 30 unidades de la especie *Eichhornia crassipes*.
4. Se concluye que la eliminación de los parámetros fisicoquímicos del agua residual es 72.40% en la etapa de rizofiltración y 91.70% al pasar a la etapa de osmosis inversa, este hecho se apoya con el valor  $p$  de 0.0153 logrado a través del análisis de varianza.



## RECOMENDACIONES

1. Para futuras investigaciones, se sugiere emplear efluentes residuales industriales y mineros de manera independiente, y luego comparar las tres variedades de efluentes (domésticos, industriales y mineros), teniendo en cuenta la demostración del efecto positivo y significativo de la combinación sinérgica de rizofiltración y osmosis inversa.
2. Se propone realizar una evaluación del impacto ambiental ocasionado por la descarga de aguas depuradas al río Cabanillas en futuras investigaciones, Teniendo en cuenta los valores iniciales de los parámetros físico-químicos y biológicos del agua depurada en el distrito de Cabanilla rebasaban los LMP, según se demostró en esta investigación.
3. Se propone para estudios posteriores utilizar una biomasa de *Eichhornia crassipes* superior a 30 unidades y el período de retención superior a 10 días destinados al tratamiento de aguas depuradas de actividades industriales y mineras. (esto en referencia a la primera sugerencia), ya que las condiciones operativas apropiadas, como el tiempo de retención y la cantidad de biomasa en la combinación sinérgica, posibilitan una eliminación más efectiva de contaminantes del agua depurada, tal como se demostró en este estudio.
4. Para investigaciones posteriores, se propone realizar un proceso inicial de sedimentación o filtración gravitacional al efluente residual previo a la rizofiltración, con la finalidad de incrementar la eficacia del proceso hasta un 95%, considerando que la eficiencia de la combinación sinérgica de rizofiltración y osmosis inversa excedió el 90% en el presente estudio.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Ammar, R. K., & Wazne, M. (2020). Rhizofiltration of copper from water using *Phragmites australis*: Role of acidic root exudates. *Environmental Pollution*, 263, 114529. <https://n9.cl/e87x6q>
- ANA. (2016). Protocolo Nacionales para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales. Gráfica Industrial Alarcon S.R.L.
- Apaza, Y. A. (2022). Estudio de la eficiencia de un sistema híbrido filtro rotativo-biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* para el saneamiento de aguas residuales en Cabanillas, Puno - 2022. Repositorio Universidad César Vallejo. <https://n9.cl/3qiyk>
- Bayona, D. (2016). Evaluación de la efectividad de *Eichhornia Crassipes* del río Chira para tratar aguas residuales en la planta de tratamiento de aguas servidas El Indio. Repositorio Universidad Alas Peruanas. <https://n9.cl/a6mb4>
- Campoverde, M. (2017). "Remoción de material orgánico utilizando *Chrysopogon zizanioides* en el proceso secundario de tratamiento de aguas residuales domésticas de citar". Repositorio Universidad Nacional Tecnología de Lima Sur. <https://n9.cl/iv94r>
- Cantuña, A. (2019). Evaluación de la depuración mediante rizofiltración del agua residual del canal El Macho en Machala. Repositorio Universidad Agraria El Ecuador. <https://n9.cl/10qh2>
- Carhua, A., & Huancas, W. (2020). Revisión y análisis de la Eficiencia de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Papiro (*Cyperus papyrus*) en aguas residuales domésticas. Repositorio Universidad Peruna Unión. <https://shre.ink/DT1j>
- Coayla, Y. (2018). Evaluación de la capacidad de fitodepuración de aguas residuales, mediante filtros de macrófitas en flotación usando el junco (*Typha angustifolia* L.) en la ciudad de Moquegua. Repositorio Universidad José Carlos Mariátegui. <https://shre.ink/DT17>



- Coronel, E. (2016). Eficiencia de la planta acuática *Eichhornia crassipes* y la lenteja de agua *Lemna minor* en el tratamiento de las aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza en Amazonas-Chachapoyas., 2015. Repositorio Universidad Nacional "Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas".  
<https://n9.cl/2ni1ge>
- Díaz, T., & Collantes, L. (2019). Determinación in vitro del potencial de organismos microscópicos de zonas montañosas para purificar aguas residuales en la comunidad de Chontamuyo, San Martín (2018).Repositorio Universidad Peruana Unión .
- Fritzmann, C., Lowenberg, J., & Wintgens, T. (2007). State of the art of opposite osmosis desalting. *Desalination*, 216(1-3), 1-76. <https://shre.ink/DT1o>
- Hernández, R., & Fernández, C. (2018). Metodología de la investigación. Mexico: McGRAW-HILL.
- Huang, H., Zhao, D., Li, M., & Liu, X. (2021). erformance of a pilot-scale integrated membrane bioreactor with reverse osmosis for municipal wastewater reuse. *Desalination*, 504, 114962. <https://shre.ink/DT1t>
- Llacza, Z. (2018). "Uso de la rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum* y la osmosis inversa para tratar efluentes mineros en Uchumayo, Arequipa, 2018". Repositorio Universidad César Vallejo. <https://shre.ink/DT1x>
- Lone, R. A., Shan, A., & Mukred, A. M. (2022). A review on phytoremediation using rhizofiltration: Mechanisms, applications, and future prospects. *Chemosphere*, 292, 133510. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133510>
- Malaeb, L., & Ayoub, G. (2011). Reverse osmosis engineering for water therapeutics: State of the art review. *Journals Desalination volumen 267*,. <https://shre.ink/DT1M>
- Mamani, Y. (2021). Empleo de humedales construidos en el tratamiento de aguas del riachuelo Torococha en Juliaca durante el año 2019. Repositorio Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez. <https://shre.ink/DT1D>



- Martinez, N., & Iglesias, A. (2020). *Thypha latifolia* y *eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas depuradas de efluentes industriales. Repositorio Universidad Privada del Norte. <https://n9.cl/2hl3z9>
- Metcalf, & Eddy. (1995). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACION*. McGraw-Hill. <https://doi.org/84-481-1727-1> (Vol. I)
- Metcalf, M., & Eddy, I. (2014). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. McGraw-Hill (5a ed.). <https://shre.ink/DT1f>
- Núñez, E. (2019). Performance Evaluation of a Phytoremediation System with *Zantedeschia aethiopica* (Marsh Plant) and *Eichhornia crassipes* (Floating Plant) for Treating Domestic Wastewater in the Quechua Region, Cajamarca. Repositorio Universidad Peruana Unión. <https://shre.ink/DT1B>
- OEFA. (2014). *La fiscalización ambiental en aguas residuales*. Organismo de Evaluación y fiscalización ambiental. <https://n9.cl/z998s>
- Peixoto, E. (2018). Rizofiltración de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) y Coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), para Tratamiento de suelos afectados por cadmio y plomo en San José de Pará, Huarochiri - Lima. 2018-1. Repositorio Universidad César Vallejo.
- Pertiwi, A., Badrus, Z., & Oskar, A. (2017). The Ability of *Typha angustifolia* L. for Degradation of BOD and COD in Wastewater of Tofu Industry Using Phytoremediation. *Advanced Science Letters*. <https://n9.cl/4hcdyk>
- Posada, L., & Mosquera, S. (2007). Biodegradación de la sustancia orgánica en el agua residual de una compañía de pinturas. Universidad EAFIT. <https://shre.ink/DT1s>
- Puga, M. A., Novak, L. P., & Vitale, G. (2020). hizofiltration: An alternative to treat wastewater in decentralized systems. *Revista Ambiente & Água*, 15(5). <https://shre.ink/DT1d>
- Qiu, G., Ting, Y., & Yang, P. (2017). Pilot-plant investigation of reverse osmosis membrane bioreactor for water reuse. *Chemical Engineering Journal*, 309, 227-234. <https://n9.cl/dwjup>



- Qu, X., Alvarez, P. J., & Li, Q. (2019). Nanomaterials for catalyzing reverse osmosis membrane processes. *Chemical Engineering Science*: X, 2, 100019. <https://n9.cl/jznga>
- Quispe, J. (2015). Evaluación de la eficiencia de la ósmosis inversa en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería. <https://shre.ink/DT1T>
- Ruiz-Garcia, A., & Álvarez, S. (2016). Analysis of the performance of a membrane bioreactor for treating drainage basin water by reverse osmosis within a desalination plant. *Desalination*, 385, 83-91. <https://shre.ink/DT1Q>
- Sotil, H. (2017). Análisis de marcadores de contaminación bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el lago de Moronacocha. Repositorio Universidad Científica del Perú. <https://n9.cl/r7hkd>.
- Sricoth, T., Meeinkuir, W., Pictel, J., Taeprayoon, P., & Saengwilai, P. (2017). Collaborative wastewater treatment by two aquatic plants (*Typha angustifolia* and *Eichhornia crassipes*) and their prospects as biomass fuel. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://n9.cl/neuyb>
- Vanegas, E. (2020). Eficiencia de la planta acuática Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*) en el proceso de fitodepuración de Aguas Residuales Domésticas (ARD) y no Domésticas (ARnD). Universidad Nacional Abierta y A Distancia -UNAD. <https://n9.cl/c33tj>
- Villanueva, R. (2019). Remoción de boro en aguas subterráneas por ósmosis inversa en el distrito de Samanco, provincia de Santa. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Santa. <https://n9.cl/bgpmh>



# ANEXOS



### ANEXO 1.- MATRIZ DE CONSSTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>¿Cómo el tratamiento de las aguas residuales se ve influenciado por la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración en el distrito de Cabanilla?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿Cuánto será la concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales del distrito de Cabanilla?</p> <p>¿Cuáles serán las características operacionales adecuadas de la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración para la reducción de contaminantes de las aguas residuales?</p> <p>¿Cuál es la cantidad de remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual en la etapa de rizofiltración y en la etapa de osmosis inversa??</p>	<p>Evaluar el tratamiento de las aguas residuales mediante la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración en el distrito de Cabanilla</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales del distrito de Cabanilla</p> <p>Identificar las características operacionales adecuadas de la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración para la reducción de contaminantes de las aguas residuales</p> <p>Determinar la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual en la etapa de rizofiltración y en la etapa de osmosis inversa</p>	<p>La combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración alcanza una eficiencia del 75% en el tratamiento de las aguas residuales del distrito de Cabanilla</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</b></p> <p>La concentración de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales supera los límites máximos permisibles en el distrito de Cabanilla</p> <p>Las características operacionales de 10 días en la combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración será significativa.</p> <p>La remoción de los parámetros fisicoquímicos del agua residual es mayor a 50% en la etapa de rizofiltración y mayor a 70% en la etapa de osmosis inversa</p>	<p>Variable Independiente.</p> <p>☒ Combinación sinérgica de osmosis inversa y rizofiltración</p> <p>Variable dependiente.</p> <p>Tratamiento de aguas residuales</p>	<p><b>Tipo de investigación.</b></p> <p>En el análisis es un enfoque de investigación aplicada, porque, la combinación de osmosis inversa y rizofiltración se propone como una solución potencial</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>El nivel de estudio del presente estudio es explicativo (Hernández R., 2014).</p> <p><b>Métodos de investigación</b></p> <p>El método general de investigación que se utilizó fue el Método Científico</p> <p><b>Enfoque de la investigación</b></p> <p>La investigación se orientó a un enfoque cuantitativo, realizando la medición de concentraciones</p>

## ANEXO 2.

## Resultados del análisis en laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

**RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS**

INFORME N° LCA021 - 2024

**I. DATOS DEL SERVICIO**

- 1.1. Solicitante : Milagros Ines Lino Paredes  
1.2. Proyecto : TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y RIZOFILTRACIÓN EN E DISTRITO DE CABANILLA

**II. DATOS DEL ENSAYO**

- 2.1. Producto : Aguas  
2.2. Numero de muestras : 01  
2.3. Muestreado por : Milagros Ines Lino Paredes  
2.4. Fecha de ensayo : 23 - 28/01/2024  
2.5. Departamento : Puno  
2.6. Provincia : Lampa  
2.7. Distrito : Cabanilla  
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
M-I	N: 8272388.20 E: 357050.70	22/11/2023	10:11 a.m.

**III. RESULTADOS**

Parámetro	Unidad	M-I
Temperatura	°C	16.3
pH		7.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	280
Aceites y grasas	mg/L	15
Demanda química de oxígeno	mg/L	800
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	480
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$1.5 * 10^7$

**IV. MÉTODO DE ENSAYO**

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL. FICP

N° B.E.: 00225134  
Página 1 de 3



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

Juliaca, 17 de marzo del 2024

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

### INFORME N° LCA022 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Milagros Ines Lino Paredes
- 1.2. Proyecto : TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y RIZOFILTRACIÓN EN E DISTRITO DE CABANILLA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras : 03
- 2.3. Muestreado por : Milagros Ines Lino Paredes
- 2.4. Fecha de ensayo : 08 - 15/04/2024

#### III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	R - 1	R - 2	R - 3
Temperatura	°C	15.2	15.0	15.5
pH		8.2	8.5	8.3
Sólidos totales en suspensión	mg/L	165	148	135
Aceites y grasas	mg/L	8.2	7.2	7.4
Demanda química de oxígeno	mg/L	215	195	187
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	124	98	90
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$1.1 * 10^4$	$4.3 * 10^4$	$1.5 * 10^4$

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 17 de marzo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"

Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL. FICP

N°.B.E.: 00225134

Página 2 de 3



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA023 - 2024

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Milagros Ines Lino Paredes
- 1.2. Proyecto : TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y RIZOFILTRACIÓN EN E DISTRITO DE CABANILLA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras : 03
- 2.3. Muestreado por : Milagros Ines Lino Paredes
- 2.4. Fecha de ensayo : 08 - 15/04/2024

### III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	O - 1	O - 2	O - 3
Temperatura	°C	16.1	16.3	16.3
pH		8.0	8.1	8.0
Sólidos totales en suspensión	mg/L	12.0	7.5	6.2
Aceites y grasas	mg/L	1.2	1.8	1.4
Demanda química de oxígeno	mg/L	95	84	72
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	48	37	29
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	9	<3	4

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 17 de marzo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL. FICP

N°.B.E.: 00225134  
Página 3 de 3



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 27/03/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MILAGROS INES LINO PAREDES  
Dirección: Jr. Velasco Astete 216  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70494501  
Teléfono: 900521140 email: milagrosineslinoparedes@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL  
Asesor: DR. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:  
Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA  
COMBINACIÓN SINÉRGICA DE OSMOSIS INVERSA Y REZOFILTRACIÓN  
EN EL DISTRITO DE CABANILLA

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGUA RESIDUAL, REMOCIÓN, OSMOSIS INVERSA

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1, 2</sup>?

1

<sup>1</sup> 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, entré otros relacionados.  
<sup>2</sup> 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 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: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

27 de Agosto del 2024

Fecha