



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD
ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
SAN ROMAN JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA

**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

**OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD
ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
SAN ROMAN JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

: 

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO

: 

M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

: 

Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1278-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 012537 presentado por el (la) Bachiller: **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA** 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. **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **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, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 18 de octubre del 2024
- * **HORA** : 10:00 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
interesado (a)



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

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1039-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 12258 por el señor (a): **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 972- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 060- 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): **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024**, 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 del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 060- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024**, 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): **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

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. M. L. HON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 621-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 8023, presentado el señor (a) **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 641 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° **066 -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): **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024**, 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 de la propuesta de investigación formato N° **066 -2024-** aprobando la propuesta de investigación titulado: **OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024**.

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 señor (a): **MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. **MILTHON QUISPE HUANCA**
DECANO
CIP. 47790cc.
Archivo 2024
Interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. **Efraim Pajillo Sosa**
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

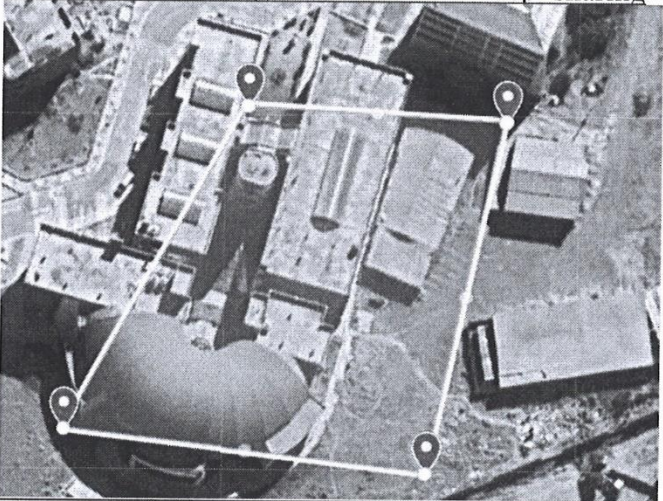
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	5%
2	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%



Metadatos Complementarios



Título de la Tesis	
OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70128152
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-7590-2563
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-8660-8733
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821

Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y calidad ambiental - P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p> País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Roman Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: 15°06'17"S Longitud: 69°59'44"O URL Maps: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1JL4fQHgxNOHwcF9SBrXPgHVUEBkSKW4&usp=sharing </p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Octubre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MILEYDI GRESCY MAMANI SUAQUITA, identificado con DNI Nro. 70128152, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

“ OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024 ”

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copla 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 05 de NOVIEMBRE del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos patriarcas, Maribel y Gerardo, quienes con su cariño, sacrificio y constante apoyo me han autorizado alcanzar este importante logro. Al amor de mi vida, Hendrik, por su comprensión, fortaleza y compañía incondicional, que han sido pilares fundamentales en mi camino. A toda mi familia, cuya presencia y aliento siempre fueron una fuente de motivación e inspiración para continuar adelante.



AGRADECIMIENTO

Inicialmente, doy gracias a Dios por proporcionarme la sabiduría, fortaleza y salubridad necesarias para terminar esta etapa. A mis patriarcas, Maribel y Gerardo, hermana Grissel y esposo Ludmir expreso mi mayor agradecimiento por su dedicación, ejemplo y sostén incondicional en el transcurso de mi vida académica y personal. Sin su constante respaldo y guía, este logro no habría sido posible. A mi compañero de vivir, Hendrik, agradezco por su aguante, motivación y aliento continuo, quienes han sido esenciales en los momentos de mayor desafío. Finalmente, a mi familia, por su constante ánimo y confianza situada en mí, que me han impulsado a dar lo mejor de mí en cada paso del camino.



ÍNDICE

DEDICATORIA..... iii

AGRADECIMIENTO.....iv

ÍNDICEv

ÍNDICE DE TABLASix

ÍNDICE DE FIGURASx

RESUMEN xii

ABSTRACT xiii

INTRODUCCIÓNxiv

CAPÍTULO 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 2

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 3

 1.4.1. Justificación Practica 3

 1.4.2. Justificación social..... 4

 1.4.3. Justificación ambiental 5

 1.4.4. Justificación Económica 5

1.5. Hipótesis de la investigación..... 6

 1.5.1. Hipótesis general..... 6



1.5.2. Hipótesis específicas.....	6
1.6. Variables.....	7
1.6.1. Variable independiente (VI)	7
1.6.2. Variable dependiente (VD)	7
1.7. Operacionalización de variables	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.1.1. Antecedentes internacionales	9
2.1.2. Antecedentes nacionales	11
2.1.3. Antecedentes regionales	16
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1. Osmosis	16
2.2.2. Osmosis Inversa.....	18
2.2.3. Proceso de Osmosis Inversa.....	20
2.2.4. Tipos de membranas para Osmosis inversa	21
2.2.5. Etapas de los sistemas de osmosis inversa	22
2.2.6. Componentes de la osmosis inversa.....	23
2.2.7. Componentes de la osmosis inversa.....	24
2.2.8. Métodos de desinfección por la osmosis inversa	25
2.2.9. Beneficios y desventajas del proceso de osmosis inversa	28
2.2.10. Aplicaciones de la osmosis inversa	30
2.2.11. Aguas subterráneas	33



2.2.12.Captación de aguas subterráneas 35

2.2.13.Métodos para eliminar metales pesados en aguas 38

2.2.14.Metales pesados en el agua potable más comunes: 39

2.3. Marco conceptual..... 41

2.3.1. Osmosis 41

2.3.2. Osmosis inversa 41

2.3.3. Metales pesados 41

2.3.4. Aguas subterráneas 42

2.3.5. Membranas (osmosis)..... 42

2.3.6. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 42

2.3.7. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 42

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación 43

3.2. Enfoque de investigación 43

3.3. Tipo de investigación 44

3.4. Nivel de investigación 44

3.5. Diseño estadístico..... 44

3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación..... 45

3.7. Materiales y equipos 45

3.8. Lugar de Estudio..... 46

3.9. Población y muestra 47



3.10. Procedimiento metodológico..... 47

3.10.1. Objetivo1: Identificar las condiciones técnicas de operación del sistema de osmosis inversa 47

3.10.2. Objetivo1: Determinar la concentración de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV. 48

3.10.3. Objetivo1: Determinar el porcentaje de remoción de las concentraciones de metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa. 51

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados..... 53

4.1.1. Resultados de la determinación de las circunstancias técnicas de manipulación del sistema de agua de calidad. 53

4.1.2. Resultados de la determinación de metales pesados en líquidos acuíferos provenientes del pabellón de estructuras de la FICP - UANCV..... 54

4.1.3. Para la determinación del porcentaje de remoción de la reunión de metales solidos:..... 61

4.2. Discusiones 65

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ¡Error! Marcador no definido.

RECOMENDACIONES 68

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 69

ANEXOS 74



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la investigación	8
Tabla 2 Principales industrias que utilizan la OI	33
Tabla 3 Coordenadas del punto de muestreo y ubicación de la investigación .	46
Tabla 4 Metales pesados conocidos como tóxicos	54
Tabla 5 Metales pesados conocidos como tóxicos ligeros.....	58
Tabla 6 Otros metales en aguas subterránea de la FICP	60
Tabla 7 Remoción de metales pesados en aguas subterráneas.....	61
Tabla 8 Prueba de muestras emparejadas, parámetros de metales pesados en aguas subterráneas, sin tratamiento y con tratamiento.....	64



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 La ósmosis	17
Figura 2 Diagrama del funcionamiento de la ósmosis	18
Figura 3 Osmosis Inversa.....	19
Figura 4 Diagrama del proceso de ósmosis inversa.....	20
Figura 5 Esquema del proceso de ósmosis inversa	21
Figura 6 Filtración por membrana de OI.....	25
Figura 7 Esquema del intercambio Catiónico	26
Figura 8 Desinfección del agua lámpara (UV).....	27
Figura 9 Sistema de desinfección de cloro vía directa en agua	27
Figura 10 Sistema de Ozonización de agua.....	28
Figura 11 Obtención de agua potable	30
Figura 12 Obtención de agua ultra pura.....	31
Figura 13 Tratamiento de aguas residuales	32
Figura 14 Aguas subterráneas	34
Figura 15 Pozos verticales	36
Figura 16 Pozos horizontales	37
Figura 17 Lugar de la toma de muestra o monitoreo.....	47
Figura 18 Verificación de los materiales del laboratorio	49
Figura 19 Ubicación del punto de monitoreo antes del procesamiento	50
Figura 20 Toma de muestra	50
Figura 21 Muestra inicial de agua acuífera de la FICP.....	51
Figura 22 Sistema de agua de calidad	52
Figura 23 Concentración de mercurio en agua subterránea	56
Figura 24 Concentración de arsénico en agua subterránea.....	57



Figura 25 Concentración de Hierro en agua subterránea	58
Figura 26 Concentración de Manganeso en agua subterránea.....	60
Figura 27 Porcentaje de remoción de arsénico de aguas subterránea	62
Figura 28 Remoción de arsénico por osmosis inversa.....	63



RESUMEN

El estudio tuvo el propósito general el “Establecer la influencia de la osmosis inversa en la eliminación de metales sólidos de H₂O acuíferas de la UANCV San Román Juliaca 2024”, la recopilación de muestreos se llevó a cabo conforme al protocolo de seguimiento de H₂O establecido por el ANA, se recolectaron muestras de 500 ml para el análisis correspondiente. Las derivaciones conseguidos fueron los siguientes: condiciones técnicas de operación del sistema de agua de calidad esta en función a: Presión de alimentación: 20 – 28 kg/cm², temple menor a 35°C, Caudal: 1.7 m³/h, pH: 5 – 7 y voltaje: 220 v todo esto para la obtención de 185 L de H₂O purificada; la reunión de metaloides de aguas acuíferas del pabellón de hidráulica de la FICP de la UANCV son: Mercurio, cobre y plomo, están por abajo de 0.00001 mg/l, cobre 0.0017 mg/l. en cuanto al Aluminio, Hierro, manganeso y níquel tiene una reunión muy baja y en referencia a otros metales además las reuniones son bajísimas. y Arsénico 0.18021 mg/l reunión muy elevada. Podemos concluir que la influencia del agua de calidad en la eliminación de metales sólidos de aguas acuíferas de UANCV San Román Juliaca es muy significativa a tal punto de reducir en un 98.96 % los metales sólidos.

Palabras clave: Agua subterránea, Osmosis, Influencia, Metales pesados, Osmosis inversa.



ABSTRACT

The general purpose of the study was to "Establish the influence of reverse osmosis on the removal of solid metals from H₂O aquifers of the UANCV San Roman Juliaca 2024", the sampling was carried out according to the H₂O monitoring protocol established by the ANA, 500 ml samples were collected for the corresponding analysis. The derivations obtained were the following: technical conditions of operation of the water quality system are as follows: Feed pressure: 20 - 28 kg/cm², tempering less than 35°C, Flow rate: 1.7 m³/h, pH: 5 - 7 and voltage: 220 v all this for obtaining 185 L of purified H₂O; the meeting of metalloids from aquiferous waters of the hydraulics pavilion of the FICP of the UANCV are: Mercury, copper and lead, are below 0.00001 mg/l, copper 0.0017 mg/l. as for Aluminum, Iron, manganese and nickel has a very low meeting and in reference to other metals also the meetings are very low. and Arsenic 0.18021 mg/l very high meeting. We can conclude that the influence of quality water in the elimination of solid metals from aquiferous waters of UANCV San Roman Juliaca is very significant to the point of reducing solid metals by 98.96%.

Keywords: Groundwater, Osmosis, Influence, Heavy metals, Reverse osmosis.



INTRODUCCIÓN

A nivel universal, las aguas acuíferas conforman una fracción significativa del agua disponible, ya que su volumen es superior al del agua almacenada en lagos o en circulación, abasteciendo así al 33.33% de la población mundial, sin tener en cuenta los efectos de su ingesta al no estar mayoritariamente potabilizadas.

La existencia de metales sólidos en las aguas acuíferas supone un grave riesgo para la salubridad humana y el entorno natural. En este sentido, la implementación de tecnologías de purificación como el agua de calidad se perfila como una solución eficiente para eliminar estos contaminantes, ayudando a conservar la condición del agua y a mejorar la condición de vida de la urbe.

En el contexto particular de la UANCV de Juliaca, es fundamental valorar la eficacia del agua de calidad en la eliminación de metaloides de sus aguas subterráneas, considerando la importancia de garantizar un suministro seguro y saludable para la ingesta humana y las actividades académicas.

Por ende, este análisis posee como finalidad transcendental establecer la influencia del agua de calidad en la eliminación de metaloides de aguas subterráneas de la UANCV, identificando factores que puedan influir en su eficacia y proponiendo recomendaciones para optimizar su aplicación en este contexto específico.

A través de este estudio, se busca contribuir al conocimiento científico en el campo del procesamiento de aguas contaminadas, produciendo datos importantes que podrían ser valiosos para la toma de acciones y la aplicación de acciones apropiadas para resguardar el recurso hídrico en la UANCV.

El actual estudio se desarrolla en cuatro capítulos, los cuales se especifican de la siguiente manera:



En el capítulo primero se abordan la introducción, el planteamiento de la problematización, la formulación de la hipótesis, la justificación y la definición de las finalidades alcanzados por el estudio.

En el capítulo segundo se desenvuelve, los fundamentos referentes al tema plantado, así como las referencias del estudio y la base teórica en que se basa dicho proyecto.

En el capítulo tercer se exhibe, la metodología esgrimida en este estudio describiendo el tipo y el diseño de estudio, las técnicas y los instrumentos, la determinación del muestreo y la población, así como los métodos y procesos de compilación de información.

En el capítulo cuarto se exhibe, las derivaciones obtenidas y su respectiva interpretación. Posteriormente, se muestran las conclusiones y recomendaciones arribadas por el análisis.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.

A pesar de contar con recursos hídricos abundantes, muchas comunidades en el Perú aún enfrentan dificultades para acceder a agua de calidad debido a problemas de infraestructura, polución y desigualdades socioeconómicas. En este contexto, la ósmosis inversa se ha transformado en una herramienta excelente para abordar estos retos y avalar que todas las pobladores tengan acceso a este recurso.

El título de la investigación plantea una problemática clara y relevante en relación con la eliminación de metales solidos de las aguas acuíferas en la UANCV, ubicada en Juliaca. La existencia de metaloides en el H₂O acuíferas es un problema ambiental serio que puede tener impactos negativos en la salubridad humana y en los ambientes acuáticos.

La ósmosis inversa representa una solución eficaz y versátil para la purificación del agua. A través de su aplicación en una variedad de contextos, esta tecnología ha demostrado su capacidad para optimar la condición de vida, resguardar la salubridad pública y preservar los recursos hídricos para las generaciones futuras. Con el apoyo de organizaciones y un enfoque integrado



que combine tecnología, educación y desarrollo comunitario, es posible abordar los desafíos relacionados con el acceso al H₂O dulce y avanzar hacia un futuro más sostenible y equitativo para todos.

En relación a las finalidades del estudio, es trascendental que el borrador de tesis especifique de manera clara y precisa cuál es el propósito de la misma, es decir, si se busca evaluar la eficacia del agua de calidad en la eliminación de metales, identificar los factores que conmueven el juicio de eliminación, proponer perfeccionamientos en el sistema de procesamiento de H₂O, entre otros.

En resumen, el tema abordado en esta investigación es relevante y presenta una problemática ambiental importante. Sin embargo, es necesario que se amplíe y se detalle la información relacionada con la delimitación de la investigación, los objetivos planteados y el método que se esgrimirá para llevar a cabo el estudio. Además, es fundamental que se justifique la trascendencia y la aptitud del estudio en relación con la problemática abordada.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la osmosis inversa en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez San Román Juliaca 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las condiciones de operación del sistema de osmosis inversa?
- b) ¿Cuál es la concentración de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV?



- c) ¿Cuál es la concentración de los metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de la osmosis inversa en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez San Román Juliaca 2024

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las condiciones de operación del sistema de osmosis inversa.
- b) Determinar la concentración de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV.
- c) Determinar el porcentaje de remoción de las reuniones de metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Practica

se centra en la necesidad de asegurar la condición del agua dulce tanto en la universidad como en la comunidad vecina La existencia de metales solidos en las aguas acuíferas simboliza un riesgo para la salubridad de las personas que consumen este recurso, ya que estos elementos pueden causar enfermedades graves como cáncer, problemas neurológicos, entre otros.

La ósmosis inversa se muestra como una tecnología eficaz para la eliminación de metales solidos del agua, ya que permite eliminar impurezas y contaminantes presentes en las aguas subterráneas de manera eficiente y económica. Además, esta técnica es sostenible y cortés con el ambiente, lo que



la transforma en una solución viable para mejorar la condición del agua en la universidad y resguardar la salubridad de la comunidad.

Por tanto, la realización de esta tesis contribuirá a la ejecución de un sistema de procesamiento de aguas eficaz y seguro en la universidad, lo que beneficiará a toda la entidad universitaria y a los moradores de la zona, garantizando el acceso a H₂O potable de condición y promoviendo el bienestar y la salubridad de los individuos.

1.4.2. Justificación social

La justificación social para el desarrollo de este borrador de tesis se basa en la necesidad de resguardar la salubridad de la población y preservar el ambiente. En la actualidad, la polución por metales sólidos en aguas subterráneas es una problemática que afecta a diversas comunidades, especialmente en zonas cercanas a actividades industriales y mineras. La presencia de metales como el Hg, el plomo, el arsénico, demás, en el H₂O puede ocasionar graves problemáticas de salubridad, como padecimientos crónicos, daños en el sistema nervioso y cáncer.

Por tanto, el desarrollo de técnicas de procesamiento de aguas subterráneas polucionadas con metales sólidos, como la ósmosis inversa, es fundamental para resguardar el acceso a H₂O potable segura para la urbe. La aplicación de esta tecnología en la UANCV en Juliaca, no solo beneficiará a la comunidad universitaria, sino también a la población circundante que pueda acceder a este recurso hídrico tratado.

Además, esta investigación contribuirá al desarrollo de soluciones sostenibles y efectivas para la eliminación de metales sólidos en aguas acuíferas, promoviendo la preservación del ambiente y el bienestar de los



individuos. Por lo tanto, es crucial avanzar en el estudio y aplicación de la ósmosis inversa en este contexto específico, con el fin de lograr resultados positivos y de gran impacto social.

1.4.3. Justificación ambiental

de este análisis se basas en la importancia de la eliminación de metales solidos de aguas acuíferas en la UANCV de Juliaca, ya que estos contaminantes pueden ser altamente tóxicos para la salubridad humana y el entorno en general.

El agua de calidad es una tecnología eficiente para eliminar metales solidos de las H₂O acuíferas, pues emplea una membrana semipermeable para separar los contaminantes del agua. Al aplicar esta técnica en la universidad, se pueden disminuir los niveles de metales solidos en el H₂O, asegurando un abastecimiento más seguro y saludable para la comunidad universitaria y las áreas cercanas.

Además, al abordar la polución por metales solidos en aguas acuíferas, se contribuye a la preservación del ambiente y de recursos hídricos, promoviendo la sostenibilidad y la protección de la biodiversidad en Juliaca.

Resumidamente, este estudio busca generar conocimiento sobre la usanza del agua de calidad para la eliminación de metales solidos en H₂O acuíferas, con la finalidad de aminorar los impactos perjudiciales de la polución en el ambiente y promover prácticas más sostenibles y responsables en la gestión del agua en la UANCV.

1.4.4. Justificación Económica

El estudio sobre el H₂O de calidad para la eliminación de metaloides en agua de la UANCV en Juliaca, tiene una relevante justificación económica debido



a los costos implicados en el procesamiento de aguas polucionadas con metales sólidos.

En primer lugar, la existencia de metales sólidos en el agua acuífera puede causar impactos perjudiciales en la salubridad humana y en el ambiente, lo que puede resultar en coste adicionales para el sistema de salubridad y para la restauración del ecosistema.

Además, las tecnologías convencionales de remoción de metales solidos pueden resultar costosas y requerir un mantenimiento constante, lo que genera gastos adicionales a largo plazo. La ósmosis inversa se presenta como una disyuntiva más eficiente y mercantil para la remoción de metales sólidos, ya que posee un menor consumo energético y se puede adaptar de manera más sencilla a diferentes condiciones de agua.

Asimismo, al ser la UANCV una institución académica, la implementación de esta tecnología en sus sistemas de procesamiento de agua puede servir como un ejemplo de buenas prácticas ambientales y como una oportunidad para la alineación de expertos en el campo de la ingeniería ambiental.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La eficiencia de la osmosis inversa en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez es significativa.

1.5.2. Hipótesis específicas

- 1) Las condiciones de operación del sistema de osmosis inversa permitirán una remoción adecuada.



- 2) La concentración de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la facultad de ingenierías y ciencias puras de la UANCV sobrepasan la normatividad.
- 3) La concentración de los metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa es significativa.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente (VI)

- Sistema de osmosis inversa.

1.6.2. Variable dependiente (VD)

- Niveles de Concentración de metales pesados en aguas subterráneas.



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDAD	METODOLOGÍA
Independiente		Membranas de separación	Und	
Sistema de osmosis inversa	Osmosis inversa	Granulometría de arenas	µm	Diseño de investigación Experimental
		Presión	Pa	
Dependiente	Parámetros químicos inorgánicos	Arsénico	mg/L	Tipo de investigación Aplicada
		Bario	mg/L	
		Boro	mg/L	
		Calcio	mg/L	Enfoque cuantitativo
		Magnesio	mg/L	
		Manganeso	mL/L	
		Potasio	mg/L	
		Silicio	mg/L	
		Sodio	mg/L	
		Mercurio	mg/L	
		Plomo	mg/L	
		Cadmio	mg/L	
		cromo	mg/L	
		Aluminio	mg/L	
		Cobre	mg/L	
Hierro	mg/L			
Níquel	mg/L			
Cromo	mg/L			
Niveles de Concentración de metales pesados				



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

El estudio presentado por (Alvizuri Tintaya, 2022) en su investigación doctoral titulada “Investigación sobre el agua de calidad a bajas presiones como método de procesamiento de fuente nativa contaminada por la minería, en microcuencas Millunis en Bolivia, para suministrar H₂O segura a las comunidades”, cuyo objetivo fue “evaluar la efectividad del agua de calidad operada a baja presión en la disminución de la reunión de arsénico en H₂O de superficies afectadas por pasivos mineros, con la finalidad de recuperar la condición del H₂O en la zona de estudio mediante una opción de procesamiento enfocada en la sostenibilidad”. Para la investigación consideró los meses de estaciones secas (octubre, agosto y mayo) y la húmeda (diciembre, enero y marzo). En su evaluación, detectó ciertos metales sólidos con reuniones generales a los niveles estipulados en la Normativa Boliviana 512 para H₂O dulce. Entre la totalidad, clasificó el As como el más riesgoso. Además, los valores de pH y conductividad medidos en el lugar fueron asociados con la existencia de iones metálicos hallados fuera de los LP. Por consiguiente, el As fue el metal detectado en las H₂O sintéticas a lo largo de las pruebas con el



prototipo de agua de calidad. En consecuencia, en la labor experimental con el prototipo de OI se ejecutó en contextos de mínima presión, con una categoría de 5 - 10 bares, aunque el constructor sugiere maniobrar entre 20 - 40 tabernas para lograr la máxima eficiencia de separación. Esgrimir apremios bajos investigó garantizar que el proceso de ósmosis inversa, en su aplicación a gran escala, sea razonable. La prueba en el prototipo ha admitido analizar el desempeño y la efectividad de membranas semipermeables de poliamida con diseño en espiral clase ULP-2540,. La eliminación del ion metálico del H₂O fue confirmada mediante 2 parámetros: el índice de rebote de conductividades, medido in situ en el transcurso de las pruebas experimentales, y el índice de eliminación de los metales problemáticos, fijo a través de análisis realizados con espectrómetros de emisiones óptica con plasmas de ensambladura inductivo. Los índices de rebote del As superaron el 95% en los diversos experimentos, en los cuales se laboró con 3 niveles de reunión de As (bajo, medio y alto), lo que ha válido la eficacia del proceso de ósmosis inversa funcionando en contextos críticos de presión moderada. El estudio de incidencias de las variables sobre las contestaciones del sistema mostró que, aunque los diversos índices de rebote superan el 94%, en el caso de altas reuniones se observa que la reunión por polarizaciones posee un gran impacto en el procesamiento. Se ratificó que a bajas reuniones la cesión de masa por medio de la membrana reduce, yaciendo este fenómeno el que domina el proceso; no obstante, a elevadas reuniones es el fenómeno de polarización por reunión (CP) el que predomina, pues a medida que aumenta el soluto, este se acopia en la capa límite de membranas. Como conclusión, señala que es factible operar a presiones bajas con la tecnología de



ósmosis inversa sin comprometer la eficacia de apartamiento del proceso, lo que permite reducir los costes energéticos en el transcurso de la fase operativa.

2.1.2. Antecedentes nacionales

El análisis presentado por (Guevara Collori y otros, 2022) El objetivo fue establecer la efectividad de los sistemas de ósmosis en la eliminación de arsénico en H₂O acuíferas, procesadas con 1, 2 y 3 filtros de carbón activado. Los muestreos de H₂O se estudiaron en 2 sucesiones (una con filtro de carbón activado y otra solo con el agua de calidad), y finalmente se realizaron los estudios en el Recinto Regional del H₂O de Cajamarca, esgrimiendo la técnica de Espectrometrías de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICPMS). Las derivaciones obtenidas revelaron una alta efectividad del agua de calidad en el distrito de Pacora, caserío Las Juntas, donde se detectó una reunión de arsénico de 0.018 mg/L, que al compararse con el orden supremo 031-2010-SA, supera 0.010 mg/L. La eficacia de los sistemas de agua de calidad con filtros de carbón activado fue del 72.78% en la eliminación de arsénico, removiendo 0.0131 mg/L, a discrepancia del procesamiento con 1, 2 y 3 filtros, que no expuso eliminación significativa de arsénico en comparación con el sistema de ósmosis.

La investigación presentada por (Condor Luna, 2022) su finalidad general fue "analizar la condición del agua acuífera tratada por agua de calidad por medio de estudios fisicoquímicos y microbiológicos para la ingesta humana en la PTAP-Tunshuruco Los criterios empleados para la evaluación de la condición del H₂O se basaron en los LMP de los indicadores físicos, químicos microbiológicos e inorgánicos determinados en el D.S. 031-2010-S.A. Entre las derivaciones del estudio microbiológico y fisicoquímico se estableció que: las conductividades del H₂O acuífera en la fuente RW-2 es de 631 mg/L, y tras el filtrado el valor



resultante es de 51.31 mg/L. Sin embargo, el agua pozal RW-3 presenta conductividades de 1303 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y los LMP de la clase A2 establecen un límite de 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, según la Orden Suprema N°004-2017-71 MINAM. El endurecimiento total en la base RW-2 es de 425 mg/L, y posteriormente del filtrado se reduce a 23.60 mg/L. con respecto al pozo RW-3, el valor inicial fue de 626 mg/L, mientras que tras el filtrado se obtuvo 99.8 mg/L, lo que evidencia una disminución de este parámetro. En el caso de los cloruros, se determinó una reunión de 1,659 mg/L en el pozo RW-2, y tras el proceso de agua de calidad, la reunión disminuyó a 0,786 mg/L. Para los muestreos de H₂O del pozo RW-3, la reunión inicial fue de 17 mg/L, y después del filtrado, el valor obtenido fue de 1,4 mg/L. En el caso de nitratos, el H₂O de la fuente del pozo RW-2 mostró una reunión de 0,217 mg/L, reduciéndose a 0,062 mg/L tras el proceso de purificación. Para el pozo RW-3, la reunión inicial fue de <0,20 mg/L, mientras que el H₂O procesada por el sistema registró una reunión de <0,25 mg/L. El nitrito en el H₂O del pozo RW-2 posee un valor de <0,006 mg/L, que se mantiene en <0,006 mg/L tras el proceso de ósmosis. Para el pozo RW-3, la reunión inicial es de 0,025 mg/L, mientras que después del procesamiento se reduce a <0,025 mg/L. El sulfato mostró una reunión de 151,52 mg/L en el pozo RW-2, reduciéndose a 8,04 mg/L después del proceso de ósmosis. En el pozo RW-3, el sulfato tenía una reunión inicial de 504 mg/L, disminuyendo a 38 mg/L tras el procesamiento. El plomo presenta una reunión de 0,0006 mg/L en el H₂O de las fuentes RW-2 y RW-3, y un valor de <0,0006 mg/L después del procesamiento en ambos casos. El cobre muestra un valor de 0,00009 mg/L en la fuente RW-2 y se reduce a 0,00001 mg/L tras el proceso osmótico. Para el pozo RW-3, la reunión inicial es <0,0006 mg/L y se reduce a 0,0003 mg/L después del



procesamiento. El zinc presenta una reunión de 0,0569 mg/L en el H₂O de la fuente RW-2, y tras el procesamiento, se reduce a <0,0026 mg/L. En el agua del pozo RW-3, la reunión es de 0,002 mg/L, disminuyendo a <0,002 mg/L después del proceso de agua de calidad. Para el sodio, la reunión en el H₂O de la fuente RW-2 es de 0,781 mg/L, reduciéndose a 0,0167 mg/L después del proceso. En el pozo RW-3, la reunión inicial de sodio es de 2,705 mg/L, y disminuye a 1,7 mg/L tras el procesamiento. Con base en los resultados, se concluye que la condición del agua tratada por agua de calidad adelanto significativamente, pues se logró disminuir los horizontes de reunión de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos. Esto demuestra que la tecnología de agua de calidad es altamente efectiva para el procesamiento de aguas contaminadas.

El informe presentado por el autor (Contreras Lévano, 2021), El propósito fue conseguir agua de pozo procesada mediante agua de calidad para la usanza en la limpieza de frutas y verduras en una compañía agraria. El agua del pozo presentaba una reunión de sólidos totales diluidos de 3252 ppm. Tras el procesamiento inicial con cloro y metabisulfito de sodio, este valor se redujo a 1500 ppm, lo que permitió alimentar el sistema de agua de calidad y contribuir a la protección de membranas del equipo. Posteriormente, la reunión de sólidos totales disueltos en el permeado del centro de agua de calidad se redujo a 15 ppm. Posteriormente, la reunión de sólidos totales diluidos en el H₂O potable tras el sistema de agua de calidad fue de 495,51 ppm, lo que representa una eficiencia del equipo de agua de calidad del 75%. Se concluye que la planta de agua de calidad aplicada al agua de pozo logró conseguir agua con las características fisicoquímicas requeridas para la ablución de vegetales y frutas.



El estudio presentado por (Solier Reynoso, 2021), tuvo como objetivo el de “comparar los indicadores de condición de agua acuífera antes y luego de aplicar la técnica del agua de calidad según el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. en las estaciones de servicios Pachacamac S.A.C.” La metodología empleada fue comparativa y experimental, esgrimiendo un sistema hidrico de calidad. Los muestreos de agua acuífera se tomaron de 3 ubicaciones referenciales con coordenadas y descripción UTM DATUM: 18S (latitud-longitud). Los estudios fisicoquímicos, microbiológico-parasitológicos y sensorial, tanto precedentemente como posteriormente del filtrado, fue realizado por el recinto PACIFICO CONTROL S.A. Para sus resultados comparó 42 parámetros, 14 físico químicos, 19 inorgánicos, 7 microbiológicos y parasitológicos, 2 sensitivos con el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. Entonces, de los 14 indicadores físico químicos de condicion de H₂O acuífera del punto de muestra PM01, después de ser sometida a un análisis de laboratorio, indica que los parámetros sólidos totales diluidos (2 015 mg/L), sulfatos (475 mg SO₄ 2-/L), cloruros (431 mg/L), dureza total (850mg CaCO₃/L), conductividad eléctrica (3,100 uS/cm) sobrepasan lo determinado en el DS. N°004- 2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. y cuando empleó la técnica del agua de calidad, lo derivaciones indicaron que las medidas sólidas totales disueltos disminuyó (1.755 mg/L), cloruros disminuyó (411 mg/L), sulfatos disminuyo (416 mg SO₄ 2-/L), dureza total disminuyó (720 CaCO₃/L) y conductividad eléctrica disminuyó (2,700 uS/cm) acercándose a lo determinado en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. Para los 19 indicadores inorgánicos de condición de agua acuífera del punto de muestra PM01, después de ser sometida a un análisis de laboratorio, indican que los parámetros



Antimonio (<0,004 mgSb/L), Flúor (0,095 mgF-/L), Níquel (<0,001 mgNi/L), Uranio (<0,010 mgU/L), Arsénico (<0,008 mgAs/L), Aluminio (<0,02 mgAl/L), Bario (<0,001 mgBa/L), Boro (<0,008 mgB/L), Cadmio (<0,0004 mgCd/L), Cobre (<0,001 mgCu/L), Cromo (<0,0008 mgCr/L), Hierro (<0,004 mgFe/L), Manganeso (<0,0002 mgMn/L), Mercurio (<0,001 mgHg/L), Molibdeno (<0,002 mgMo/L), Plomo (<0,006 mgPb/L), Selenio (<0,005 mgSe/L), Sodio (74,84 mgNa/L), y Zinc (<0,0004 mgZn/L), no sobrepasan los determinado en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. y después de aplicar la técnica del agua de calidad a la misma muestra de agua, los resultados indicaron que los parámetros inorgánicos Flúor aumentó (0,152 mgF-/L), sodio aumentó (82,68 mgNa/L), sin embargo, no sobrepasan lo determinado en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. De los 7 indicadores microbiológicos y parasitológicos de condición de agua acuífera del punto de muestra PM01, después de ser sometida a un análisis de laboratorio, indica que los indicadores Coliformes totales (130 NMP/100mL), Termotolerantes o fecales (49 NMP/100mL), Escherichia coli (13 NMP/100mL), sobrepasan lo determinado en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. y cuando aplicó la técnica del agua de calidad, lo derivaciones indicaron que el parámetro Bacterias Heterótrofas aumentó (2,300 NMP/100mL), Coliformes totales aumentó (140 NMP/100mL), E coli disminuyo (<1,8 NMP/100mL), y sobrepasan los establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. y por último Coliformes fecales o Termotolerantes disminuyo (<1,8 NMP/100mL) y no sobrepasa lo determinado en el DS. N°004-2017-MINAM. Por último, de los 2 indicadores sensitivos, después de ser sometida a un análisis de laboratorio, indica que los indicadores sensitivos olor es (aceptable) y sabor es (aceptable) no sobrepasan lo



determinado en el DS. N°004-2017-MINAM. y cuando empleó la técnica del agua de calidad, las derivaciones indicaron que el parámetro sensitivo olor es (aceptable) y sabor es (aceptable), y no sobrepasan lo determinado en el DS. N°004-2017-MINAM.

2.1.3. Antecedentes regionales

No se encontraron estudios efectuados.

2.2. Bases teóricas

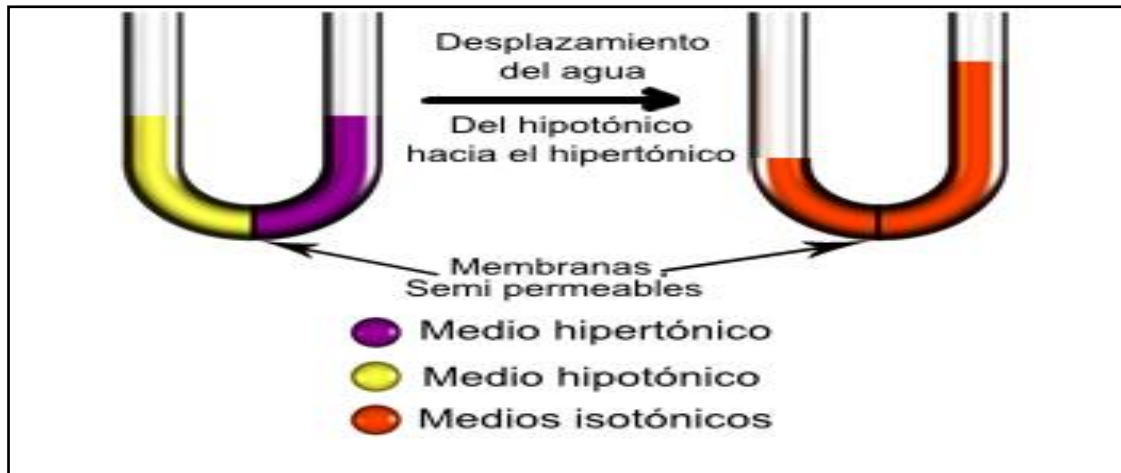
2.2.1. Osmosis

Hay 3 posibles soluciones acuosas separadas por una membrana semipermeable:

- Medio hipotónicos: la reunión de soluto es inferior en cotejo con la solución contiguo.
- Medio hipertónico: la reunión de soluto es superior en comparación con la solución contiguo.
- Medio isotónico (en equilibrio): cuando las dos soluciones tienen la misma reunión.

Figura 1

La ósmosis

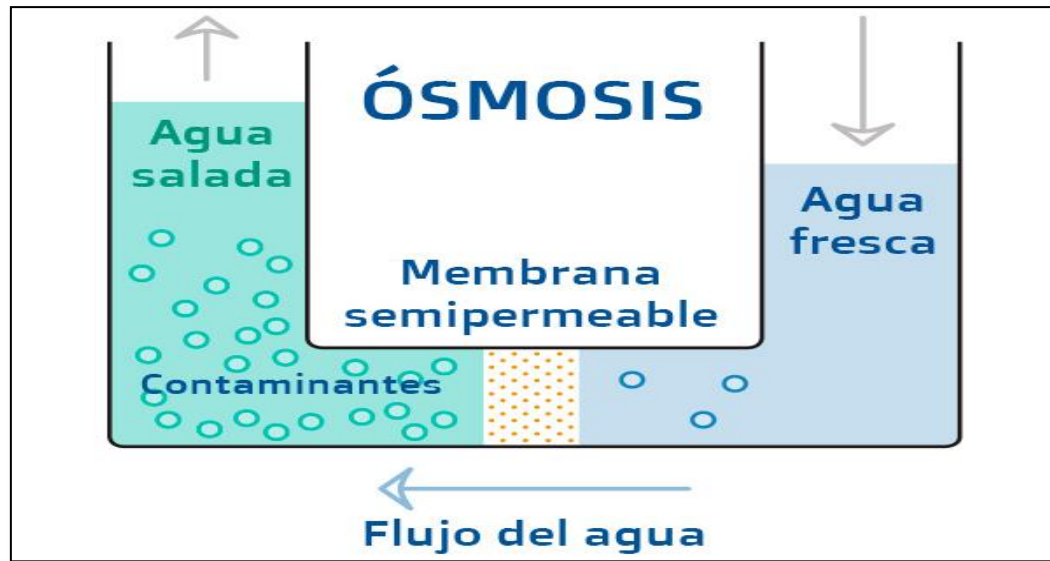


Nota: Figura recuperada de (Valdivielso A. , s.f.)

Asimismo, mencionando a (waterSTATION, 2020) Señala que la ósmosis es un fenómeno natural y uno de las técnicas más fundamentales en la naturaleza.

Se trata de un fenómeno en donde una solución con menor cantidad de sales tiende a moverse hacia otra solución con mayor concentración salina. En tanto que la ósmosis sucede de forma natural sin demanda de energía, para invertir dicho proceso es necesario ejercer presiones sobre las soluciones más concentradas.

El siguiente esquema ilustra cómo opera la ósmosis. Una solución menos concentrada tiende naturalmente a desplazarse hacia una con mayor concentración. Por ejemplo, si tienes un recipiente con agua de baja concentración salina y otro con alta concentración salina, apartados por una membrana permeable, el H₂O de menor concentración de sal migrará hacia el recipiente con mayor concentración.

Figura 2*Diagrama del funcionamiento de la ósmosis*

Nota: Figura recuperada de (waterSTATION, 2020)

2.2.2. Ósmosis Inversa

Menciona (Valderrama Orbegoso, 2023), que la OI o RI es una tecnología de ausencia por membranas que se emplea para remover los sólidos diluidos de un líquido. Al aplicar una presión superior al agua de calidad en la solución, aumentando el potencial químico, el flujo de solvente se dirige nuevamente a partir de la solución hacia el solvente puro; a este proceso se le llama "ósmosis inversa".

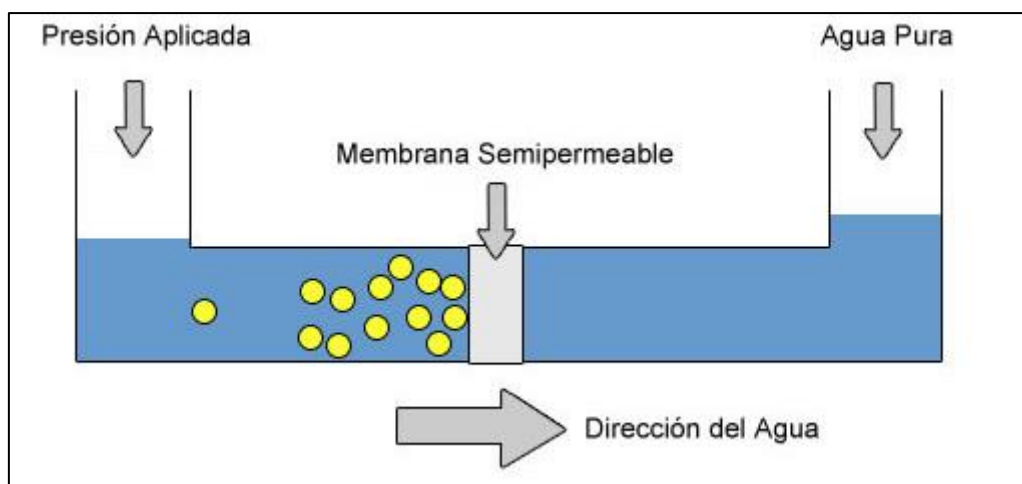
La tecnología de ósmosis inversa se fundamenta en un proceso de membrana, un fenómeno natural que sucede cuando el agua pasa a través de una membrana semipermeable, moviéndose desde una solución con menor cuantía de sal hacia otra con mayor reunión salina. Este proceso ocurre en diversos fenómenos nativos, como la absorción de H₂O por las membranas celulares de los organismos vivos.

Aunque la ósmosis inversa puede aplicarse en diversos usos no vinculados con el agua, la mayoría de sus aplicaciones están relacionadas con este recurso. La amplia gama de usos hídricos en los que se emplea la ósmosis inversa ha sido clave para que la tecnología se transforme en un mercado multimillonario en la actualidad.

El progreso de la ósmosis inversa ha estado principalmente determinado por las innovaciones en los materiales de las membranas, que actúan como el componente central del sistema.

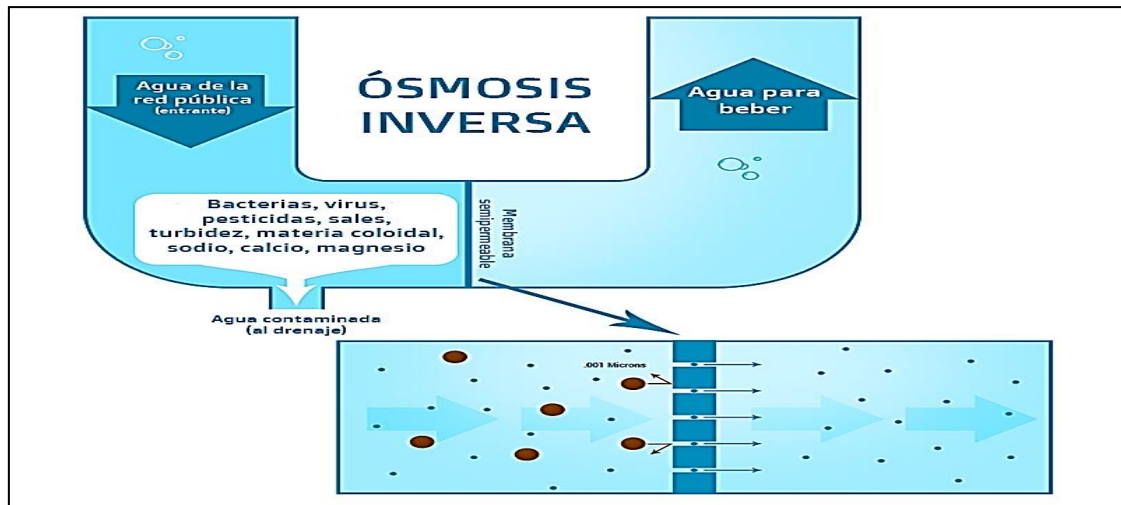
Figura 3

Ósmosis Inversa



Nota: Figura considerada de (Waterlogic, 2024)

En el diagrama siguiente se muestra el proceso de agua de calidad. Al ejercer presiones sobre la solución agrupada, las moléculas de H₂O son forzadas a atravesar las membranas semipermeables, que bloquea el paso de impurezas y minerales presentes en el H₂O.

Figura 4*Diagrama del proceso de ósmosis inversa*

Nota: Figura considerada de (waterSTATION, 2020)

2.2.3. Proceso de Ósmosis Inversa

(ferrovial, s.f.) señala que los procesos de ósmosis, a discrepancia de los métodos químicos (como UV, detergentes, ozono, entre otros), retiene las partículas al hacerlas pasar a través de una sucesión de membranas centradas de distintas dimensiones. El H₂O a procesar circula por tuberías a elevada presión, y durante su avance una parte se filtra a través de esas membranas.

Los compuestos más densos quedan retenidos en las membranas. El proceso se basa en superar la presión osmótica. Esto implica que cualquier sistema con dos líquidos y una membrana semipermeable tiende a manar de manera que el líquido acumula partículas solubles, o sea, se reúne progresivamente con partículas.

El agua de calidad invierte el proceso aplicando presiones en el lado de soluciones agrupadas, eliminando las partículas diluidas. Este tipo de procesos son útiles puesto que el H₂O contaminada puede circular a elevadas presiones en sistemas cerrados compuestos por tubos de membrana.

El líquido circulará por los sistemas y, en cada ciclo, el H₂O limpia atravesará las membranas, apartándose de las impurezas que quedan retenidas.

Figura 5

Esquema del proceso de ósmosis inversa



Nota: Figura considerada de (Arias & Rodríguez, 2019)

2.2.4. Tipos de membranas para Ósmosis inversa

Teniendo en cuenta (Pillado, 2023), indica que se tienen las primordiales tipologías de membranas para agua de calidad esgrimidos presentemente, siendo:

a) Membranas de película delgada (Thin-Film Composite, TFC)

Las membranas de ósmosis inversa más esgrimidas en estos sistemas están conformadas por capas consumidas superpuestas, lo cual les otorga una elevada eficiencia en la eliminación de poluciones y una larga vida útil. Su uso es adecuado tanto en entornos industriales como residenciales, debido a su notable capacidad para reducir el contenido de sales y su firmeza.

b) Membranas de acetato de celulosa (Cellulose Acetate, CA)

Las membranas de agua de calidad de CA fueron de las primeras en utilizarse en este proceso. Actualmente, su usanza es menos frecuente a causa de su vulnerabilidad a los productos químicos y su propensión a degradarse

biológicamente. No obstante, siguen siendo esgrimidas en aplicaciones específicas en la que las membranas TFC no son idoneas.

c) Membranas de nanofiltración (Nanofiltration, NF)

Las membranas de NF tienen la capacidad de remover diversos iones, como magnesio y calcio, así como partículas de tamaño mayor. Esto las hace una opción destacada para el procesamiento del H₂O y la reducción de su dureza. Asimismo, se utilizan en diligencias industriales que requieren un saneamiento más detallado.

d) Membranas de baja energía (Low Energy, LE)

Las membranas de LE son membranas para agua de calidad de última generación que proporcionan una mayor eficacia energética en los sistemas de agua de calidad. Reducen notablemente los costes operativos al requerir una presión menor para el proceso de saneamiento.

2.2.5. Etapas de los sistemas de osmosis inversa

En (TNA: Tratamiento saludable del agua, 2023) Señala que la membrana es el componente esencial en los procesos de agua de calidad, aunque asimismo se esgrimen demás métodos de filtración. Los equipos varían desde sistemas básicos con 5 etapas de filtración hasta sistemas más avanzados con 8 etapas. Cada tipología de sistema incluye uno o demás de los filtros siguientes:

1. Filtro de sedimentos

Elimina las partículas en suspensiones tales como barro, tierra, arena, entre otros. En esta fase, el H₂O atraviesa el filtro de sedimentos, que posee múltiples microporos que facilitan la conservación de poluciones como arena, partículas de óxido u otras impurezas en suspensiones.



2. Filtro de carbón activado

Disminuye el cloro y sus derivados y los compuestos orgánicos, tal como demás poluciones que alteran el olor y el sabor del H₂O. Este filtro, fabricado con cápsula de carbón de coco, elimina, demás, pesticidas, herbicidas, hidrocarburos, residuos de medicamentos, etc. Estos mecanismos son capturados por la propiedad del carbón conocida como adsorción, o sea, funciona como un imán para el cloro y sus procedentes.

En ciertos sistemas pueden encontrarse 2 o 3 módulos.

3. Membrana

En la cuarta etapa, se consigue excluir entre el 85% y el 99% de los demás compuestos presentes en el H₂O. La membrana semipermeable elimina la mayor parte de los componentes diluidos en el H₂O del grifo, como nitratos, rastros de metales sólidos, sodio, cloruros, sulfatos e iones en general.

4. Postfiltros

La etapa final consiste en efectuar agua mediante un postfiltro (o diversos, si el sistema tiene más de 5 fases), que termina el proceso de filtración, originando un H₂O que no solo es químicamente pura, asimismo saludable, apropiada para su uso en oficinas y hogares. En ciertos sistemas con más períodos, estos postfiltros pueden tener propiedades hidrogenadoras, ionizadoras, alcalinizadoras o remineralizantes.

2.2.6. Componentes de la osmosis inversa

Según (Namuche Montes, 2018) menciona los componentes siguientes:

- ✎ Membrana Semi-permeable
- ✎ Tubos de Presión que albergan la membrana
- ✎ Bomba de presión



- ✎ Recipientes del permeado
- ✎ Válvulas de control

2.2.7. Componentes de la osmosis inversa

Menciona (Benita Orozco, 2022) que el agua de calidad puede clasificarse en cuanto a la usanza que se le da, destacando primariamente:

➤ **Industrial**

En el sector industrial es útil para optimizar el H₂O empleada en procesos de producción al eliminar las contaminaciones a partir de líquidos con elevado contenido de sal, entre 1.5 y 7.0 g/l.

Se esgrimen ampliamente en el ámbito alimentario, farmacéutico, galvanoplastia, así como en el recubrimiento y anodización del aluminio. La cantidad de agua producida es sobresaliente en comparación con el consumo real de energía eléctrica, por lo que sigue siendo uno de los métodos preferidos para purificar el agua.

➤ **Comercial**

Es la misma tecnología de ósmosis inversa, pero adaptada para pequeñas y medianas empresas con una demanda de hasta 8000 galones de agua al día, un volumen reducido en comparación con las grandes industrias.

Son perfectas para depurar el agua en hoteles, restaurantes, laboratorios y hospitales.

➤ **Residencial**

La colocación de este sistema en el hogar es bastante simple, ya que se compone de equipos compactos con un rendimiento eficaz para purificar el agua, generalmente con una capacidad de 100 galones diarios.

Cuentan con varias fases de depuración y son eficaces para reducir las sedimentaciones, metales sólidos, impurezas y sales del agua.

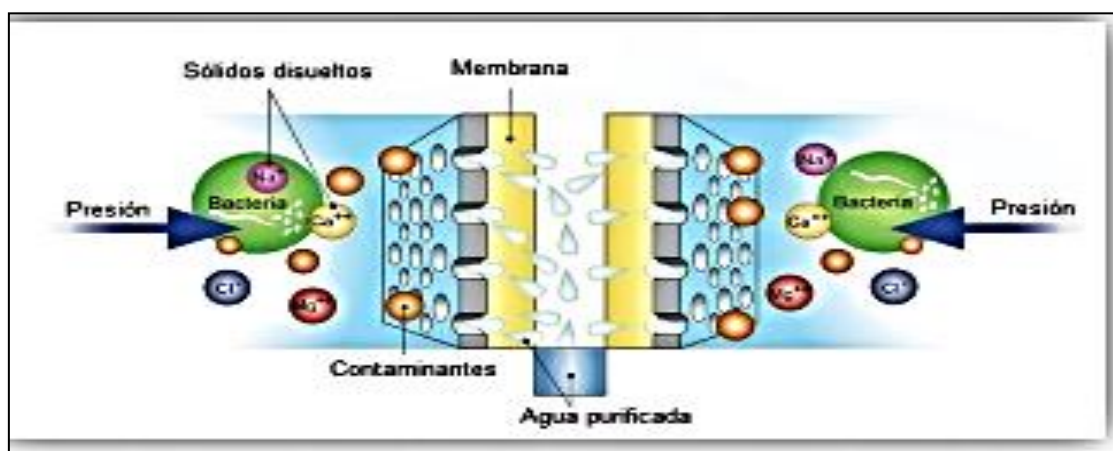
2.2.8. Métodos de desinfección por la osmosis inversa

Entre las técnicas más habituales para depurar el H₂O se contienen las siguientes:

1) Filtración por ÓI: La ósmosis inversa brinda la infiltración más avanzada disponible actualmente, permitiendo excluir la mayoría de los sólidos en suspensión y disueltos, tal como bloquear el paso de virus y microbios. Esto garantiza un H₂O pura y aséptica que cumple con los estándares permitidos de sólidos diluidos. (Gómez Hernández y otros, 2022)

Figura 6

Filtración por membrana de OI



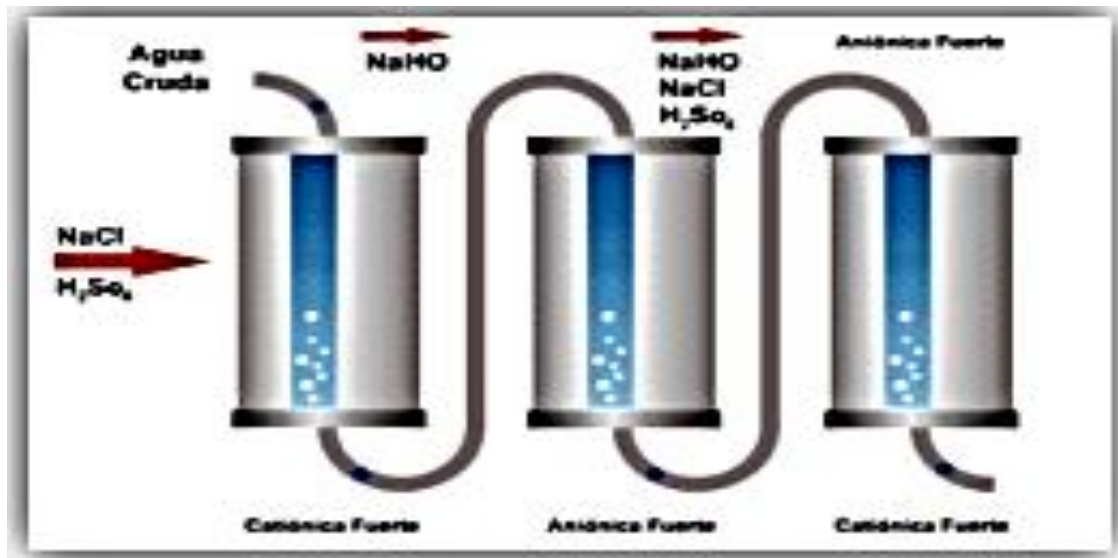
Nota: Figura extraída de (Consultor & Consultor, 2022)

2) Intercambio Catiónico: Un cambiador de iones es un sólido que no se deslíe en H₂O y que puede mercantilizar cationes o aniones con el líquido que ingresa al proceso. Se esgrime una resina catiónica para sustituir los iones K⁺, Na⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ por H⁺ en el H₂O de entrada, sucesión de resina aniónica que reemplaza los iones SO₄⁻², Cl⁻ y NO₃⁻ por OH⁻. De esta forma,

se ajustan las propiedades del H₂O a las especificaciones procesos industriales. (Saavedra Fenoglio y otros, 2022)

Figura 7

Esquema del intercambio Catiónico



Nota: Figura considerada de (Autor, 2023)

3) Fotoemisión (ultravioleta (UV)): La asepsia por refulgencia ultravioleta (UV) es una técnica innovadora y efectiva para la eliminación de microorganismos en aguas remanentes. Este método de procesamiento con irradiación UV se emplea así en el agua industrial como en el proceso de procesamiento de H₂O remanentes. (Calderón, Desarrollo de purificadora con ósmosis inversa para implementación en zonas aisladas., 2023)

Figura 8

Desinfección del agua lámpara (UV)

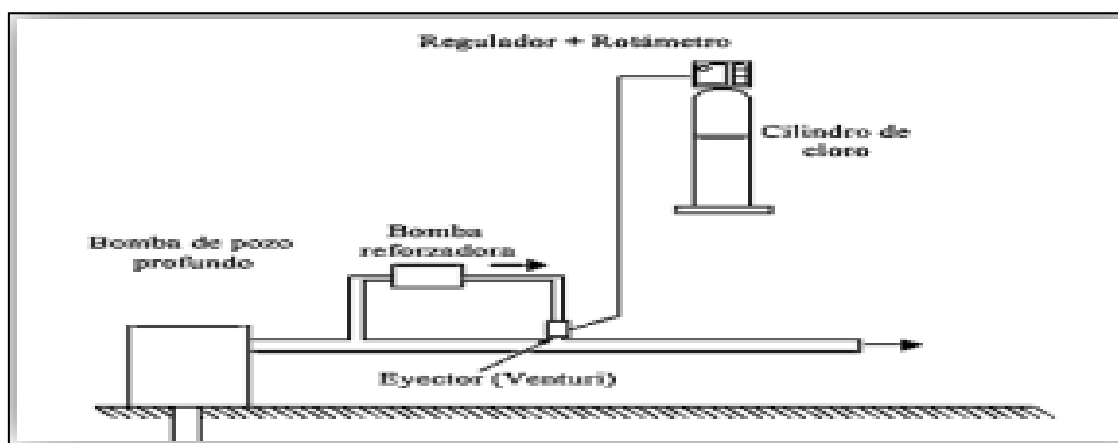


Nota: Figura considerada de (Vieta, 2021)

4) Cloración: La usanza del cloro como agente antiséptico comenzó en el siglo XX y hoy en día es bastante común. Es el antiséptico más frecuentemente utilizado en el procesamiento del H₂O, excluyendo la mayoría de los microbios existentes (Vejar Gereda, 2020)

Figura 9

Sistema de desinfección de cloro vía directa en agua



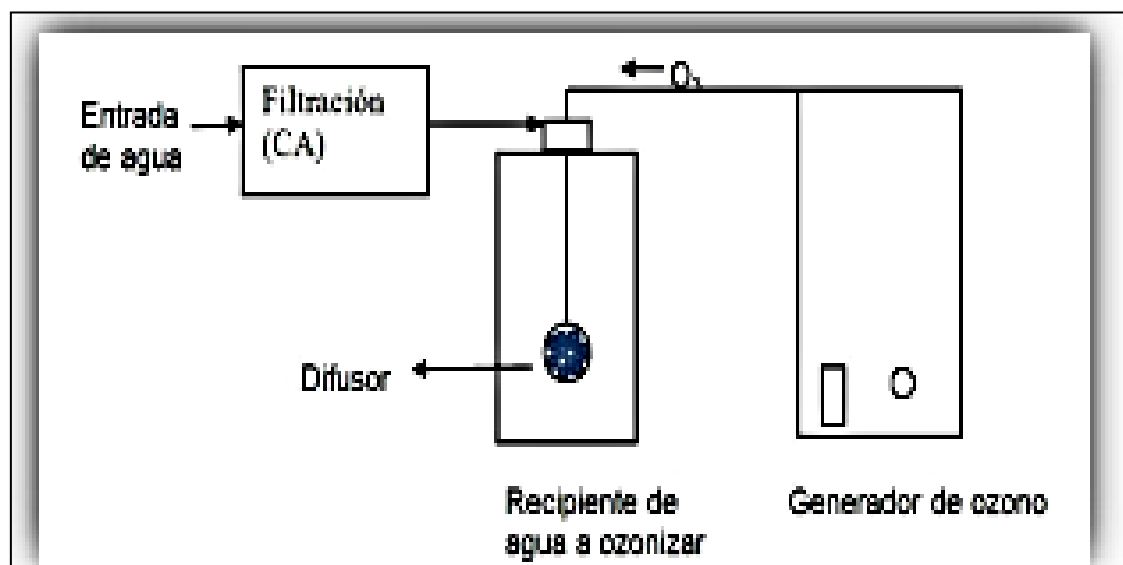
Nota: Figura recopilada de (Proagua Ingenieros S.A.C, 2021)

5) Ozonificación: Según (Calderón, Desarrollo de purificadora con ósmosis inversa para implementación en zonas aisladas., 2023), indica que:

La ozonificación es un procedimiento innovador de asepsia que se esgrime actualmente para purgar agua potable, aunque su uso no se limita solo a estas, pues asimismo puede aplicarse en la purificación de aguas remanentes. Hoy en día, el ozono es considerado un agente químico sumamente eficaz y seguro para la asepsia del H₂O.

Figura 10

Sistema de Ozonización de agua



Nota: Figura extraída de (Fernández García, 2014)

2.2.9. Beneficios y desventajas del proceso de osmosis inversa

Menciona (Benita Orozco, 2022) los beneficios y desventajas de esgrimir la ósmosis inversa, los cuales lo sintetiza de la siguiente manera:

i) Beneficios de la osmosis inversa

- ✚ Es respetuoso con el medio ambiente y no esgrime ni libera productos químicos.
- ✚ No demanda grandes volúmenes de agua para su funcionamiento.



- ✚ Su mantenimiento es simple, basándose únicamente en el cambio periódico de filtros.
- ✚ No necesita mucho espacio como otros sistemas de purificación de agua y es fácil de instalar.
- ✚ Totalmente automatizados.
- ✚ Generan agua potable de alta calidad sin sabor ni olor, ya que eliminan la mayoría de los contaminantes.
- ✚ Reducen el riesgo de enfermedades gastrointestinales causadas por bacterias.
- ✚ Permiten ahorrar dinero al evitar la necesidad de comprar continuamente botellas de agua dulce.
- ✚ Se prolonga la durabilidad del sistema de tuberías y maquinaria, al eliminar los minerales que provocan corrosión u obstrucciones en las vías.
- ✚ El agua de alta calidad favorece la salud humana y contribuye a que los cultivos produzcan alimentos de mejor calidad.
- ✚ Es un proceso beneficioso para la agricultura o la hidratación de animales, ya que asegura una siembra óptima y una mejor hidratación sin causar daños o efectos adversos.

ii) Desventajas de la osmosis inversa

- Este método empobrece el agua, eliminando también minerales beneficiosos como el magnesio o el calcio que se encuentran de forma nativa en el agua, por cual se sugiere esgrimir un filtro remineralizador.
- Si los filtros no se reemplazan a tiempo, pueden obstruirse y perjudicar la membrana de ósmosis inversa.

- El proceso puede ser algo lento, ya que necesita de presión de agua para lograr una adecuada purificación.
- Durante el procedimiento, se perderá cierta cantidad de agua a través del desagüe, dependiendo de las particularidades del líquido a procesar.

2.2.10. Aplicaciones de la osmosis inversa

El agua de calidad es una técnica largamente esgrimida en diversas diligencias, especialmente en sectores industriales y de servicios, como, por ejemplo:

e) Aplicaciones de obtención agua potable: El proceso de agua de calidad se utiliza en instalaciones de procesamiento para purgar el H₂O con el objetivo de conseguir agua dulce, fundamentalmente en áreas en el que la escasez de H₂O dulce es un desafío, para remover iones, partículas y moléculas existentes en el H₂O y hacerla apta para la ingesta humana. (Quevedo, 2013).

Figura 11

Obtención de agua potable



Nota: Figura considerada de (Martinez, 2020)

f) Obtención de agua ultra pura: La condición del agua entregada a la industria por no no es apropiada para procesos técnicos a causa de la existencia de sales diluidas que la hacen inadecuada para sus aplicaciones. La industria de alimentos y bebidas, que esgrime H₂O en la mayor parte de procesos, debe asegurar una fuente de H₂O confiable. Conjuntamente, requiere técnicas de procesamiento que puedan producir H₂O de elevada pureza para no comprometer las peculiaridades del producto conclusiva. (Ferrer Ivars, 2018)

Figura 12

Obtención de agua ultra pura



Nota: Figura considerada de (Valdivielso A. , 2020)

g) Aplicaciones de tratamiento de aguas residuales: En líneas generales, se puede afirmar que las H₂O restantes están constituidas en su mayor proporción por H₂O, cerca del 99.8% además que el resto está formado por materiales orgánicos y sustancias químicas presentes, que provienen de subproductos desechados. (Pérez y otros, 2020)

"El agua de calidad suele ser capaz de recobrar la gran parte del H₂O con una pureza suficiente para su reutilización. Los restos se concentran, lo que reduce los costos de su eliminación, haciendo que el gasto en el proceso de recuperación sea generalmente justificable". (Quevedo, 2013)

Figura 13

Tratamiento de aguas residuales



Nota: Figura extraída de (Cañizares, 2023)

h) Aplicaciones en la industria: El agua de calidad es el procedimiento más habitual para desalinar H₂O, aunque además se usa para generar H₂O para aplicaciones industriales. Es crucial destacar que la implementación de la ósmosis inversa en el contexto industrial puede diferir notablemente dependiendo de la compañía o el sector específico.

Tabla 2*Principales industrias que utilizan la OI*

Industria metalúrgica	Remoción de contaminantes en las superficies metálicas, se esgrime H ₂ O de excelente condición en los procesos de limpieza y enjuague.
Industria farmacéutica	La fabricación de medicamentos requiere agua extremadamente pura, libre de microbios, contaminantes y materia orgánica que puedan interferir en el proceso de producción.
Industria sanitaria	En distintos campos, que abarcan desde métodos de laboratorio hasta la esterilización y desinfección de instrumentos sanitarios y equipos médicos.
Industria química	Empleada en la fabricación de pinturas, disolventes, pesticidas, plásticos, productos químicos agrícolas, resinas y fibras sintéticas.
Industria alimenticia	El H ₂ O es un recurso crucial en esta industria, siendo una parte fundamental del proceso de fabricación y, ocasionalmente, un ingrediente activo del producto.
Industria electrónica	El H ₂ O se emplea en diversas etapas del proceso de producción, particularmente en el enjuague.
Ganadería	El H ₂ O puede tener una reunión elevada de sales que pueden ser dañinas para la salubridad y el desarrollo de animales.
Agricultura	El nivel de pureza del H ₂ O empleada para el regadío no tiene que ser tan elevado como el del H ₂ O potable, pero en ciertos casos en el que las fuentes de H ₂ O tienen una condición inadecuada o una elevada reunión de sales.

Nota: Información recopilada de (Elenapl, 2020)

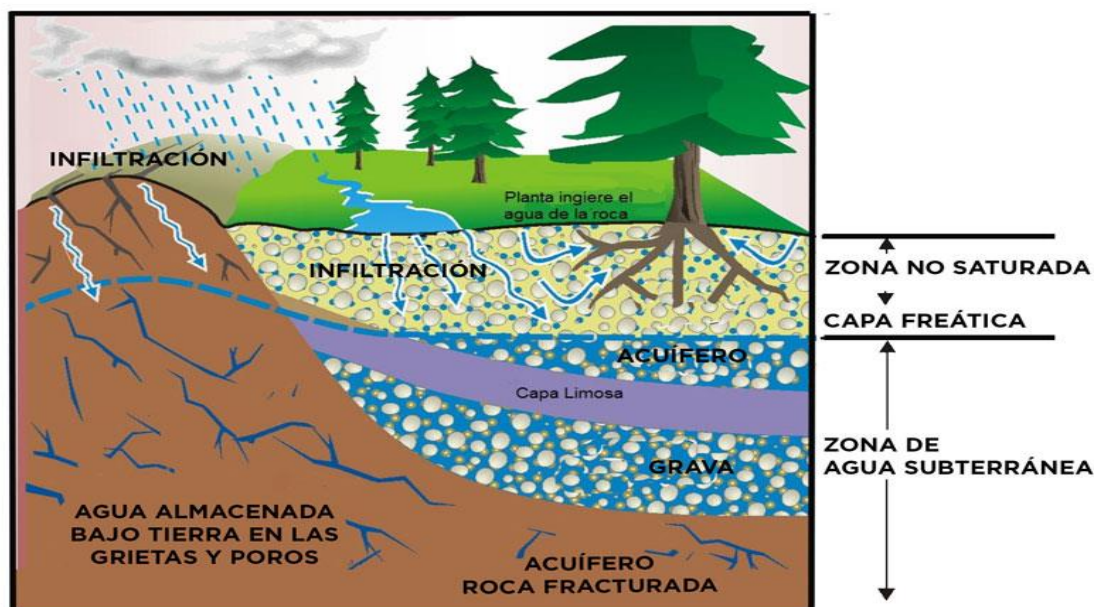
2.2.11. Aguas subterráneas

El H₂O acuífera es un recurso nativo sumamente trascendental y forma parte fundamental del Ciclo Hidrológico. La aportación de agua de los acuíferos al flujo de los ríos asegura que el río mantenga su caudal incluso durante periodos de sequía. El porcentaje de contribución del caudal base en relación al total del río puede ser muy variable según la geología y el clima, oscilando desde casi nulo hasta cercano al 100% en cuencas altamente permeables. (Sahuquillo Herráiz, 2009)

Cuando la precipitación llega al suelo, una parte de ella se desplaza por la superficie a través de arroyos, ríos y lagos, mientras que otra porción humedece la tierra. Parte de esta agua es absorbida por la vegetación; otra se evapora y regresa a la atmósfera. Sin embargo, otra fracción de esta agua se infiltra en el suelo, circula por la zona no saturada y llega al nivel freático, que es una línea teórica bajo la superficie que divide la zona no saturada de la saturada. (IGRAC, s.f.)

Figura 14

Aguas subterráneas



Nota: Figura extraída de (Gálvez Ordoñez, 2011)

El agua acuífera se encuentra en una región denominada "acuífero". Un acuífero es una alineación geológica o una parte de ella compuesta por un material penetrable que puede almacenar una cuantía específica de H₂O. Los acuíferos pueden estar formados por diversos materiales, como arena grava, suelta, rocas sedimentarias permeables como arenisca o lutitas, lava volcánica fracturada, rocas ígneas, entre otros.



El agua acuífera se recarga de manera natural a partir del H₂O de lluvia, del derretimiento de la nieve o del H₂O que se filtra a partir del fondo de afluentes, lagos y demás cuerpos hidricos superficiales. Los acuíferos además pueden recibir agua cuando hay fugas en las tuberías de colocación o cuando se riega en exceso los cultivos. Asimismo, existen métodos para tramitar la recarga artificial de acuíferos, incrementando la cuantía de H₂O que penetra en el suelo.

El agua acuífera puede encontrarse en casi cualquier lugar. El nivel de agua acuífera puede ser profundo o superficial, en base a varios elementos, como las particularidades geológicas del área, las situaciones climáticas y las tasas de extracción y recarga. Aguaceros fuertes pueden aumentar la recarga y elevar el nivel freático, mientras que, durante períodos prolongados de sequía, el nivel freático puede descender.

Cuando el agua acuífera llega a un acuífero, no permanece estática. Generalmente continúa moviéndose, aunque a un ritmo más lento.

2.2.12. Captación de aguas subterráneas

(Cely Calixto y otros, 2022) refiere que, cuando se habla de captación de aguas subterráneas, el método más conocido a nivel mundial es por medio de pozos verticales, por ser esta la principal herramienta esgrimida. También se cuenta con los pozos horizontales que son por medio de zanjas de desagüe y galerías filtrantes.

Un pozo es una obra de gran complejidad que se ejecuta para obtener agua de los acuíferos y así cumplir una demanda determinada. Los pozos pueden tener una vida útil de varias décadas; cuando se agota el recurso se debe abandonar el pozo por medio del sellado. En la selección del tipo de obra para la captación de agua acuífera es importante tener en cuenta algunas

recomendaciones como las zonas costeras y cayos que cuentan con un nivel freático de poca profundidad y por eso se deben usar los pozos horizontales como las trincheras y drenes horizontales

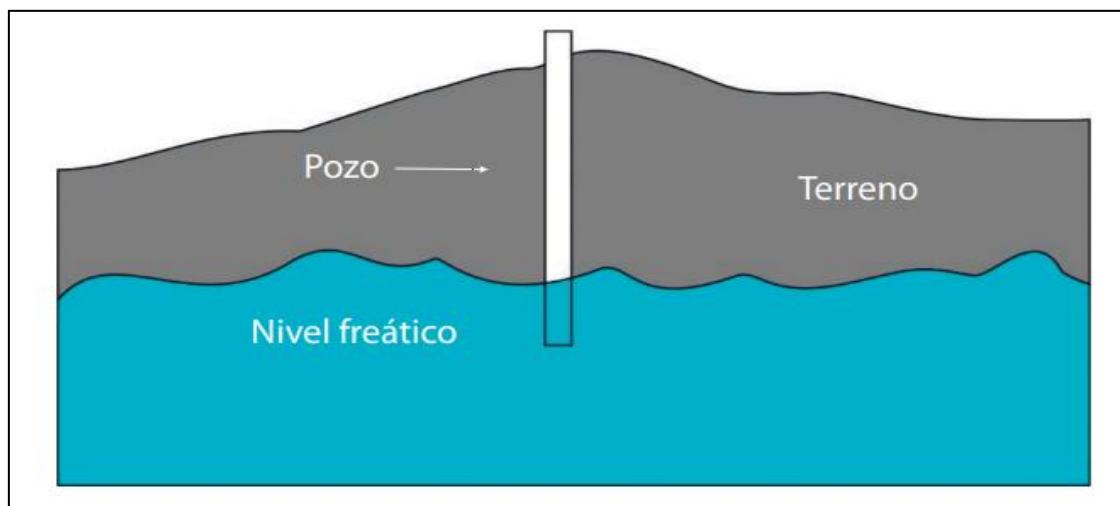
1) Pozos verticales

Algunos tipos de pozos son:

- ✓ Abiertos, excavados o brocales: Su construcción se hace principalmente de manera manual o muy poco mecanizada por medio de un diámetro relativamente grande (mayor de un metro). Su excavación debe alcanzar al nivel freático.
- ✓ Perforados o tubulares: También conocidos como pozos semisurgentes. Es el método más usado para la obtención de agua acuífera por medio de un diámetro disminuido de 6 a 12 pulgadas. En su edificación se requiere el uso de máquinas perforadoras que cuentan con diversos sistemas dependiendo del material que se debe atravesar para llegar al acuífero.

Figura 15

Pozos verticales



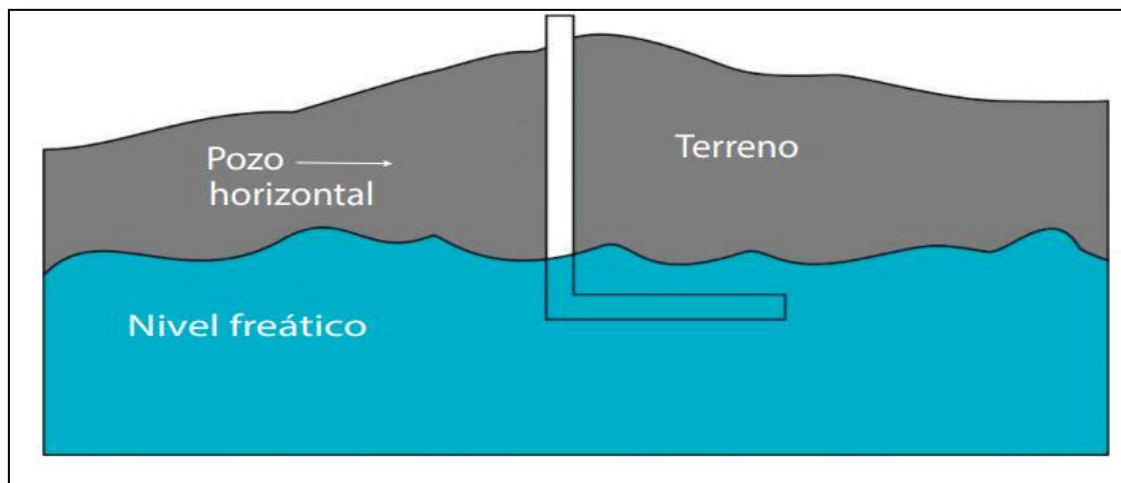
Nota: Figura extraída de (Cely Calixto y otros, 2022)

2) Pozos horizontales

Cuando los niveles freáticos están cerca de la superficie del suelo, es necesario esgrimir una estructura de pozos horizontales para extraer las aguas acuíferas. Este método es óptimo cuando se encuentra la cuña de intrusión salina a poca profundidad, ya que al usar un pozo vertical se puede llegar a este nivel y se podrá captar agua salada en vez de agua dulce.

Figura 16

Pozos horizontales



Nota: Extraído de (Cely Calixto y otros, 2022)

Las trincheras mencionadas son consideradas de penetración superficial. Para explotar el recurso se pueden seguir dos criterios:

1. Considerar la influencia del gradiente natural, es decir, la variación en la magnitud física y dirección de desplazamiento del agua en una cierta distancia.
2. Suponer que la zona que se va a captar se encuentra en una distancia suficientemente alejada de la costa. Lo anterior será considerando que la superficie freática como la interfaz sean líneas horizontales. También pueden



darse algunos problemas ambientales como eventos extremos, una tormenta tropical, además de las afectaciones que pueda ocasionar la misma obra.

2.2.13. Métodos para eliminar metales pesados en aguas

Según (MZK Medical, s.f.), hay diversos procedimientos para excluir los metales sólidos del agua dulce. La selección del procedimiento apropiado pende de la reunión de metales y las propiedades del abastecimiento de H₂O. Cada procedimiento posee sus beneficios y restricciones, y en diversos casos, se emplean mezclas de procedimientos para conseguir una purificación eficaz. Entre ellos tenemos:

A) Ósmosis inversa

El agua de calidad es uno de los métodos más efectivos para excluir una amplia gama de poluciones, incluidos los metales sólidos. Este proceso utiliza una membrana semipermeable para depurar el H₂O, excluyendo hasta el 99% de los metales existentes.

B) Filtración por carbón activado

El carbón activado es eficaz para adsorber ciertos metales sólidos y demás poluciones orgánicas. Esta técnica se emplea con frecuencia en sistemas de filtraciones de agua en el hogar.

C) Coagulación-floculación

Este procedimiento consiste en la incorporación de agentes condensadores al H₂O para formar partículas grandes que pueden ser eliminadas con facilidad. Es particularmente eficaz para remover metales en sistemas de procesamiento de H₂O a gran escala.



2.2.14. Metales pesados en el agua potable más comunes:

Considerando (MZK Medical, s.f.) menciona que los metales sólidos en el H₂O dulce más frecuentes son:

i) Mercurio

El Hg puede contaminar el abastecimiento de agua a partir de la erosión de yacimientos naturales, actividades industriales y la quema de desechos. Este metal es especialmente preocupante ya que puede acumularse en los organismos acuáticos, ingresando así en la cadena alimenticio y representando un riesgo para la salubridad humana a través del consumo de pez contaminado.

j) Plomo

El Pb es uno de los contaminantes más peligrosos y suele ingresar al H₂O por medio de tuberías y soldaduras de Pb. La exposición al Pb puede causar perjuicios neurológicos severos, fundamentalmente en fetos y niños en desarrollo. Por eso, diversos países han estado eliminando gradualmente las tuberías de Pb y han establecido regulaciones precisas para inspeccionar su existencia en el agua dulce.

k) Cadmio

El Cd puede llegar al agua dulce por las corrosiones de tuberías galvanizadas y las erosiones de depósitos nativos. Este metal solido está asociado a males óseas y renales, y su acopio en el organismo puede ser muy perjudicial a largo plazo. Asimismo, el cadmio se esgrime en la fabricación de pinturas, plásticos y baterías, lo que aumenta el peligro de polución ambiental.

l) Cromo

El Cr, particularmente en su forma hexavalente, es extremadamente venenoso y puede originarse de la liberación de desechos industriales y las



erosiónese de formaciones nativas. La exposición larga al Cr hexavalente puede provocar cáncer y otras graves afecciones de salubridad. Las industrias de galvanoplastia, curtido de cuero y producción de acero son cierto de las primordiales fuentes de polución por Cr.

m) Arsénico

El As es un metal venenoso que se halla de modo nativa en la corteza terrestre y puede polucionar las aguas subterráneas a través del disolvente de minerales. Las exposiciones al arsénico pueden provocar cáncer en la piel, los pulmones, la vejiga y demás afecciones de salubridad. En ciertas regiones del mundo, el As en el H₂O potable es una problemática endémica, requiriendo medidas especiales para su control.

n) Aluminio

El Al, no obstante, no es un metal sólido, es una polución común en el agua dulce. Se origina de fuentes nativas y asimismo del uso de sulfato de Al en el procesamiento del agua. Aunque el Al en bajas concentraciones no es perjudicial, en niveles altos puede estar vinculado con trastornos neurológicos como el Alzheimer.

o) Cobre

El Cu puede disolverse en el H₂O a partir de tuberías de Cu, fundamentalmente en agua corrosiva o de baja alcalinidad. No obstante, el Cu es un nutrimento esencial para la salubridad humana, en altas reuniones puede provocar problemas gastrointestinales como disbiosis intestinal y trastornos hepáticos. Las corrosiones de las tuberías de cobre pueden mitigarse por medio del ajuste del pH y el endurecimiento del H₂O.



p) Hierro / Fierro

El Fe es una polución común que puede provenir de la erosión oriundo de minerales de Fe y de las corrosiones de tuberías de Fe. No obstante, el Fe no es tóxico en pequeñas cuantías, puede dar un sabor metálico al H₂O y producir manchas en la ropa y los electrodomésticos. El procesamiento del H₂O con filtros de hierro puede ser eficaz para excluir este metal.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Osmosis

Es un sistema que sucede de forma nativa y tiene lugar en los tejidos de animales y plantas. En términos simples, cuando dos soluciones con concentraciones diferentes (un disolvente y un soluto) están separadas por una membrana, esta admite el paso del disolvente, pero impide el de soluto, facilitando así la corriente nativa del disolvente a través de la membrana. (Valderrama Orbegoso, 2023)

2.3.2. Osmosis inversa

El agua de calidad es un método de procesamiento del agua que esgrime una membrana semipermeable para eliminar moléculas, iones y coloides de mayor tamaño que puedan estar presentes en el H₂O. Es el proceso más exhaustivo que se puede aplicar al agua. Al obligar al agua a atravesar una membrana semi-permeable, los líquidos se limpian, mientras que las partículas y sabores indeseables se eliminan. (Waterlogic, 2024)

2.3.3. Metales pesados

Los metales sólidos son un conjunto de compendios químicos con alta densidad. Comúnmente, son perjudiciales para las personas, y entre los más



usuales en el H₂O se exhiben el níquel, mercurio, cobre, cromo y plomo. (Facsa, 2017)

2.3.4. Aguas subterráneas

El H₂O acuífera es H₂O dulce que se origina a partir de la filtración de lluvias, acumulada en los poros de la superficie y en las fisuras de las rocas, formando depósitos conocidos como acuíferos. (Secretaría Distrital de Ambiente, s.f.)

2.3.5. Membranas (osmosis)

Las membranas son parapetos físicos semipermeables que apartan 2 períodos, imposibilitando su contacto directo y limitando el paso de moléculas de manera selectiva. Esto facilita la separación de poluciones del H₂O, creando un efluente líquido purificado. Pueden fabricarse con materiales plásticos, metálicos o cerámicos. (Condorche, 2013)

2.3.6. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

La Orden Supremo N° 031-2010-SA tiene como objetivo establecer los estándares físicos, microbiológicos o químicos que debe desempeñar el H₂O potable para proteger la salubridad pública; su aplicación cubre todo el territorio nacional e incluye los diversos servicios municipales, privados y v, sin importar el sistema o red de distribución, en lo relacionado con la desconfianza y control de la polución del agua, en cualquier estado físico. (MINSa, 2011).

2.3.7. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Toda agua consignada a la ingesta humana no debe superar los límites máximos permitidos, los cuales están detallados en el Anexo III del Estatuto de la condición del agua para ingesta humana. (Dirección General de Salud Ambiental, 2010)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

El diseño de estudio empleado en este estudio fue el experimental, teniendo en cuenta una investigación metódica, práctica y crítica, donde la variable dependiente (intervalos de reunión de metales solidos) fue ejecutada con la aplicación de una variable independiente (sistema de remoción de metales solidos mediante la osmosis inversa). Se aplico la experimentación para poder evaluar el problema, es decir, investigar, evaluar y luego comparar resultados de la calidad del agua acuífera.

3.2. Enfoque de investigación

El actual estudio se basa en un enfoque cuantitativo, fundamentado en la normativa DS N° 031-2010-SA. además se consideran manuales, como el manual de adecuadas prácticas en el estudio de áreas contaminados y muestreo de aguas acuíferas, así como directrices del INACAL, la ANA y la DIGESA. Actualmente, esta última entidad cuenta con un sistema para extraer H₂O del subsuelo.



3.3. Tipo de investigación

El actual estudio es de tipo aplicada, pues deben llevarse a cabo una serie de actividades prácticas y técnicas tanto para las extracciones de muestreos como también para su estudio siendo de carácter científico cuantitativas y observable que nos admitan cumplir con los fines presentados.

3.4. Nivel de investigación

El nivel de estudio del actual estudio es explicativo, debido a que esta se centra en determinar las relaciones acción-reacción de ciertos hechos. Las investigaciones de nivel explicativo son aquellas que posee relación causal; no sólo hostiga acercarse o describir a una problemática, sino que intenta hallar los principios del mismo.

3.5. Diseño estadístico

Prueba de muestras emparejadas

La prueba de muestras emparejadas es una técnica estadística usada para comparar dos mediciones realizadas sobre las mismas unidades experimentales, con el objetivo de determinar si hay una diferencia significativa entre ellas. Se utiliza comúnmente cuando los mismos sujetos se evalúan en dos momentos distintos, antes y después de una intervención o tratamiento. La hipótesis nula (H_0) plantea que no hay diferencia en las medias, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) sugiere una diferencia significativa. El valor t se calcula dividiendo la media de las diferencias (\bar{d}) por el error estándar, y se compara con un valor crítico de la distribución t de Student. Esta prueba asume que las diferencias son independientes y normalmente distribuidas. Se aplica frecuentemente en tratamientos médicos, intervenciones educativas y estudios



de cambio de actitudes. Si el valor p es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, indicando una diferencia significativa.

3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación

Técnicas: La observación esgrimida en el presente estudio fue la de observación sistemática de los parámetros en estudio antes del procesamiento de las aguas subterráneas como después del procesamiento en el sistema de agua de calidad.

Instrumentos: Para la recopilación de datos se esgrimió como instrumento tablero de apuntes tanto para la toma de muestra como para los datos de operación del sistema de agua de calidad, además se utilizó las normativas vigentes en relación a las condiciones del agua para ingesta humana como es el estatuto de la Condición del Agua para Ingesta Humana DS N° 031-2010-SA.

3.7. Materiales y equipos

La relación de materiales y equipos que se utilizado en la presente investigación los detallamos a continuación:

Materiales:

- Mandil
- Tablero
- Plumón indeleble
- Lapicero
- Frasco de plástico graduado de 500ml
- Guantes quirúrgicos

Equipos:

- Purificador que consta de todo el kit de Sistema del agua de calidad.



- Laptop
- Cámara fotográfica
- GPS

3.8. Lugar de Estudio

La ciudad universitaria de la UANCV es el lugar de estudio de nuestra investigación, en forma específica la FICP, pabellón de estructuras, recinto de condición ambiental de la EPISA.

Tabla 3

Coordenadas del punto de muestreo y ubicación de la investigación

Código	Coordenadas	
	ESTE	NORTE
M-Inicial 1	380186,998	8282282.512

Nota: Estas coordenadas pertenecen a una de las piletas que se encuentran dentro del recinto de condición ambiental de la EPISA.

Las aguas que fueron utilizadas para esta investigación son aguas subterráneas ubicadas en el pabellón de estructuras de la FICP.

Figura 17

Lugar de la toma de muestra o monitoreo



Nota: La ubicación de la investigación se encuentra dentro del laboratorio de condición ambiental, esto porque el sistema del agua de calidad se allí instalado en dicho Laboratorio.

3.9. Población y muestra

- a) **Población:** Referida a todas las aguas acuíferas que se hallan en la ciudad universitaria de la UANCV de Juliaca.
- b) **Muestra:** Como parte de la población, para este proyecto serán las aguas subterráneas de la FICP, pabellón de estructuras.

3.10. Procedimiento metodológico

3.10.1. **Objetivo1: Identificar las condiciones técnicas de operación del sistema de osmosis inversa**

En referencia a la identificación de las especificaciones técnicas y de operación del sistema de agua de calidad, esta será en función de las



especificaciones del fabricante y en base a las recomendaciones del fabricante se procede a determinar este objetivo y en base a los siguientes contextos técnicas de operación.

Temperatura

Presión de alimentación

Caudal

pH

voltaje

3.10.2. Objetivo1: Determinar la concentración de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV.

En referencia a este objetivo se procedió de la siguiente manera:

1. Se ubico el prototipo dentro del laboratorio de condición ambiental de la EPISA
2. Una vez coordinado con los responsables del laboratorio para poder realizar las pruebas con el sistema de agua de calidad, pasamos a la identificación del punto de muestra de agua acuífera.



Nota: zona de muestreo pabellón de estructuras de la FICP-UANCV

3. Procedimos a la verificación de los materiales para la recolección de muestras y así no podamos tener ningún inconveniente.

Figura 18

Verificación de los materiales del laboratorio



Nota: antes del inicio de toma d muestras nos percatamos que todo se encuentre correctamente.

4. La toma de muestreos se realizó teniendo en cuenta el protocolo de control de recursos hídricos dada por el ANA el 2016.

Figura 19

Ubicación del punto de monitoreo antes del procesamiento



Nota: La muestra fue tomada directamente del pozo.

5. La muestra inicial se tomó adecuando un balde con una soguilla.

Figura 20

Toma de muestra



Nota: Muestra en un balde de agua

6. Se procedió a la toma de muestras en frascos de 500 ml para.

Figura 21

Muestra inicial de agua acuífera de la FICP



Nota: toma de muestreos y colmado de la cadena de custodia por parte de un responsable del recinto de condición ambiental de la EPISA

7. Una vez tomada la muestra se procede a llevarlas al recinto de condición ambiental para los respectivos análisis de las reuniones de metales sólidos en aguas acuíferas.

3.10.3. Objetivo1: Determinar el porcentaje de remoción de las concentraciones de metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa.

El sistema de agua de calidad a utilizar es el que se muestra en la siguiente figura:

Figura 22*Sistema de agua de calidad*

Nota: modelo del sistema de osmosis es el de Purificador

Una vez instalado el sistema de osmosis en FICP de la UANCV se proceden a realizar las pruebas respectivas.

Este objetivo se cumplió cuando finalizo la puesta en partida del sistema del agua de calidad y se pudo tomar la muestra final después del procesamiento, para la firmeza del porcentaje de remoción se esgrimirá la siguiente ecuación.

$$R \% = \left(\frac{A_i - A_f}{A_i} \right) * 100$$

Donde:

R% : porcentaje de remoción de metales sólidos en H₂O subterránea

A_i : concentración inicial de metales sólidos en H₂O subterránea

A_f : concentración final de metales sólidos en H₂O subterránea.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Las derivaciones lo detallamos a continuación por objetivo específico que nos planteamos en esta investigación.

4.1.1. Resultados de la determinación de las circunstancias técnicas de manipulación del sistema de agua de calidad.

Las Circunstancias técnicas y de ejecución del sistema de agua de calidad está en base a lo establecido por el fabricante

- a. Marca: Rotoplas
- b. Modelo: Purificador
- c. Largo: 43 cm
- d. Altura: 58 cm
- e. Ancho: 37 cm
- f. Peso: 1.448 Kg
- g. Presión de alimentación: 20 – 28 kg/cm²
- h. Temperatura: menor a 35°C
- i. Caudal: 1.7 m³/h
- j. pH: 5 - 7
- k. voltaje: 220 v



I. 185 L de agua purificada al día.

Tener en cuenta que una vez comprobado la inicialización del sistema del agua de calidad se debe tener en cuenta los aspectos operacionales que anteriormente se mencionó.

4.1.2. Resultados de la determinación de metales pesados en líquidos acuíferos provenientes del pabellón de estructuras de la FICP - UANCV.

En las tablas siguientes se pueden ver las derivaciones de la reunión de metales sólidos.

Tabla 4

Metales pesados conocidos como tóxicos

Parámetro	Unidad	M - Inicial
Mercurio	mg/L	<0.00001
Plomo	mg/L	<0.00001
Cadmio	mg/L	<0.00001
Cobre	mg/L	0.0017
Arsénico	mg/L	0.18021
Cromo	mg/L	<0.00001

Nota: estos metales tienen la tendencia de contaminar el medio

Se sabe que la peligrosidad de los metales sólidos radica en su nula degradabilidad (no se degradan) ni en un sentido químico ni biológico, y sobre todo tienden a ser bioacumulados y a biomagnificarse.

No todos los sólidos de elevada densidad son particularmente perjudiciales en concentraciones normales (algunos de ellos son esenciales para el ser humano). Sin embargo, existe una sucesión de metales sólidos que son



conocidos por su tendencia a causar graves problemas ambientales, como se muestra en la tabla anterior donde se debe considerar:

Mercurio: cuyas concentraciones en aguas subterráneas de la facultad de ingenierías pabellón de estructuras es; <0.00001 mg/l, concentraciones muy bajas para este metal pesado.

Plomo: cuyas concentraciones en aguas subterráneas de la facultad de ingenierías pabellón de estructuras es; <0.00001 mg/l, concentraciones muy bajas para este metal pesado.

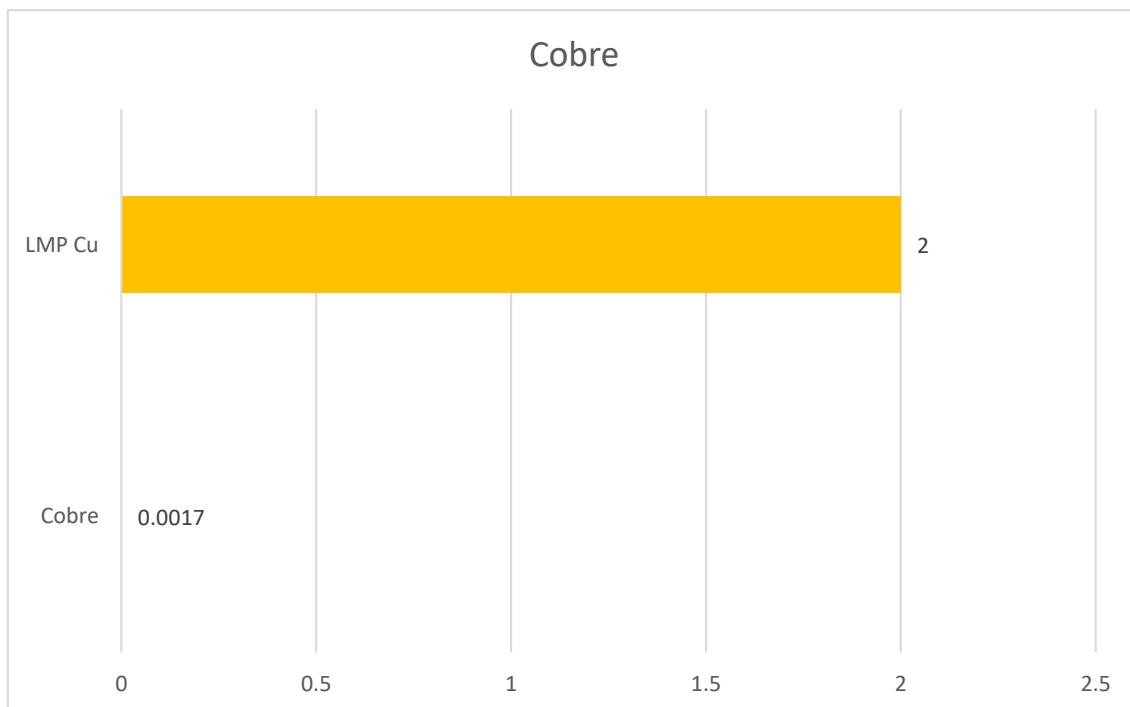
Cadmio: cuyas concentraciones en aguas subterráneas de la facultad de ingenierías pabellón de estructuras es; <0.00001 mg/l, concentraciones muy bajas para este metal pesado.

Cromo: cuyas concentraciones en aguas subterráneas de la facultad de ingenierías pabellón de estructuras es; <0.00001 mg/l, concentraciones muy bajas para este metal pesado.

Cobre: cuyas concentraciones en aguas subterráneas de la facultad de ingenierías pabellón de estructuras es; 0.0017 mg/l, concentración muy baja para este metal pesado.

Figura 23

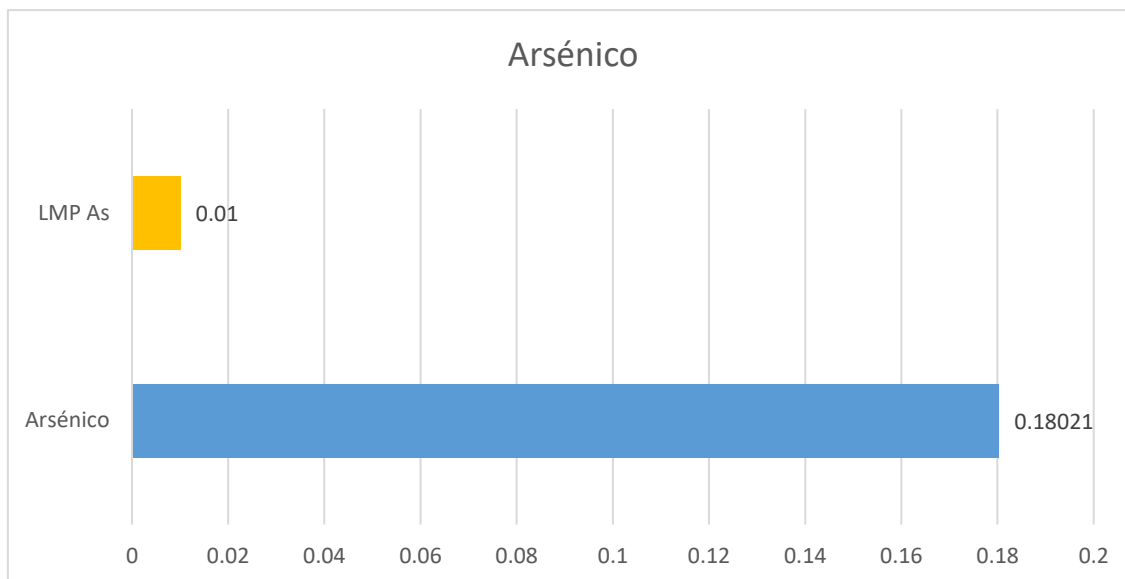
Concentración de mercurio en agua subterránea



Nota: Resultado emitido por el Laboratorio de condición ambiental EPISA.

Como se visualiza en la figura la concentración inicial de cobre es prácticamente insignificante y apta para la ingesta humana.

Arsénico: cuya reunión en aguas subterráneas de la facultad de ingenierías pabellón de estructuras es; 0.18021 mg/l, concentración muy alta para este metal pesado en aguas subterráneas.

Figura 24*Concentración de arsénico en agua subterránea*

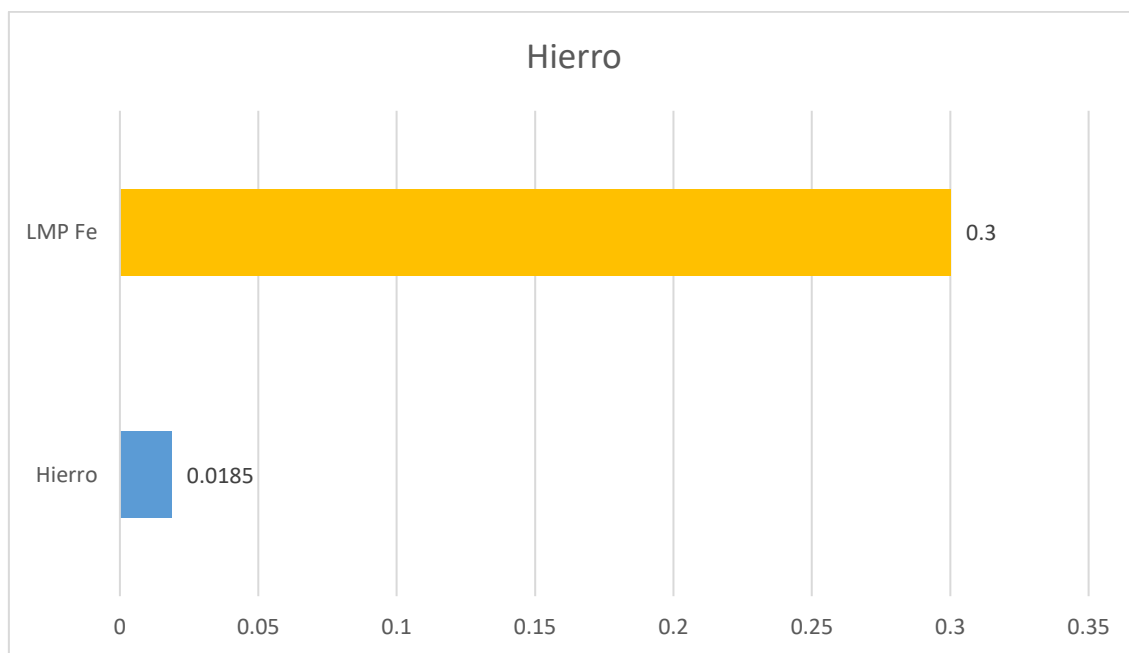
Nota: Resultado emitido por el laboratorio de condición ambiental EPISA

La ONU clasifica al arsénico como **Mercancía peligrosa** y a todos los metales sólidos los clasifican como "Clase 9: objetos y materias que muestran peligros diversos", pero ciertas ocasiones en tanto son trasladados se los rótulos como "Clase 6.1: Materias tóxicas". En base al resultado encontrado en aguas subterráneas de la FICP podemos indicar que dichas aguas podrían causar: Anemia y la leucopenia y comúnmente acompañado de trombocitopenia y eosinofilia moderada, esto por las reuniones elevadas de este metal el arsénico. Y en base al Reglamento de las condiciones del Agua para la Ingesta Humana DS N° 031-2010-SA dichas concentraciones de arsénico sobrepasan en sobre medida el límite máximo permisible, indicándonos que dichas aguas acuíferas no son aptas para la ingesta humana y que deberían de ser tratadas por sistemas avanzados como el que planteamos en este trabajo de investigación.

Tabla 5*Metales pesados conocidos como tóxicos ligeros*

Parámetro	Unidad	M - Inicial
Aluminio	mg/L	<0.00001
Hierro	mg/L	0.0185
Manganeso	mg/L	0.04721
Níquel	mg/L	<0.00001

Nota: Resultado emitido por el recinto de condición ambiental EPISA

Figura 25*Concentración de Hierro en agua subterránea*

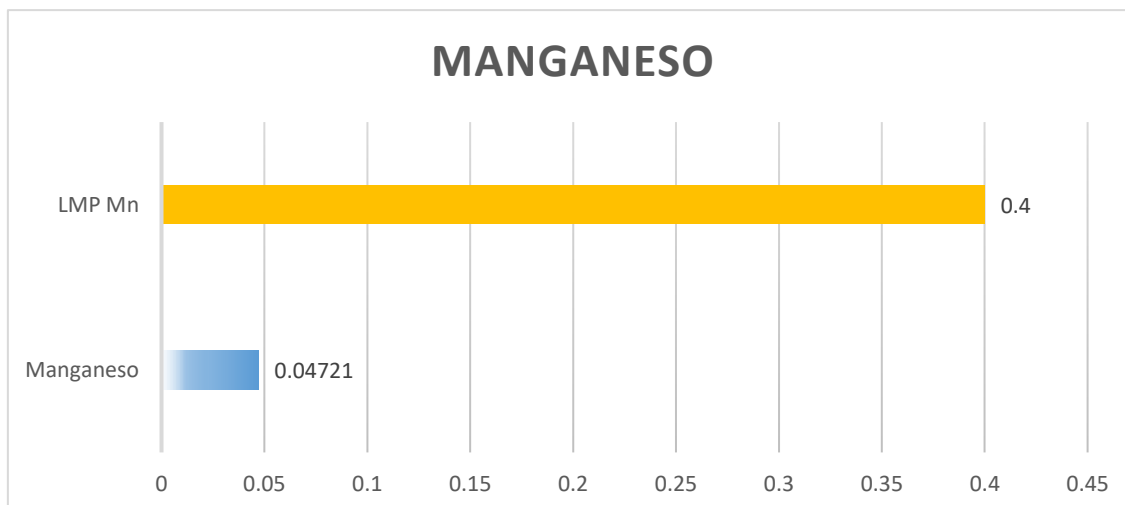
Nota: Resultado emitido por el recinto de condición ambiental EPISA



Se observa que en base al Reglamento de las Condiciones del Agua para Ingesta Humana DS N° 031-2010-SA dichas concentraciones de Hierro son muy bajas y no sobrepasan el límite máximo permisible, siendo aptas para ingesta humana en función a este parámetro.

Figura 26

Concentración de Manganeso en agua subterránea



Nota: Resultado emitido por el recinto de condición ambiental EPISA

Se observa que en base al Reglamento de las Condiciones del Agua para Ingesta Humana DS N° 031-2010-SA dichas concentraciones de Manganeso son muy bajas y no sobrepasan el límite máximo permisible, indicándonos que dichas aguas subterráneas son aptas para ingesta humana en este parámetro.

Tabla 6

Otros metales en aguas subterránea de la FICP

Parámetro	Unidad	M - Inicial
Bario	mg/L	0.02612
Boro	mg/L	0.421
Calcio	mg/L	51.3
Magnesio	mg/L	14.2
Potasio	mg/L	14
Silicio	mg/L	20.1
Sodio	mg/L	128

Nota: Resultado emitido por el recinto de calidad ambiental.

De los metales mostrados en la tabla anterior, se observa que en base al Reglamento de las Condiciones del Agua para Ingesta Humana DS N° 031-2010-SA dichas concentraciones de todos estos metales son muy bajas y no sobrepasan el límite máximo permisible, indicándonos que dichas aguas subterráneas son aptas para ingesta humana en función a todos estos metales. Cabe indicar la presencia de calcio y magnesio en dichas aguas indican la presencia de dureza en las aguas acuíferas de la FICP.

4.1.3. Para la determinación del porcentaje de remoción de la reunión de metales solidos:

Una vez realizado el procesamiento con el sistema de agua de calidad se tiene que:

En la tabla siguiente se pueden las derivaciones del porcentaje de separación del sistema del agua de calidad.

Tabla 7

Remoción de metales pesados en aguas subterráneas

Parámetro	Unidad	M - Inicial	M - Final	% Remoción
Mercurio	mg/L	<0.00001	<0.00001	'-----
Plomo	mg/L	<0.00001	<0.00001	'-----
Cadmio	mg/L	<0.00001	<0.00001	'-----
Cobre	mg/L	0.0017	0.0013	'-----
Arsénico	mg/L	0.18021	0.00187	98.96
Cromo	mg/L	<0.00001	<0.00001	'-----

Nota: Resultado emitido por el laboratorio de calidad ambiental.

En este objetivo específico tres se consideró únicamente al metal que sobrepasaba los intervalos máximos permitidos dados en el DS N° 031-2010-SA el cual es el Arsénico. En base a las 5 etapas del sistema de agua de calidad y en función a las calidades de operación del sistema el arsénico de tener una reunión inicial de 0.18021 mg/L es reducido su concentración a 0.00187 mg/l, representándonos un porcentaje de remoción de arsénico de 98.96 %. Y en función al Reglamento de las Condiciones del Agua para Ingesta Humana DS N° 031-2010-SA estas aguas en todos los parámetros analizados en esta investigación es apta para ingesta humana sin tener ninguna consecuencia para la salud.

Figura 27

Porcentaje de remoción de arsénico de aguas subterránea



Nota: Las aguas provienen de la FICP, pabellón estructuras

Figura 28

Remoción de arsénico por osmosis inversa



Nota: Datos obtenidos después del procesamiento en el sistema de agua de calidad de la FICP.

Prueba de hipótesis

Planteamiento de la hipótesis estadística

H₀: La concentración de los metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa no es significativa.

H_a: La concentración de los metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa es significativa.

Tabla 8

Prueba de muestras emparejadas, parámetros de metales pesados en aguas subterráneas, sin tratamiento y con tratamiento

	Diferencias emparejadas	t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia			
					Desv. Error	Media	Desviación	promedio
Par 1 Parámetros de metales pesados en aguas subterráneas - Sin tratamiento	3,4697	1,8431	0,7524	1,5355	5,4039	4,611	5	0,006
Par 2 Parámetros de metales pesados en aguas subterráneas - Con tratamiento del sistema de osmosis inversa	3,4995	1,8705	0,7636	1,5365	5,4624	4,583	5	0,006

En la tabla 8, muestra los Análisis de los Resultados:

Media y Desviación Estándar

La media de las diferencias en los parámetros de metales pesados en aguas subterráneas sin tratamiento es de 3.46967, con una desviación estándar de 1.8431. Para las muestras tratadas con el sistema de ósmosis inversa, la media es de 3.4995 y la desviación estándar es de 1.8705. Estas medias indican que, en promedio, hay una ligera diferencia en la concentración de metales pesados antes y después del tratamiento.

Intervalo de Confianza del 95%

El intervalo de confianza del 95% para las diferencias en las muestras sin tratamiento va de 1.5355 a 5.4039, mientras que para las muestras tratadas va de 1.5365 a 5.4624. Dado que estos intervalos no incluyen el valor cero, podemos inferir que hay una diferencia significativa en las concentraciones de metales pesados antes y después del tratamiento.

Prueba t y Significación

El valor de la estadística t para las muestras sin tratamiento es 4.611 y para las muestras tratadas es 4.583, ambos con 5 grados de libertad. El p-valor asociado a ambas pruebas es 0.006, que es menor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05. Esto significa que podemos rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), indicando que la concentración de metales pesados después del tratamiento con ósmosis inversa es significativamente diferente.

Conclusión

En resumen, los resultados de la prueba de muestras emparejadas muestran que el tratamiento con el sistema de ósmosis inversa tiene un efecto significativo en la reducción de la concentración

4.2. Discusiones

Guevara en el 2022 se plantea como objetivo "hallar la eficacia del sistema de osmosis en la eliminación de arsénico en aguas acuíferas, procesadas con 1,2 y 3 filtros de carbón activo y en base a sus resultados indica que el sistema tiene una alta eficacia en aguas del distrito de Pacora caserío las Juntas, la eficacia del sistema de agua de calidad con filtros de carbón activo poseyó una eficacia de 72,78%, en cambio nuestra investigación en la remoción de metales



solidos por osmosis inversa obtuvimos un 98.96 % de remoción mucho mayor al encontrado por Guevara.

En el 2022 Alvizuri en su investigación doctoral titulada "Análisis del agua de calidad ejecutada a baja presión como procesamiento de una fuente nativa contaminada por diligencia minera, en la microcuenca Milluni en Bolivia, En su análisis identificó algunos metales solidos con reuniones elevadas a los valores determinados en la Normativo Boliviana 512 para agua dulce. En nuestra investigación se identificó un solo metal que no cumple la normativa peruana que es el arsénico. Alvizuri entre todos, consideró el arsénico al igual que nosotros por ser uno de los más peligrosos. Por esta razón, Alvisuri, en el trabajo experimental con la planta piloto de OI, realizó pruebas a presiones bajas, dentro del rango de 10 - 5 bares, mientras que el fabricante sugiere operar entre 40 - 20 bares para lograr la máxima eficiencia. En nuestra investigación desarrollada trabajamos a una presión entre 20 - 28 kg/cm². Alvizuri muestra que los niveles de rechazo (eliminación) del arsénico superaron el 94% en todas las pruebas, lo que ha corroborado la efectividad del proceso de OI funcionando en condiciones críticas moderadas de presión. En cambio, nuestra investigación tuvo porcentajes de remoción de 98.96 % superior a la de Alvizuri quizá fue por las bajas presiones que utilizo, pero concluye indicando que, si es posible ocuparse a presiones minimas con la tecnología de OI, sin conmovier la eficacia dando paso a la baja de costos energéticos a lo largo de la etapa de operación.



CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se ultima que las condiciones técnicas de operación del sistema de agua de calidad esta en función a: Presión de alimentación: 20 – 28 kg/cm², temperatura menor a 35°C, Caudal: 1.7 m³/h, pH: 5 – 7 y voltaje: 220 v todo esto para la obtención de 185 L de agua purificada.
- SEGUNDA:** Concluimos que la concentración de metales solidos de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV son: Mercurio, plomo, cadmio y cobre están por debajo de 0.00001 mg/l, cobre 0.0017 mg/l. en cuanto al Aluminio, Hierro, manganeso y níquel tiene una concentración muy baja y en referencia a otros metales también las concentraciones son bajísimas. y Arsénico 0.18021 mg/l concentración muy elevada.
- TERCERA:** Concluimos que el porcentaje de remoción de las concentraciones de metales solidos después de ser tratadas en el sistema del agua de calidad en función al arsénico es de 98.96 %.
- CUARTA:** Podemos concluir en forma general que la influencia del agua de calidad en la eliminación de metales solidos de aguas acuíferas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez San Román Juliaca es muy significativa a tal punto de reducir en un 98.96 % los metales sólidos.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Para aguas con cargas de contaminantes mucho más elevada se recomienda implementar un filtro de sedimentos o un sedimentador para retener arenillas, barro y así poder evitar dañar el sistema de agua de calidad y tener resultados lo más real posible.
- SEGUNDA:** Agregar un pre procesamiento para así evitar daños a las membranas.
- TERCERA:** Para investigadores que estén relacionados a este tema se les recomienda considerar variar algunos parámetros de operación para ver si estos sistemas solo fueron diseñados a nivel del mar o en condiciones normales



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvizuri Tintaya, P. (2022). *Estudio de la ósmosis inversa operada a baja presión como tratamiento de una fuente natural contaminada por actividad minera, en la microcuenca Milluni en Bolivia, para el abastecimiento de agua segura a poblaciones*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Apaza, Y. A. (2022). *Sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado de hydrocotyle vulgaris para el tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno - 2022*. Repositorio Universidad César Vallejo. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/106372>
- Arias, A., & Rodriguez, J. (16 de Julio de 2019). <https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/ingenieria-quimica/obtencion-de-sales-partir-de-residuos-de-desalinizacion-de-agua-de-mar>
- Bayona, D. (2016). *Evaluación de la capacidad remediadora de la especie Eichhornia Crassipes del rio Chira para el tratamiento de aguas servidas en la planta de tratamiento de aguas residuales El Indio*. Repositorio Universidad Alas Peruanas. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12990/1925>
- Benita Orozco, C. (15 de Marzo de 2022). *FiltraShop*. <https://shre.ink/gVZG>
- Calderón, O. (2023). *Desarrollo de purificadora con ósmosis inversa para implementación en zonas aisladas*.
- Cañizares, E. (24 de Marzo de 2023). *Aguas residuales, soluciones utilizadas en diversas partes del mundo. El Universo*. <https://shre.ink/gVZ3>
- 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://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.12840/3290>

Cely Calixto, N., Carrillo Soto, G., & Bonilla Granados, C. (2022). *Fundamentos de la contaminación de las Aguas Subterráneas.* Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones S.A.S.

Condor Luna, L. (2022). *Calidad del agua subterránea obtenida por ósmosis inversa en la PTAP-Tunshuruco de la Minera Chinalco Perú S.A. mediante análisis fisicoquímico y microbiológico para consumo humano, Morococha-2022.* Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco - Perú.

Condorche. (2013). *Tipos de membranas de filtración y posibles configuraciones.* <https://shre.ink/gVZ7>

Consultor, I., & Consultor, I. (2022). *Ósmosis Inversa: Un proceso sofisticado de filtración por membranas.* <https://cropaia.com/es/blog/osmosis-inversa-membranas/>

Contreras Lévano, K. (2021). *Tratamiento de agua de pozo por ósmosis inversa para usos en la industria Agrícola.* Universidad San Ignacio de Loyola, Lima - Perú.

Dirección General de Salud Ambiental . (2010). *DS N° 031-2010-SA.* Lima - Perú.

Elenapl. (2020). *Aplicaciones en industrias de la ósmosis inversa.* <https://aedyr.com/aplicaciones-industrias-tratamiento-agua-osmosis-inversa/>

Facsa. (23 de Enero de 2017). <https://www.facsa.com/metales-pesados/>



Fernández Garcia, A. (2014). Evaluación comparativa de la capacidad de desinfección de equipos generadores de ozono domésticos para el tratamiento de agua. *CENIC. Ciencias Biológicas*, 45. 77.

Ferrer Ivars, P. (2018). *Diseño de un proceso de producción de agua ultrapura para la industria alimentaria con una capacidad de 100 m³/día*. Universidad Politécnica de Valencia.

ferrovial. (s.f.). <https://www.ferrovial.com/es/recursos/osmosis-inversa/>

Gálvez Ordoñez, J. (2011). *aquabook*. https://aquabook.irrigacion.gov.ar/402_0

Gómez Hernández, R., Wilson González, F., Matos Mosqueda, L., Crespo Zafra, L., Benítez Cortes, I., & Pérez Sánchez, A. (2022). Sustitución de filtros a cartucho por filtros de mallas en una planta de ósmosis inversa. R. *Revista Científica de la UCSA*, 9(1), 57 - 71.

Guevara Collori, M., Saavedra Vera, O., Reupo Periche, J., Gamarra Gonzáls, J., & Vásquez Garcia, A. (2022). Sistema de osmosis inversa en remoción de arsénico de agua subterránea en Pacora. *UCV HACER*, 11(4), 11 - 17.

Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.

IGRAC. (s.f.). <https://www.un-igrac.org/es/es/que-es-agua-subterranea>

Martinez, D. (23 de Octubre de 2020). Calidad del agua de la CDMX en picada. *Reporte Indigo*. <https://shre.ink/gVZL>

MZK Medical. (s.f.). <https://mzkmedicalmallorca.com/metales-pesados-en-el-agua/>

Namuche Montes, S. (2018). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de tratamiento de agua potable por osmosis inversa a partir de*



- agua de mar en el distrito de Huarmey 2017.* Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho - Perú.
- Pérez, M., Rivera, L., Gonzáles, J., & Chávez, F. (2020). Aplicaciones tecnológicas de tratamiento de aguas residuales. *Voces de la Educación.*
- Pillado, K. (23 de Agosto de 2023). *Contyquim.* <https://contyquim.com/blog/tipos-de-membranas-para-osmosis-inversa-tecnologia-clave-en-el-tratamiento-de-aguas>
- Proagua Ingenieros S.A.C. (28 de Setiembre de 2021). *Proagua Ingenieros S.A.C.* Sistemas de cloración a gas: <https://shre.ink/gVZq>
- Saavedra Fenoglio, A., Valdés Riquelme, H., & Zúñiga Espinoza, C. (2022). *Manual técnico de desalación y purificación de aguas mediante ósmosis inversa.*
- Sahuquillo Herráiz, A. (2009). La importancia de las aguas subterráneas. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat*, 103(1), 97 - 114.
- Secretaria Distrital de Ambiente. (s.f.). GOV.CO. <https://www.ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>
- Solier Reynoso, W. (2021). *Empleo de la técnica de osmosis inversa para mejorar calidad de agua subterránea para consumo humano en estación servicios Pachacamac S.A.C.* Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Villa El Salvador - Perú.
- Sotil, H. (2017). *Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica (_coliformes totales y termotolerantes) en el lago de Moronacocha.* Repositorio Universidad Científica del Perú. <https://shre.ink/gVZS>
- TNA: *Tratamiento saludable del agua.* (15 de Febrero de 2023). <https://aguanatural.com/equipos-osmosis-inversa/>



Valderrama Orbegoso, H. (2023). *Implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos. Lima - Perú*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima - Perú.

Valdivielso, A. (06 de Octubre de 2020). *iAgua*.
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-potable>

Valdivielso, A. (s.f.). *iagua*. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-osmosis>

Vejar Gereda, A. (2020). *Estudio de los métodos de desinfección alternativos a la cloración para la eliminación de microorganismos patógenos en el tratamiento de agua para consumo humano*.

Waterlogic. (2024). <https://www.waterlogic.es/por-que-elegirnos/tecnologias/osmosis-inversa/>

waterSTATION. (24 de Setiembre de 2020). <https://waterstation.mx/agua-y-salud/osmosis-inversa-ventajas-y-desventajas/>



ANEXOS

ANEXO 1

Resultados del análisis en laboratorio



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS**INFORME N° LC 081 – 24****I. DATOS DEL SERVICIO**

- 1.1. Solicitante : Mileydi Grescy Mamani Suaquita
- 1.2. Proyecto : OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras : 01
- 2.3. Muestreado por : Mileydi Grescy Mamani Suaquita
- 2.4. Fecha de ensayo : 17/07/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
M - Inicial	E: 380186,998 N: 8282282.512	16/07/2024	8:00



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

III.RESULTADOS

Parámetro	Unidad	M - Inicial
Arsénico	mg/L	0.18021
Bario	mg/L	0.02612
Boro	mg/L	0.421
Calcio	mg/L	51.3
Magnesio	mg/L	14.2
Manganeso	mg/L	0.04721
Potasio	mg/L	14.0
Silicio	mg/L	20.1
Sodio	mg/L	128
Mercurio	mg/L	<0.00001
Plomo	mg/L	<0.00001
Cadmio	mg/L	<0.00001
Cromo	mg/L	<0.00001
Aluminio	mg/L	<0.00001
Cobre	mg/L	0.00170
Hierro	mg/L	0.0185
Niquel	mg/L	<0.00001
Cromo	mg/L	<0.00001

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, 12 de agosto del 2024



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 082 - 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Mileydi Grescy Mamani Suaquita
- 1.2. **Proyecto** : OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
- 2.2. **Numero de muestras** : 01
- 2.3. **Muestreado por** : Mileydi Grescy Mamani Suaquita
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 19/07/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : San Román
- 2.7. **Distrito** : Juliaca
- 2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
M - Tratada	E: 380186,998 N: 8282282.512	18/07/2024	10:00



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

III.RESULTADOS

Parámetro	Unidad	M - Tratada
Arsénico	mg/L	0.00187
Bario	mg/L	0.00764
Boro	mg/L	0.065
Calcio	mg/L	4.3
Magnesio	mg/L	1.2
Manganeso	mg/L	0.01843
Potasio	mg/L	8.21
Silicio	mg/L	5.3
Sodio	mg/L	9.13
Mercurio	mg/L	<0.00001
Plomo	mg/L	<0.00001
Cadmio	mg/L	<0.00001
Cromo	mg/L	<0.00001
Aluminio	mg/L	<0.00001
Cobre	mg/L	0.00130
Hierro	mg/L	<0.0001
Níquel	mg/L	<0.00001
Cromo	mg/L	<0.00001

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, 12 de agosto del 2024

ANEXO 2.

Reglamento de calidad del agua para consumo humano

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

ANEXO II

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE
CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L^{-1}	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-1} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-1} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoniaco	mg N L^{-1}	1,5
12. Hierro	mg Fe L^{-1}	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L^{-1}	0,4
14. Aluminio	mg Al L^{-1}	0,2
15. Cobre	mg Cu L^{-1}	2,0
16. Zinc	mg Zn L^{-1}	3,0
17. Sodio	mg Na L^{-1}	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001

ANEXO 03. MATRIZ DE CONSISTENCIA

OSMOSIS INVERSA EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ SAN ROMAN JULIACA 2024

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>¿Cómo influye la osmosis inversa en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez San Román Juliaca 2024?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>a) ¿Cuáles son las condiciones de operación del sistema de osmosis inversa?</p> <p>b) ¿Cuál es la concentración de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV?</p> <p>c) ¿Cuál es la concentración de los metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa?</p>	<p>Determinar la eficiencia de la osmosis inversa en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez San Román Juliaca 2024</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar las condiciones de operación del sistema de osmosis inversa.</p> <p>b) Determinar la concentración de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV.</p> <p>c) Determinar el porcentaje de remoción de las reuniones de metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa.</p>	<p>La eficiencia de la osmosis inversa en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez es significativa.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <p>1) Las condiciones de operación del sistema de osmosis inversa permitirán una remoción adecuada.</p> <p>2) La concentración de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la facultad de ingenierías y ciencias puras de la UANCV sobrepasan la normatividad.</p> <p>3) La concentración de los metales pesados después de ser tratadas en el sistema de osmosis inversa es significativa.</p>	<p>Variable independiente</p> <p><input type="checkbox"/> Sistema de osmosis inversa.</p> <p>Variables dependientes.</p> <p><input type="checkbox"/> Niveles de Concentración de metales pesados en aguas subterráneas.</p>	<p>Tipo de investigación.</p> <p>El actual estudio es de tipo aplicada, pues deben llevarse a cabo una serie de actividades prácticas y técnicas.</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>El nivel de estudio del actual estudio es explicativo, debido a que esta se centra en determinar las relaciones acción-reacción de ciertos hechos. Las investigaciones de nivel explicativo son aquellas que posee relación causal; no sólo hostiga acercarse o describir a una problemática, sino que intenta hallar los principios del mismo..</p> <p>Diseño de la investigación</p> <p>El diseño de estudio empleado en este estudio fue el experimental, teniendo en cuenta una investigación metódica, práctica y crítica, donde la variable dependiente</p>



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 05 - 11 - 2024

1. Datos del autor (es):

Formulario with fields for author information: Nombres y Apellidos, Dirección, DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°, Teléfono, email, Facultad y/o Escuela de Posgrado, Escuela Profesional o Mención, Título o Grado Académico a optar, Asesor, Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones, Trabajo de Investigación, Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional, Trabajo Académico, Título, Palabras claves, ¿Esta obra se desarrolló en la UANCV 1, 2?



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22



05 - 11 - 2024

Firma de Autor

huella digital

Fecha