



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



**EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE
ARSÉNICO EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROCIO APAZA QUISPE

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

**EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE
ARSÉNICO EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROCIO APAZA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

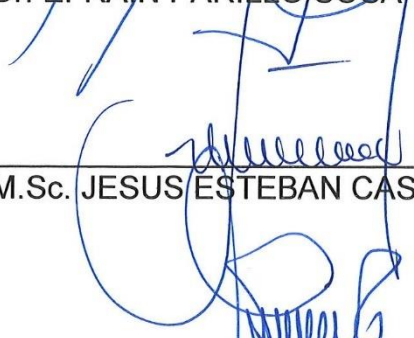
PRESIDENTE

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALVIDIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1884-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 19215 presentado por el (la) Bachiller: **ROCIO APAZA QUISPE** 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. **ROCIO APAZA QUISPE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA**, 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** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTICULO TERCERO . – APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **ROCIO APAZA QUISPE**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Lunes 30 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 10:00 horas
- * **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.

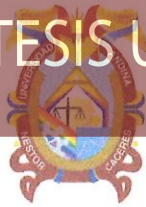


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1227-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 07 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 13876 por el señor (a): **ROCIO APAZA QUISPE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1136 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 080 - 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): **ROCIO APAZA QUISPE**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 080 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA**, 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): **ROCIO APAZA QUISPE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la**, **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. PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

cc.
Archivo
interesado (a)



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 839-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-09930, presentado el señor (a) **ROCIO APAZA QUISPE** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – N° 805 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 102-2024 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): **ROCIO APAZA QUISPE** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA**, 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° 102-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA**.

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): **ROCIO APAZA QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA** 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. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Eirain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



19% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Fuentes principales

- 16% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 17% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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


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



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ROCIO APAZA QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75503267
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-4526-6304
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/0000-0002-5101-4264
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE JULIACA Coordenadas: Latitud: -15.4962858 Longitud: -70.0919637 URL Maps: https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1xzQZxpYVVA1JA_vPRqvxDbJg-v14zRo&usp=sharing</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Diciembre 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 ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Maman Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ROCIO APAZA QUISPE, identificado con DNI
Nro. 75503267, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO
HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE JULIACA

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/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

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

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

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

Juliaca 20 de AGOSTO del 20 25

Firma del Asesor

Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo y toda mi vida a mis padres y hermanos por su aliento y el apoyo incondicional que me dieron mientras llevaba a cabo esta tesis.



AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento está dirigido a, los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca, por su asesoramiento, comprensión y guía constante me motivaron a alcanzar mi meta en mi formación profesional;, sus conocimientos y experiencias que compartieron conmigo contribuyeron e inspiraron en la elaboración de esta "tesis".

A los Ingenieros y Compañeros que colaboraron en este estudio con sus importantes puntos de vista y contribuciones en la ingeniería y diseño de plantas de tratamiento de agua potable, que actuaron como fuente de datos en esta labor y por su fe en la edificación de un mundo. cada vez más óptimo.

También agradezco a mis amigos y a las personas que han aportado de manera relevante tanto en este trabajo y como en mi vida.



ÍNDICE

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

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación de la investigación	3
1.4.1. Justificación	3
1.5. Hipótesis	4
1.5.1. Hipótesis general.....	4
1.6. Variables	4



1.6.1. Variable de caracterización.....	4
1.6.2. Variable de interés	4
1.7. Operacionalización de variables	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	6
2.1.3. Antecedentes locales.....	9
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Recursos mundiales de agua dulce.....	10
2.2.2. Arsénico.....	10
2.2.3. Química del arsénico	11
2.2.4. Presencia del arsénico	13
2.2.5. Arsénico en el mundo	14
2.2.6. Arsénico en el Perú	15
2.2.7. Clasificación del arsénico	16
2.2.8. Tecnologías de remoción del arsénico.....	18
2.2.9. Datos básicos de diseño.....	28
2.2.10. Periodo de diseño	28
2.2.11. Cálculo de población	29
2.2.12. Dotación	30
2.2.13. Variación del consumo.....	31



2.2.14. Caudal del diseño	31
2.2.15. Almacenamiento	32

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de la investigación	33
3.2. Enfoque cuantitativo	33
3.3. Nivel explicativo	33
3.4. Tipo de investigación	34
3.5. Población y muestra	34
3.5.1. Población	34
3.5.2. Muestra	34
3.6. Hipótesis	35
3.6.1. Hipótesis general	35
3.6.2. Hipótesis específicas	35
3.7. Método de investigación	35
3.8. Descripción general del área de estudio	36
3.8.1. Ubicación	36
3.9. Componentes de la planta de tratamiento	36

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y descripción del proyecto	38
4.1.1. Criterios de estructuración y diseño de la planta de tratamiento	38
4.1.2. Diseño del sistema de bombeo	40



4.1.3. Diseño de sistema de coagulación	48
4.1.4. Diseño de sistema de floculación	49
4.1.5. Diseño de decantador tronco cónico	51
4.1.6. Diseño de filtro de arena a presión	52
4.2. Discusión	54
4.2.1. Comprobación de la hipótesis	56
4.2.2. Prueba estadística para comprobar hipótesis.....	56
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	62



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	4
Tabla 2 Comparación de los parámetros característicos de tecnologías con membranas	24



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Formas y características alotrópicas del Arsénico: gris, amarillo y negro 12



RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar una planta de tratamiento de agua potable para la urbanización Santa Rosa de Ayabacas - Juliaca. Para ello, se llevó a cabo una respectiva evaluación de las muestras basándonos en las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua no tratada, donde el muestreo se realizó en el área de captación de pozo tubular de agua subterránea. Cabe señalar que dicha evaluación realizada a las muestras obtenidas del pozo fue ejecutada en el laboratorio, con el propósito de establecer las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua subterránea, así como un estudio de los valores de concentración de arsénico presentes en el agua, en efecto diseñar en base con los a los datos resultantes de estos. Diseñar una técnica eficiente para el sistema de suministro de agua para consumo, como resultado, el diseño se seleccionó teniendo en cuenta unidades las cuales vienen a ser: la tecnología encargada de recolectar y almacenar el agua no tratada (agua subterránea), Sistemas de extracción y traslado del líquido, Sistema de Coagulación donde se aplica una dosis de coagulantes como es el caso del Policloruro de aluminio, en el Sistema de Floculación (floculador tubular), Sistema en cargado de sedimentar las partículas en el cual se tiene al Decantador Troncocónico, el Sistema de Filtrado hallándose aquí el Filtro a Presión, métodos de desinfección, además se muestran los planos y dimensiones vinculados a los diversos tratamientos mencionados anteriormente. El sistema propuesto en este estudio posibilitará la eliminación de contaminantes hallados en el agua subterránea, respetando los valores máximos permitidos de agua apta para consumo humano, fijados por la OMS y a su vez el reglamento relacionado a la calidad del agua para consumo humano siendo este el DS N° 031 – 2010 – SA. Se concluye que esta propuesta expuesta ofrece una estrategia de reducción al problema del agua para consumo humano con presencia de altas concentraciones de arsénico, en particular en las aguas de los acuíferos situados en la Urb. Santa Rosa, ubicada en la localidad de Ayabacas.

Palabras claves: agua potable, planta de tratamiento, remoción



ABSTRACT

The objective of the research was to design a drinking water treatment plant for the Santa Rosa de Ayabacas - Juliaca urbanization. For this, a respective evaluation of the samples was carried out based on the physicochemical and microbiological characteristics of the untreated water, where the sampling was performed in the groundwater tubular well catchment area. It should be noted that the evaluation of the samples obtained from the well was carried out in the laboratory, with the purpose of establishing the physical, chemical and bacteriological properties of the groundwater, as well as a study of the arsenic concentration values present in the water, in effect designing based on the resulting data. To design an efficient technique for the drinking water supply system, as a result, the design was selected taking into account units which come to be: the technology in charge of collecting and storing the untreated water (groundwater), Systems of extraction and transfer of the liquid, Coagulation System where a dose of coagulants is applied as is the case of Aluminum Polychloride, in the Flocculation System (tubular flocculator), System in charge of sedimenting the particles in which we have the Tronconical Decanter, the Filtering System where the Pressure Filter is found here, disinfection methods, in addition the plans and dimensions linked to the different treatments mentioned above are shown. The system proposed in this study will enable the elimination of contaminants found in groundwater, respecting the maximum permitted values of water suitable for human consumption, set by the WHO and in turn the regulation related to the quality of water for human consumption being the DS No. 031 - 2010 - SA. It is concluded that this proposal offers a strategy to reduce the problem of water for human consumption with high concentrations of arsenic, particularly in the waters of the aquifers located in Santa Rosa, located in the town of Ayabacas.

Keywords: drinking water, treatment plant, removal



INTRODUCCIÓN

El agua está considerado como un líquido esencial, dado que es imprescindible e imprescindible a fin de conservar la vida del ser humano y a su vez viene a ser un elemento crucial para la realización o desarrollo de las tareas diarias, domésticas, industriales, pecuarias y agrícolas.

Históricamente, Perú, en compañía de Francia, Alemania, China, México y la antigua Unión Soviética, es conocido y considerado como uno de los mayores comercializadores de arsénico a nivel global, empleado en su mayor parte en la elaboración de insecticidas y plaguicidas. Siendo considerado como el líder global en la explotación de metales blandos los cuales vienen a ser oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu); por lo que, se a estimado que cerca de 1,6 millones de individuos en el país residen en zonas situadas alrededor de 5 kilómetros de actividades mineras en funcionamiento o atemporales. Además, en Perú principalmente las fuentes naturales de arsénico están localizados en los almacenes de cobre (Cu), zinc (Zn) y plomo (Pb) donde estos presentan enargita. En contraste, La exposición de arsénico mediante la ingesta de agua ya sean en concentraciones moderados o elevados ($>50 \mu\text{g} /\text{L}$) están vinculadas con un acrecentamiento del riesgo de presentar cáncer de pulmón, vejiga y epidermis, además de múltiples afecciones tanto en el corazón y los vasos que constituyen el sistema cardiovascular, como también puede haber afeccionen neurológicas, lesiones cutáneas y respiratorias, y con una progresión en el deceso de individuos como resultado de lo mencionado. El contacto constante con arsénico también está relacionado con deficiencias en el desarrollo cognitivo y motor de los infantes

El análisis efectuado en esta tesis da a conocer la evaluación de los niveles presentes de arsénico en las fuentes subterráneas, y propone una opción a fin de



que el agua no tratada con presencia de arsénico sea sometida a un método que remueva o elimine este contaminante, con el propósito de que este líquido sea adecuado para el consumo humano. Por ende, este estudio se divide en seis principales capítulos, luego se detalla de forma resumida el argumento de cada uno de ellos.

Para empezar, el capítulo uno aborda el "Problema" y a su vez se detalla la problemática que se presenta en los sistemas o plantas encargadas del tratamiento del agua, así como también se da a conocer carencia de agua designada para consumo de los residentes del Distrito de Juliaca.

En el capítulo dos expongo las referencias de los estudios llevados a cabo por diferentes autores, luego se muestran los conceptos teóricos que se relacionan al arsénico.

El capítulo tres detallamos los procedimientos, método de investigación y se realizan las descripciones relacionadas a las propiedades del sistema de tratamiento de agua teniendo como objeto remover arsénico.

Por último, en el capítulo cuatro expongo el análisis y discusión de resultados adquiridos a lo largo del progreso de esta tesis, así como también se da a conocer los hallazgos generales del estudio.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Hoy en día, la problemática presente en el distrito de Juliaca se debe a una escasez en la provisión de agua apta para consumo para sus habitantes, una dotación deficiente que se vincula también con el incremento demográfico. Esto provoca que la población recurra a utilizar pozos tubulares, pozos de caison, entre otros métodos artesanales para obtener este líquido vital, con el fin de satisfacer su necesidad de falta agua para consumo, y en donde los pobladores no tienen en conocimiento lo que implica consumir aguas contaminadas con metales tales como el arsénico u otros contaminantes.

Al mismo tiempo, es relevante acentuar que la mayor parte de los residentes distrito de Juliaca obtienen o se abastecen de agua a través de la recolección de fuentes de origen subterráneo. Donde el abastecimiento con este tipo de agua no incluye un sistema de purificación del agua no tratada, y siendo consumida directamente por la población, frecuentemente presentando niveles preocupantes de arsénico que exceden los límites máximos permitidos por diversas instituciones como la Organización Mundial de la Salud que tiene establecido una rango promedio del contenido de arsénico en el agua; a su vez se toma en cuenta el



reglamento de calidad del agua para consumo humano – DS N. ° 031 – 2010 – SA, lo cual vienen provocando así afecciones digestivas en los residentes del distrito.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo disminuir los niveles de contaminación debido a la presencia de arsénico en el agua subterránea destinada al consumo humano?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es la calidad del agua de captación en los distintos sistemas de suministro de agua para consumo humano?
2. ¿Cuál es la calidad del agua distribuida a la población de Juliaca, de acuerdo con las normativas nacionales de calidad de agua?
3. ¿Cuál será el diseño de la planta Piloto de tratamiento con un caudal de $Q = 2$ l/s, a fin de disminuir la contaminación por arsénico en el agua captada?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Disminuir los niveles de contaminación debido a la presencia de arsénico en el agua subterránea destinada al consumo humano.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Examinar la calidad del agua de captación de los distintos sistemas de suministro de agua para consumo humano.
2. Analizar la calidad del agua distribuida a la población de Juliaca, de acuerdo con las normativas nacionales de calidad de agua.



3. Proponer el diseño de una planta piloto de tratamiento con un caudal de $Q=2$ l/s, a fin de disminuir la contaminación por arsénico en el agua captada

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación

La evidente demanda de agua potable en los habitantes del distrito de Juliaca y la total desidia del gobierno local, regional y nacional al enfrentar como desafío del suministro de este servicio primordial a la población.

El perfil toxicológico del arsénico (As) viene a ser intrincada, ya que se basa en criterio de exposición, la condición de número de electrones y la versión química que generalmente se encuentra combinada con otros elementos teniendo así al compuesto inorgánico y orgánico. Asimismo, es importante recalcar que el arsénico inorgánico causa la mayor parte de las intoxicaciones en humanos.

El aspecto económico es crucial al momento de realizar proyectos, dado que el líquido vital es un componente fundamental en la conservación de los organismos bióticos y de la esencia humana; por lo que, es fundamental que la población tenga acceso al servicio primordial como es la dotación de agua adecuada para consumo humano, es decir agua potable. Además de proporcionar bienestar e infraestructuras a la comunidad, la ingeniería civil tiene la responsabilidad de supervisar y preservar el balance en el ecosistema, manteniendo el ciclo que se amerita seguir a manera que los recursos ya utilizados sepan ser reutilizados, restaurándolos en un estado ya preservado y sin perjudicarlas, libre de las materias orgánicas, resultado de la desintegración. Ello se llega a obtener mediante la realización de investigaciones adecuadas de planificación, diseño y gestión ambiental, desarrollo progresivo de los recursos hídrico, edificaciones, servicios y similares infraestructuras. Los planes correctamente diseñados implícitamente son



proyectos financieros, ya que reducen la necesidad de realizar reparaciones u otras que generan costos debido a diseños y/o procesos inadecuados.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El nivel de arsénico si provoca efectos perjudiciales debido a su elevada concentración.

1.6. Variables

1.6.1. Variable de caracterización

Concentración de arsénico en agua.

1.6.2. Variable de interés

Posibles Efectos sobre la salud.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA
Caracterización	Parámetros fisicoquímicos e inorgánicos	Temperatura	°C	Diseño de investigación No Experimental
Concentración de arsénico en agua		pH arsénico	und. pH mg/L	
Interés	Posibles efectos a la salud	Diferentes enfermedades		Tipo de investigación Básica
Efectos sobre la salud			Enfoque cuantitativo	



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Cárdenas (2020), exhibe su texto denominado "Diagnóstico y Evaluación del agua subterránea que abastece a la Comunidad de la Vereda el Tablón Municipio de Santa Rosa de Viterbo", donde se trazó como objetivo primordial una evaluación situacional acerca del acuífero con la que llegan a abastecer la población de la Vereda el Tablón, Colombia. Asimismo, indica que se suministra agua a la población de una fuente captada que viene a ser un pozo subterráneo y almacenado, el cual se distribuye a 34 usuarios los cuales representan a la población de estudio por lo que se realizó el muestreo a 12 usuarios. Como resultado obtuvo que las características físico químicas del agua no sobrepasan los LMP excepto el parámetro de pH y turbiedad, seguidamente muestra sus resultados promedio: 2.94 mg/L, 6.99 mg/L, 15.86 UPC, 59.6 μ S/cm, 18.36 mg/L, 0.05 mg, 0.018 mg/L, 5.18 und. ph, 3.83 mg/L, 3.83 mg/L, 7.05 UNT equivalentes a los parámetros de alcalinidad, cloruros, color, conductividad, dureza total, fosfatos, hierro, nitritos, olor aceptable, pH, sulfatos y turbiedad, en el orden dado, en cambio la concentración



de los parámetros microbiológicos excede los LMP siendo: 2200 UFC/100 mL, 1600 UFC/100 mL valores que representan el contenido de coliformes totales y Escherichia Coli, en el orden dado. Infiriendo que las aguas para consumo humano pueden al ser expuestas a actividades agropecuarias se llegan a contaminar (Cárdenas, 2020).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Respecto a la realización de este estudio, se han considerado los siguientes trabajos de tesis previamente realizados:

Destéfano (2011) desarrollo su tesis que se titula: **DISEÑO PRELIMINAR DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN LOS DISTRITOS DE ANDAHUAYLAS, SAN JERÓNIMO Y TALAVERA DE LA REYNA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGIÓN APURÍMAC**. Donde su estudio se basó técnicamente en investigaciones ejecutadas por profesionales de ingeniería de origen peruano, así como de otros lugares de Latinoamérica, siendo los que corroboran la técnica que posibilita la edificación de plantas simplificadas, disminuyendo significativamente el coste del número de tubos y válvulas que se llegan a necesitar, obteniéndolos a un precio por debajo de lo estimado y en zonas limitadas, cuyo funcionamiento y mantenimiento, es más asequible que el de las plantas tradicionales.

Por tanto, en la actualidad el tratamiento del agua debe ser explicado mediante la evaluación de sucesos o incidentes que llegan a suceder al añadir sustancias químicas que tengan con objeto tratar el agua en las plantas o instalaciones encargadas de la depuración de este líquido, tal es el caso del aprendizaje óptimo del proceso de la coagulación-floculación el cual se refiere a lo que sucede en el momento que al agua turbia se le añade un coagulante, tomando



en consideración la velocidad de reacción química en los compuestos. Por otra parte, han logrado reducir considerablemente los coagulantes, a la par favorece la mezcla completa en un punto apropiado y al tener en cuenta el periodo necesario que requiere un reactor para tratar un volumen específico; se ha conseguido crear compartimentos con variados gradientes de velocidad en los floculadores. La implementación de placas o celdas flexionadas en el sedimentador facilita la reducción de las áreas y periodos de detención en estos sistemas.

Los autores Montesinos & Guevara (2019), en su investigación titulada:

“COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS RAOS Y COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA CIUDAD DE CALCA” , el propósito fue el análisis de contrastación acorde a la eficacia relacionada al empleo del método RAOS y del método de Coagulación – Floculación a fin de remover el arsénico presente en el agua potable que se suministra a los residentes de la Ciudad de Calca, ubicada en la provincia Calca, Cusco. Esto se realizó evaluando la fuente conocida como manantial de ladera denominado Ayaccaca, que actualmente sus propiedades no llegan a satisfacer los estándares mínimos de calidad requeridos por el Reglamento DS N° 031-2010-SA, ya que registran una concentración 0.053mg/L de As, siendo este un valor que sobrepasa los LMP dado a 0.01mg/L As. Dicho texto, incluye el estudio de eficiencia de estos dos procedimientos; además llegan a mostrar los ensayos, coagulantes y estudios empleados a estos dos procedimientos a fin de comprobar su eficacia en términos de costo, largo plazo, nivel de eliminación y utilidad de los mismos. En el primer procedimiento, se emplearon coagulantes tales como FeCl_3 y $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en concentraciones que oscilaban entre 20 y 50 mg por Litro, alcanzando eliminar hasta el 99% al agregar 50 mg/L de FeCl_3 .



Caminati & Caqui (2013) en su investigación que se titula

TESIS: “ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU DISTRIBUCIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE PIURA”

Cuyo aporte fue:

Mediante las indagaciones acerca del agua de mesa, de los cuales revelaron que el líquido con el que abastece en la actualidad la institución de estudios superior, exceden los valores Máximos Permitidos (LMP) de calidad establecidos en el reglamento D. S. N° 031-2010-SA; esto indica que el estado crítico del agua “Spring” se debe a las bacterias heterotróficas ya que estas están presentes en un alto contenido. Esto demuestra la ausencia de hábitos de higiene en el caso de lavar y llenar recipientes de almacenamiento, al igual que la falta de cuidados en el mantenimiento de barreras, membranas y recipientes de almacenaje. En consecuencia, resulta crucial que la universidad implemente específicas para remediar esta circunstancia y proporcionar un servicio superior en pro del bienestar de su personal.

En la ejecución de los estudios establecieron que el agua debe ser segura y apta para el consumo de la población debido a que este se suministra en la universidad, viene a ser un pozo; asimismo, en los servicios de higiene, en la irrigación, no satisface los valores permisibles de calidad establecidos en el Decreto Supremo No. 031-2010-SA. Esto supone un riesgo escondido en la institución universitaria ya que numerosas estudiantes, debido a la escasez de información, llegan a consumir dicha agua y podrían desarrollar algún tipo de afección. Por esta razón, se aconseja evaluar la opción de incrementar la capacidad de la planta de depuración sugerida para suministrar agua apta para el consumo humano a cada uno de los servicios necesarios, en especial a los servicios de higiene.



2.1.3. Antecedentes locales

Por otro lado, Pary & Mamani (2018) en su estudio ejecutado denominado:

REMOCIÓN DE ARSÉNICO (AS) EN AGUAS NATURALES POR PROCESOS DE OXIDACIÓN, FLOCULACIÓN, SEDIMENTACIÓN Y FILTRACIÓN, el objetivo consistió en una evaluación de la eliminación de Arsénico (As) presente en fuentes naturales a través de tratamiento de Oxidación, Floculación, Sedimentación y Filtración y cotejar con los LMP de acuerdo a las normativas nacionales relacionadas a la Calidad Ambiental del agua potable. Las muestras fueron tratadas mediante procedimientos que involucran la oxidación con FeCl_3 ; emplean cal artesanal en los métodos que floculan – sedimentan y en el método de filtrado en lecho de grava I.F; donde se realizaron comparaciones de los datos resultantes con los valores de arsénico establecidos en los LMP a través de la normativa nacional de Calidad Ambiental del agua. También da a conocer que el método de investigación fue de carácter explicativo y experimental, siendo ejecutada en el Laboratorio de Tecnología de Aguas de la UNA Puno, los autores tomaron en cuenta la condición ambiental de Hg obteniendo 460 mm, 3812 m.s.n.m. de altitud y una variación de temperatura que oscila en valores de 12 a 15 °C. Los resultados que obtuvieron sobre remover dicho metal, utilizaron FeCl_3 en el tratamiento de oxidación de As específicamente con un valor de 14,64 mg/L, en cambio para el tratamiento de floculación se manipuló 0,022 g/L de cal CaO de pureza del 52,52 % y en el tratamiento de floculación en columna de grava y arena IF, presentó un Q de 10,5 L/min; alcanzando remover arsénico (As) en un 93,75% en soluciones acuosas y en muestras tomadas en el río Ayaviri; infiriendo que la eliminación de arsénico alcanza concentraciones menores al rango establecido en los LMP



2.2. Bases teóricas

2.2.1. Recursos mundiales de agua dulce

El agua es considerado como el fluido más prevalente en todo el planeta, siendo este como un simbolo del recurso natural considerado como el mas esencial y el fundamento de toda representación de vida. Este representa cantidades mayores al 80% del organismo de la mayoría de los seres vivos e involucra la mayoría de los procesos del metabolismo que tiendeb a llevarse a cabo en los organismos vivientes. Requiere un rol crucial en la funcion clorofilica vegetal y proporciona un entorno a una amplia variabilidad de organismos bioticos.

A escala global, el agua representa el 75% de la totalidad de volumen del planeta, de los cuales cerca del 97% es agua salina, y el 3% restante viene a ser agua dulce, el cual es el liquido apto para el consumo humano. Por ultimo, de ese total, algo más de dos tercios están congelados situandose en glaciares y en los casquetes polares y en terrenos montañosos.

2.2.2. Arsénico

(Tapia, 2017) manifiesta que, este compuesto o elemento se encuentra frecuentemente en aguas, terrenos, rocas y en ecosistemas tanto acuáticos como terrestres. Su desplazamiento sucede a través de diferentes rutas, tales como procesos climáticos, emisiones de volcanes y actividades biológicas. La actividad humana también desempeña un papel fundamental en su liberación, en particular mediante la minería, el uso de hidrocarburos, pesticidas y desyerbantes. Por lo tanto, entidades como la Organización Mundial de la Salud han implementado normativas relacionadas a la reducción de los niveles de arsénico encontradas en



las aguas destinadas al abastecimiento de la población, con restricciones que varían entre 0,05 mg/LAs y 0,01 mg/LAs.

El arsénico viene a ser un componente natural que se halla en la capa más externa de la Tierra; el cual se encuentra extensamente disperso en todo el entorno, en otras palabras, se encuentra en los recursos naturales esenciales para la vida tales como el aire, el agua y suelo.

Como se ha venido expresando el arsénico con símbolo As, presente en su estado inorgánico, tiene un alto nivel de toxicidad.

Por tal motivo, la exposición a concentraciones elevadas de arsénico inorgánico podría atribuirse a múltiples factores, tales como el uso del recurso hídrico sin un tratamiento previo para utilizarlas en los alimentos, para el aporte de agua a los cultivos y para procesos de actividad industrial, además del consumo de tabaco y alimentos contaminados.

Asimismo, una larga exposición a este metal arsénico en su estado inorgánico, especialmente al consumir agua contaminada o no tratada o alimentos que hayan tenido contacto o expuestos a él, así como cultivos alimenticios enriquecidos con agua saturada en arsénico, llegarían a provocar efectos adversos. Alguno de los impactos más destacados son la cirugía de lesiones en la piel y el melanoma en la piel son algunos ejemplos.

2.2.3. Química del arsénico

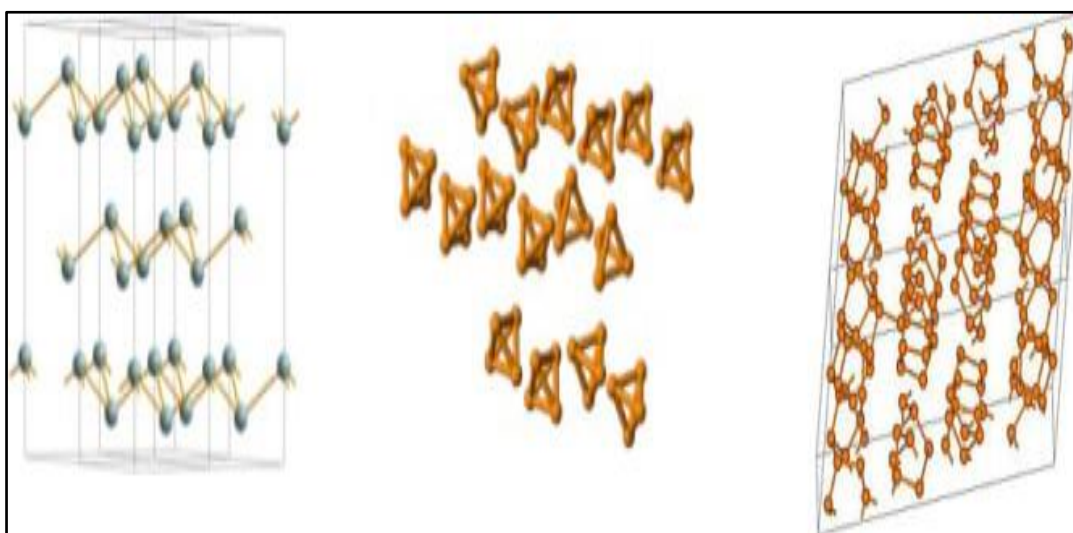
Tal como mencionan (Fiestas & Millones, 2019), en términos generales el arsénico viene a ser un elemento químico de símbolo As, se encuentra localizada en el sistema periódico cuyo número de protones (Z) es 33 y presenta una masa atómica de 74.922, este elemento se puede encontrar extensamente en el medio acuático (hidrosfera), ecosfera y atmósfera. Este también representa manto

terrestre con 5×10 teniendo un valor aproximadamente al 4%, siendo considerado como uno de los metaloides más frecuentemente presentes en todo el mundo, situándose dentro de los veinte más habituales. En este sentido, el As genera una variedad de compuestos inorgánicos a través de reacciones y fenómenos presentes, por ejemplo, los Hidruros: MH, MX, MO, MS y HX, además del metil y dimetilarsenico que vienen a ser compuestos orgánicos, que tienen la capacidad de producirse mediante procesos de modificación química (metilación biológica) realizados por microbiontes bajo circunstancias favorables (Vitela, 2011).

Cabe destacar que El proceso de oxidación y migración que atraviesas el arsénico están fundamentalmente moldeados por la reacción de oxidación y reducción (redox), tales como el potencial redox (Eh) y el potencial de hidrogeno (pH). del mismo modo, la crucial manera de extensión del arsénico en el entorno se realiza mediante el uso del agua y la presencia de este en las fuentes superficiales varia considerablemente y se basa en las propiedades de los diferentes depósitos de arsénico presentes en el medio ambiente (Caicedo & Fuentes, 2020).

Figura 1

Formas y características alotrópicas del Arsénico: gris, amarillo y negro





Nota. Se muestran las 3 formas del "Arsénico", el cual fue citado del texto de *Gasque* (2013)

2.2.4. Presencia del arsénico

El arsénico puede provenir de dos fuentes principales que son: de origen natural o de origen de actividad humana. Por lo que, las principales fuentes de As en entornos naturales se hallan en las rocas extrusivas, en particular los residuos del desgaste de la superficie y de las cenizas, sedimentos marinos, depósitos minerales hidrotermales y las aguas termales relacionadas, además de las fuentes de energía no renovables tales como el carbón y el petróleo, es decir los combustibles fósiles. Se presenta naturalmente como mineral de cobalto, aunque usualmente se hallan metales como el azufre, manganeso, hierro, cobalto, níquel, plata o estaño encontrándose junto a la superficie de las rocas.

El origen antropogénico del arsénico se asocia principalmente en operaciones como la minería y la eliminación de impurezas de metales en bruto mediante la técnica metalúrgica de fundición, donde el As halla en la emisión de gases o en la escoria, procesos electrolíticos que producen metales de excelente calidad como el cadmio (Cd) y el zinc (Zn), y en cantidades mínimas a la agricultura a causa del uso de pesticidas o herbicidas arsenicales orgánicos (Smith et al, 1999).

La existencia de arsénico en el líquido vital representa un riesgo para las comunidades cuyos recursos hídricos lo poseen, ya sea de manera natural o artificial, ya que restringe la utilización del recurso para el suministro a la población y otros usos, obstaculiza el desarrollo a nivel social, económico, así como también al uso sostenible del suelo y el progreso de las actividades de agricultura que sean sostenibles (Bundschuh et al, 2006).



2.2.5. *Arsénico en el mundo*

La polución del agua para consumo con arsénico es vista como un asunto global de salud pública. Tal como se sabe, existe esta exposición en naciones como en Asia los lugares que se encuentran expuestas a esta problemática son Taiwán, Bangladesh, China, Japón, India, Camboya, Nepal, Vietnam y Filipinas; en Europa se encuentra Finlandia, Mongolia; en Oceanía esta Nueva Zelanda; en América del sur se da en Argentina y Chile; y en América del norte los lugares con dicho problema son Estados Unidos y México.

Según la investigación, los países europeos más impactados son Hungría, Serbia y Croacia. tal es el caso de Hungría en donde, más de 1 millón de individuos consumen agua de mala calidad que excede los límites de contaminación establecidos por la ONU. De acuerdo con la OMS, se considera dañino el agua si posee más de 0.010 mg/L de arsénico. Al este de Europa, frecuentemente el líquido alberga 30 veces más su concentración de ese límite; pese a los daños a la salud provocados porque el agua presenta elevadas cantidades de arsénico, este dato solo desde el periodo 2009 las autoridades tienen la obligación frente a la ONU de acatar las medidas de salud que demandan niveles más reducidos de este elemento. Asimismo, Alemania también enfrenta peligros vinculados a la existencia de arsénico en el agua. No obstante, Hermann Dieter, jefe del Departamento de Toxicología del Ministerio Federal de Medio Ambiente, indica que "el peligro, por suerte, se restringe al norte de Baviera y al cercano Estado de Turingia". En Alemania, desde 1996, las compañías encargadas de tratar las aguas tienen la obligación legal de mantener los estándares de calidad del agua requeridos. La existencia de desechos arsénicos industriales representa uno de los principales



desafíos en naciones industrializadas como Alemania, donde las antiguas fábricas de tintes siguen representando un problema para sus residentes. Ese es el caso de una fábrica que cerró sus puertas en 1930 y en cuyos antiguos terrenos todavía persiste arsénico, 82 años después.

2.2.6. Arsénico en el Perú

En Perú, en sus diversos distritos el agua para consumo presenta una contaminación amplia por la presencia de arsénico, excediendo la guía y recomendación de los niveles de arsénico que se hallan en las aguas, siendo reguladas por la Organización Mundial de la Salud. El cual, representa un peligro para el bienestar público que necesita más estudios y mediadas. Para el caso de las muestras tomadas del acuífero, los datos obtenidos en el estudio manifiestan que el kit EQ se desempeñó bien respecto al nivel máximo de arsénico instituido por la OMS y, por ende, sería posible considerarla como una opción.

La OMS ha señalado que de las muestras tomadas del acuífero, el 86% (96/111) de estos superó el valor límite de presencia de el arsénico de $10 \mu\text{g} / \text{l}$ para el agua apta para consumo. En 56% (62/111) del muestreo, se excedió el límite de Bangladesh que viene a ser $50 \mu\text{g} / \text{l}$; mientras que la concentración promedio fue de $54,5 \mu\text{g} / \text{l}$ (intervalo: 0,1 - 93,1). Tal es el caso de Juliaca en sus distritos, los estudios de las muestras obtenidas del acuífero indican que el 96% (27/28) de estas muestran un nivel de arsénico que excede el rango límite señalado por la OMS; mientras que en las muestras de agua que se llegaron a tomar en la parte del río Rímac que fluía por Lima, dando a conocer que todas las muestras presentaban niveles de arsénico que superaban el límite establecido por la OMS. Al verificarse con resultados de laboratorio, el kit EQ detectó de manera adecuada la polución



por presencia de arsénico en relación con la directriz en un 95% (106/111) de agua subterránea y en un 68% (19/28) del muestreo del agua superficial.

2.2.7. Clasificación del arsénico

De acuerdo con múltiples investigaciones llevadas a cabo en EE.UU. (reservas de agua subterránea de Wisconsin), una de los principales recursos naturales de arsénico se hallan en las aguas subterráneas, lo cual podría estar relacionada con entornos geología-química que necesitan la existencia de pirita o disulfuro de hierro (II) y arsenopirita con formula química $FeAsS$ junto con sus elementos minerales y medios reductores. Por ende, en este tipo de entorno, la movilización del arsénico inorgánico se realiza en forma de trióxido de arsénico (As_2O_3).

Además, una investigación hidrogeológica también sugiere un origen parecido de la presencia de arsénico en múltiples zonas de España; cuando las capas de pirita existentes en los pozos subterráneos interactúan con el oxígeno y, al bombear el agua dentro del pozo, este contaminante se llega a solubilizar.

El agua de los acuíferos se ven expuestas a grandes presiones y temperaturas debido a las elevadas presiones y temperaturas, llegan a ocasionar la carencia de oxígeno en este y que permita la integración de arsénico en el agua subterránea.

Además, está presente en productos marinos tales como el crustáceo y el caracol, esto se da gracias al plancton que acumula el arsénico en él.

La existencia de arsénico presente en los acuíferos igualmente llega a atribuirse al uso excesivo e incontrolado de productos vinculados con actividades derivadas de la agricultura, cultivo de plantas y remoción de malas hierbas, tales como el fungicida, insecticida y pesticidas en general. Numerosos de



estos productos químicos están elaborados con compuestos tóxicos, en este caso poseen arsénico, ya que su uso está recomendado para eliminar diversas plagas que se pueden llegar a presentar.

Desde una perspectiva biológica y toxicológica, los compuestos significativos de arsénico se clasifican en tres categorías, las cuales se detallarán seguidamente:

I. **Arsenicales Inorgánicos:**

- Trióxido de arsénico (As_2O_3).
- Arsenitos.
- Pentaóxido de arsénico (As_2O_5).
- Acido arsénico.
- Acido arsenioso.
- Arsenatos.

II. **Arsenicales Inorgánicos.**

- Arsénico Gaseoso:

Se encuentra nombrado como arsina de símbolo AsH_3 , a su vez es llamado como arsemina, arsenamina y arseniuro de hidrógeno. En donde la arsenamina vienen a ser gas blanco con un aroma persistente y toxico, con un punto de licuefacción y un punto de ebullición de $-113.5^{\circ}C$ y $-55^{\circ}C$, respectivamente. En contraste con el amoníaco, esta solución no es alcalina; por lo que se llega a descomponer en arsénico e hidrógeno debido al calentamiento.

El caso de intoxicación crónica por arsenamina se distingue en su mayor parte por su potente efecto hemolítico, incluso en niveles muy bajos, donde una cantidad de 250 ppm puede resultar letal. Además, provoca hepatitis y nefritis hemorrágica, así como necrosis tubular renal.



2.2.8. Tecnologías de remoción del arsénico

El agua de consumo humano con presencia de arsénico llega a ser una problemática persistente, el cual impacta a millones de individuos a nivel global, especialmente a aquellos con escasos recursos financieros y ubicados fuera de las zonas urbanas. Frente a este problema a nivel local y global, se volvió esencial brindar distintas formas o estrategias para la eliminar y/o reducir la concentración de As presente en las fuentes de aguas. Por esta razón, se crearon diversos métodos para la remoción del As del agua.

La selección de una tecnología apropiada para una circunstancia concreta, se basa en diversos criterios, por lo que es indispensable realizar una evaluación de la factibilidad técnica, inicialmente, y luego la factibilidad socioeconómica y las demandas medioambientales de la región.

Desde una perspectiva técnica, las propiedades físicas - químicas y biológicas de las fuentes de agua y de los recursos existentes en la zona son un elemento crucial para seleccionar el método o técnica de eliminación más adecuado. La elección del procedimiento estará fuertemente influenciada por el proceso de cuantificación de las diferentes formas del arsénico, la estructura química del agua, el potencial de un electrodo, la dureza, la existencia de sílice, sulfatos, fosfatos, hierro y otras sustancias químicas, los volúmenes a tratar y el nivel de complejidad que se pueda implementar. Además, es importante considerar la gestión y destino final de los desechos producidos (Iberoarsen 2008).

En cambio, desde la perspectiva socioeconómica, es ineludible considerar el tipo de comunidad donde se implementará la tecnología, su posición en relación a los núcleos de población, recursos financieros, número de residentes, presencia de

afecciones crónicas, escasez de agua potable, calidad de vida, extrema pobreza, además de un sinnúmero de factores de orden cultural y política que tienen un cometido crucial al momento de aplicar tecnologías innovadoras.

En la actualidad, existen aproximadamente 14 tecnologías para la remoción del arsénico (As), los cuales están categorizadas como convencionales y emergentes, presentando eficiencias que oscilan entre el 70% y el 99% y, por lo general, son tecnologías que se caracterizan por abarcar áreas urbanas. Se realiza una explicación breve de las tecnologías más relevantes, tanto convencionales como emergentes, dejando para el Capítulo 3 el progreso detallado del método técnico de la Coagulación-Filtrado.

2.2.8.1. Tecnologías convencionales.

Se conocen como tecnologías convencionales a aquellas tecnologías que remueven o eliminan de arsénico (As) basándose en los procesos químicos elementales que se aplican de manera simultánea, sucesiva o autónoma. Algunas de estas tecnologías incluyen: método redox, precipitación, coagulación-adsorción, suavización con cal, procedimientos de membrana e intercambio de iones.

❖ ÓXIDO-REDUCCIÓN.

La mayoría de las técnicas para eliminar As resultan eficaces cuando el elemento se encuentra en la condición pentavalente, ya que la forma trivalente no tiene carga a un pH inferior a 9.2. Por esta razón, los componentes arsenicados necesitan oxidarse de manera anticipada. No obstante, es importante tener en cuenta que la oxidación, sin la intervención de otros procedimientos ya sean físicos o químicos, no elimina el As presente en el agua, debido a lo cual se utilizan las reacciones redox como un pretratamiento.



El arsenito tiene la capacidad de ser oxidado directamente por diversos compuestos químicos, incluyendo cloro gaseoso (Cl_2), el hipoclorito (ClO^-), el ozono (O_3), el permanganato (KMnO_4), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), los óxidos de manganeso y el reactivo de Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$). En el caso del cloro este se caracteriza por ser un oxidante veloz y eficaz, sin embargo, llega a provocar reacciones con el material orgánico, generando residuos de líquidos volátiles o llamados también como trihalometanos tóxicos. Mientras que, en Europa y Estados Unidos, el uso de ozono en sustitución del cloro está en aumento. El permanganato de potasio de fórmula KMnO_4 , viene a ser un oxidante eficaz del arsenito y se encuentra a menudo disponible en los estados en vías de desarrollo. Por otro lado, el agua oxigenada es capaz de funcionar como un oxidante eficaz en caso de que el agua posea grandes cantidades de hierro disuelto, situación que suele suceder junto con la contaminación por exposición prolongada al arsénico; en este caso, se generan reacciones del proceso Fenton (Iberoarsen, 2008).

En términos generales, la óxido- reducción (reacciones redox) presenta los siguientes beneficios e inconvenientes:

- 1. Ventajas:** este tipo de tratamiento tiene ventajas al ser relativamente sencilla, al tener un costo reducido, oxidar otras sustancias inorgánicas y constituyentes orgánicos, elimina microorganismos, proceso veloz, mínimos residuos.
- 2. Desventajas:** esencialmente remueve As (V), para un control eficaz del pH y del proceso de oxidación, demanda procesos adicionales (Dinesh Mohan y Charles Pittman Jr, 2007).

❖ PRECIPITACIÓN.

Este procedimiento utiliza la cualidad insoluble de algunos compuestos arsenicales inorgánicos, tales como el sulfuro de As (III), el arseniato de calcio y



el arseniato férrico. La capacidad de solubilidad de los diferentes materiales depende considerablemente de la forma, el pH y otros factores.

Seguidamente, se explica el procedimiento de ciertos compuestos para conseguir precipitar ciertos compuestos y las reacciones respectivas al arsenico.

- Sulfuro de arsénico, As_2S_3
- Compuestos de arseniato de calcio
- Sales de magnesio
- Arseniato Férrico
- Sales Ferrosas

1. **Ventajas:** relativamente sencillo, elimina microorganismos, proceso veloz, intensifica el proceso de oxidación.
2. **Desventajas:** precio de sustancias químicas que precipitan, produce desechos, control eficaz del pH, puede haber removilización del arsénico (Dinesh Mohan y Charles Pittman Jr, 2007).

❖ COAGULACIÓN- FILTRACIÓN.

En este método de tratamiento, el material en suspensión o en forma coloidal se convierte en partículas que se sedimentan debido a la gravedad o que pueden ser filtradas. Por lo que, el objetivo principal de la coagulación es modificar la carga superficial de los coloides de tal forma que puedan adherirse entre sí.

Asimismo, este proceso es el más habitual al ser empleado para eliminar As, particularmente eficaz para As(V), que se retien en los flóculos coagulados y llega ser eliminado mediante el proceso de filtrado. Posteriormente, esta tecnología se detallará con mayor claridad y mayor detalle pormenorizadamente.



❖ ABLANDAMIENTO CON CAL.

Se trata de un procedimiento que implica la conversión de piedra caliza en adición de agua y ácido carbónico a fin de generar carbonato de calcio; este compuesto adsorbe a su vez el As, y el proceso prosigue mediante la coagulación. El procedimiento se utiliza comúnmente para el tratamiento de aguas muy duras y muestra una alta eficacia. Los inconvenientes incluyen un pH elevado en las aguas derivadas (10-12) y la necesidad de porciones elevadas de coagulante. No obstante, resulta complicado reducir el As a mínimos niveles, especialmente menores a 1 mg/L, y podría requerir un método adicional para ser tratadas. La suavización con cal resulta más eficaz en el momento en que el pH es elevado (> 10,5). El cloro se emplea para convertir arsenito en arseniato.

En sección se da a conocer los siguientes son los beneficios y limitaciones del tratamiento:

1. **Ventajas:** Los compuestos químicos están a disposición comercial.
2. **Desventajas:** produce barriles tóxicos como desechos (Dinesh Mohan y Charles Pittman Jr, 2007).

❖ Osmosis Inversa:

Es un procedimiento en donde se replica los sucesos diarios en los organismos vivos mediante sus bicapas lipídicas. En este caso si el agua pura se sitúa en un contenedor de almacenamiento y en otra parte del mismo se dispone una solución salina, separando ambas soluciones a través de una membrana selectivamente permeable apropiada, se generará un flujo natural del agua pura mediante la membrana en virtud a la variación en los potenciales químicos de



ambas soluciones. Por ende, el flujo de agua disminuye la solución de sal, buscando que ambas soluciones lleguen a balancear los potenciales químicos. asimismo, dicho procedimiento se denomina ósmosis y la presión producida por la elevación de la columna hidrostática en el compartimento de la solución concentrada se llama presión osmótica.

A pesar de que las membranas selectivamente permeables perfectas poseen la propiedad de permitir el paso del agua a causa de la carga generada por la presión coloidosmótica, estas representan un obstáculo que evita que las sales que se hallan disueltas en el segundo compartimento se desplacen mediante las membranas, lo que conduce a que el agua pura del otro espacio se mantenga sin contaminación.

Mediante el uso de membranas semipermeables apropiadas, se puede revertir el desarrollo de osmosis natural. Para que esto suceda, será imprescindible ejercer una presión adicional superior a la presión coloidosmótica natural de dicha solución saturada en sales. Así, se cambia el rumbo del flujo a partir de la membrana, forzando a que el disolvente de la solución salina se traslade al recipiente de la solución diluida.

Como se observa en la Tabla 3 se lleva a cabo un contraste de los parámetros propios de los tipos de membranas empleados en las diversas tecnologías citadas anteriormente.

Las membranas suelen tener espesor que oscilan entre 5 y 20 Å, y la presión que se emplea tiene que exceder la presión osmótica de la solución salina que se ha llegado a considerar. Mayormente, esta presión oscila en valores de 10 y 20 bares.

1. **Ventajas:** presenta una elevada eficacia en la eliminación del As (> al 95%), especialmente eficaz para eliminar otros compuestos y los sólidos disueltos totales, el equipo es de compactación y mecanizado, produce desechos sólidos no tóxicos.
2. **Desventajas:** se generan elevados gastos en mantenimiento y funcionamiento, tecnología avanzada, produce descargas de concentrado de agua, requiere un pre-tratamiento, dificultades al manejar aguas que poseen una salinidad alta, y es necesario tratar grandes cantidades de agua en bruto.

Tabla 2

Comparación de los parámetros característicos de tecnologías con membranas

Membrana	Rechaza			Sólidos suspendidos	Presión de operación promedio (bar)
	monovalentes	multivalentes	orgánicos		
Microfiltración	No	No	Parcial	Si	3
ultrafiltración	No	No	Si	Si	7
Nanofiltración	Poco	Si	Si	Si	3 a 10
Osmosis inversa	Si	Si	Si	Si	10 a 20

Fuente: D'Ambrossio, 2005.

2.2.8.2. Tecnologías emergentes.

Las tecnologías emergentes se conocen también como opciones o innovadoras para remover concentraciones de arsénico As, las cuales objetivan a reducir los gastos de inversión, funcionamiento y mantenimiento utilizando tecnología asequible. En ocasiones, estos procedimientos son simplemente una modificación de los métodos que ya existen, como por ejemplo el método de la



coagulación, la filtración o la adsorción, utilizando materiales bastante económicos. Normalmente, estos procedimientos se aplican en el hogar para proporcionar agua segura a la familia o a la comunidad.

En el marco de las tecnologías emergentes se incluyen técnicas aplicadas en lugares que han sido contaminados a fin de reducir los contaminantes (remediación in-situ), el uso de materiales geológicos como adsorbentes naturales, técnicas biológicas, tecnologías fotoquímicas, entre otras.

❖ REMEDIACIÓN IN-SITU.

Esta técnica ofrece costos operativos más bajos debido a que la remediación se realiza en el sitio contaminado; para ello, se emplean barreras permeables reactivas que vienen a ser paredes construidas bajo superficie del terreno, y áreas reactivas como métodos altamente eficaces para la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, especialmente los de aguas de acuíferos. asimismo, los materiales que incluyen óxidos de hierro pueden emplearse como barreras pasivas reactivas e igualmente como los materiales aproximadamente asequibles que contienen altas concentraciones de hierro (Fe) y aluminio (Al). Un material que ha demostrado una mayor eficacia en la eliminación de arsenito y arseniato es el hierro cerovalente (ZVI), al eliminar arsenito y arseniato de aguas contaminadas, llegando a niveles constantemente bajo el límite de 0,01 mg/L el cual fue instituido por la Organización Mundial de la Salud (Iberoarsen 2010).

❖ MATERIALES GEOLÓGICOS COMO ADSORBENTES NATURALES.

El proceso de incorporar óxidos minerales en pequeñas cantidades de agua a fin de inmovilizar el arsénico (As) podría llegar a ser factible para las naciones



con bajos niveles de industrialización. Además de eso se han estudiado varios minerales y suelos, entre ellos un oxisol con alto contenido de aluminio y hierro, gibbsita, y especies de minerales con alto contenido de manganeso y hierro, junto con distintos materiales incluyendo el quitosano.

Laterita, un terreno ácido formado por óxidos de hierro y aluminio, con cantidades reducidas de manganeso y titanio, ha demostrado ser un material económico y prometedor para elevadas concentraciones de As en el agua para consumo.

❖ MÉTODOS BIOLÓGICOS.

El conocimiento relacionado al potencial para eliminar biológicamente el As del agua mediante este tipo de método viene a ser escasa. La bioadsorción, que implica la adsorción del contaminante a través de una biomasa o biofilme de seres vivos o en descomposición, así como las algas, bacterias, plantas acuáticas u organismos vegetales y polímeros biobasados, podría ser utilizada de manera eficaz en la eliminación de As, tanto del As (III) como del As (V), dado que tienen la capacidad de ser adsorbidos y depositados en flóculos biológicos creados por las bacterias de hierro (Iberoarasan 2010).

Según (Vidoni et al, 2010), también se posee experiencia en plantas a escala real. Hay evidencia que sugiere que los procesos de bio-eliminación de hierro y manganeso contribuyen a la eliminación de sales de arsénico. Tal como menciona Fernández Cirelli (2002) una planta en Camboya (90 m³/h) a la que su agua cruda tiene 10 mg/L, 1 mg, 0,300 mg/L y 6.5 los cuales son cantidades presentes de hierro (Fe), manganeso (Mn), arsénico (As) y pH, en el orden mencionado. Tras una rápida aeración y filtrado, el agua después de ser airada



contiene 0,1 mg/L de hierro, Manganeseo tiene un valor de 0,3 mg/L y por último el arsénico con 0,005 mg/L.

Paralelamente, la fitorremediación es considerada como una tecnología ecológica e innovadora, que se fundamenta en la utilización de plantas con la finalidad de disminuir o eliminar in situ los niveles de contenido o riesgo de contaminantes ya sean orgánicos e inorgánicos en los recursos vitales tales como los suelos, sedimentos, agua y aire. Esto se logra mediante procesos bioquímicos efectuados por las plantas y los microorganismos vinculados a la rizosfera, los cuales llevan a la disminución, transformación de la materia orgánica, degradación, sublimación del contaminante.

Este método principalmente se fundamenta en las interacciones entre plantas, suelo, agua y microorganismos. Sus principales beneficios incluyen los costes de implementación, al ser un tratamiento técnico sencillo, es menos dañino y conserva la condición natural del entorno, lo que la hace muy apreciada por la población.

Dentro de los inconvenientes de este procedimiento se encuentran: que la raíz de la planta se contamina con arsénico y se convierten en un desecho tras el tratamiento, este es un proceso bastante pausado, que depende de la temporada estacional, ya que el desarrollo vegetal puede verse restringido por las extremidades de la toxicidad ambiental en la zona, así como la solubilidad de ciertos contaminantes puede aumentar, lo que podría ocasionar un daño ambiental o la propagación de contaminantes.

❖ **TECNOLOGÍAS FOTOQUÍMICAS.**

Este tipo de tecnología se caracterizan por ser muy asequibles que tienen como base remover las concentraciones de As presentes en al agua

cruda mediante la utilización de la luz solar, frecuente son empleadas en numerosos territorios en el que la problemática del As es grave. por ende, uno de los beneficios de estas tecnologías es su coste reducido de implementación y conservación, de la misma manera, al ser tecnologías sencillas, su funcionamiento también es sencillo, facilitando de esta manera su acceso a sitios remotos. se tiene Experiencias de éxito en el empleo de esta técnica tal como es el, caso ocurrido en Asia en lugares como la India, Bangladesh, Nicaragua, Perú, Chile y Argentina. Así como también esta es una de las tecnologías más reconocidas es la SORAS.

2.2.9. Datos básicos de diseño

Es la etapa crucial en cualquier proyecto de ingeniería estructural que establece las medidas concretas de las construcciones a diseñar. Para ello, es necesario determinar con precisión la población presente, la población venidera y el periodo de diseño de la obra.

En el caso de un sistema de suministro de agua se compone de una serie de estructuras con particularidades distintivas, las cuales serán diseñadas en función del papel que desempeñan dentro del sistema.

2.2.10. Periodo de diseño

Los datos de periodo de diseño basadas en la ingeniería se refieren al lapso de tiempo que separa la puesta en marcha del trabajo y el instante en que, debido la fatiga de los materiales o a la incapacidad para proporcionar un servicio eficaz, se termina la vida útil sin alcanzar las condiciones de operación ideales.

Concretizando que el periodo de diseño se diferencia de la duración de los distintos componentes que conforman un sistema, lo que requiere entender la planificación, financiación y edificación, seguida de un período de servicio eficaz.

2.2.11. Cálculo de población

Para llevar a cabo un proyecto de suministro de agua para consumo a la población, es imprescindible establecer la población proyectada de la ciudad, basándose en datos del censo. Sin embargo, en este escenario no se cuentan datos del censo, en razón de lo cual se utilizan los datos de las entrevistas efectuadas a los residentes y el índice de incremento de la poblacional. Asimismo, se puede llegar a utilizar diferentes métodos para el calculo de poblaciones futuras las cuales se mencionan a continuación:

- ❖ El Método Aritmético consiste en un cálculo sencillo, la fórmula de este de muestra a continuación:

$$Pf = Po \left(1 + i \times \frac{t}{100} \right)$$

- ❖ El Método Geométrico emplea datos del ultimo censo, seguidamente se muestra su fórmula:

$$Pf = Po \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

- ❖ Este Método Exponencial da a conocer el crecimiento que se ha dado en la población, siendo su formula la siguiente:

$$Pf = Po \times e^{\left(\frac{ixt}{100} \right)}$$

- ❖ El Método Curva Logística, tiene la siguiente formula:

$$Pf = \frac{L}{1 + m \times e^{(axt)}}$$



Donde:

P_f = Población futura (hab)

P_o = Población inicial (hab)

L = Índice de crecimiento poblacional anual (%)

m = Número de años de estudio o periodo de diseño

e = Valor de saturación de la población

a = Coeficiente

t = Coeficiente

2.2.12. Dotación

Previo al diseño de un proyecto de la red de distribución de agua, donde es imprescindible establecer la cantidad necesaria, el cual requiere adquirir datos sobre la cantidad de habitantes que serán atendidos y su cantidad de consumo de agua por persona, además de un estudio de los factores que pueden influir a través del consumo. Los datos más destacados se incluyen: número de individuos, desarrollo, formación, hábitos de vida, clima, disposición de excretas, costumbre de los habitantes poseen en relación al uso y consumo de agua, entre otros.

El termino demanda se refiere al consumo diario de agua para cubrir los menesteres de los habitantes, abarcando los usos: residencial, comercial, industrial, y el gasto de agua por residuos y escape del agua no controlado; para propósitos basados en el diseño se miden en l/hab diariamente.

La utilización de agua de una población se determina al dividir el total del agua consumida en un año entre la cantidad total de habitantes y la cantidad de días del año. También, se compone del uso familiar de agua potable, lavado de



prendas de vestir, higiene personal, cocina, limpieza, irrigación de jardines y de que las instalaciones de saneamiento funcionen correctamente.

2.2.13. Variación del consumo

Esto se debe a que el consumo de agua suministrada no es uniforme a lo largo del año, incluso se observan fluctuaciones a lo largo del día, lo que requiere el cálculo de los gastos máximos diarios y máximos horarios. Para calcularlos, se deben emplear los Coeficientes de Variación producidas durante el día y variaciones horarias correspondientes. por ende, un sistema funciona eficazmente cuando se anticipa la demanda máxima de una población en su capacidad. Para elaborar los distintos componentes de un sistema, es necesario entender las fluctuaciones mensuales, diarias y horarias del consumo; a su vez también son importantes las demandas medias, las demandas máxima diaria y horaria.

2.2.14. Caudal del diseño

Para diseñar las distintas unidades de la red de distribución de agua para consumo humano, se considerarán los flujos que se describen seguidamente.

Aquí, se debe tener en cuenta la cantidad de agua que la fuente debe proporcionar la suficiente agua para cubrir la demanda actual y proyectada a lo largo el día de mayor consumo para la población que será suministrada. De acuerdo con las directrices de diseño de la SSA, el origen de suministro debe garantizar un flujo mínimo duplicando al caudal máximo diario futuro estimado.

$$Q_{f. abast} = 2 \times Q_{MD}$$



Donde:

Q f.abst = Caudal de la fuente de abastecimiento, l/s.

QMD = Caudal máximo diario, l/s.

2.2.15. Almacenamiento

En cualquier sistema de suministro de agua apta para consumo, se edifican reservorios para el almacenamiento agua con la finalidad de:

- ❖ Reducir variaciones en el consumo.
- ❖ Extinción de los incendios que puedan llegar a ocasionarse.
- ❖ Suministrar agua si se interrumpe el suministro de este.
- ❖ Lograr un diseño del sistema más asequible.
- ❖ Conservar las presiones de servicio en el sistema de distribución.

Es importante tener en cuenta que, para comunidades que presenten cantidades menores a 5000 habitantes, las regulaciones dictan que no se debe tomar en cuenta el volumen contra incendios ni los volúmenes para el suministro en casos de emergencia.



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de la investigación

Dado el contenido y la estructura, el estudio de investigación presente posee características que se mencionan seguidamente:

3.2. Enfoque cuantitativo

Considerando que, en el proceso sistemático y lógico de la investigación se basan en la información y resultados obtenidos se pudieron cuantificar en términos numéricos, son evaluados, examinados e interpretados mediante pruebas de laboratorio donde los datos resultantes son numéricos y se toman en cuenta las variables de estudio para garantizar una investigación objetiva.

3.3. Nivel explicativo

Los pesquisas y análisis de este estudio trascienden en la descripción de conceptos o acontecimientos, así como de la definición de vínculos entre estos. Se enfocan en responder por las causas de los sucesos. Como sugiere su nombre, su utilidad se enfoca en entender por qué sucede el fenómeno, en este caso evaluar los procesos de tratamiento de las agua con presencia de arsénico a fin de que sean aptas al consumo.



3.4. Tipo de investigación

Según los objetivos de la investigación que se plantearon y a su naturaleza es una Investigación de tipo Aplicativa tiene la finalidad de resolver un problema. Nivel de profundización es Experimental, dado que se ha detallado y analizado de manera sistemática los datos disponibles en relación a los resultados del análisis con la finalidad de lograr un diseño apropiado, garantizado y más alineado a la realidad. Con referente a la dimensión del objeto de estudio. Con referente a las fuentes de información es Secundaria por que tendrá como respaldo teórico algunos trabajos, libros, Normas, etc.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El grupo involucrado en dicha investigación estuvo representada por las viviendas situadas en áreas remotas, los cuales no cuentan con un sistema de suministro de agua apta para consumo humano, no obstante el diseño de la planta estará compuesta por un sistema de tratamiento para eliminar la presencia de arsénico en el agua no tratada y de esta manera conseguir agua potable.

3.5.2. Muestra

La muestra con la que se ejecutó este estudio fue seleccionada en relación a una población que carece de una red de suministro de agua apta para consumo humano, es decir no cuentan con agua potable; por lo tanto, solo consume agua de pozos la cual no tiene ningún tipo de tratamiento de agua para remover arsénico. La planta de tratamiento está diseñada para la utilización en masa de individuos, este se halla localizada en el distrito de Juliaca, provincia de San Román de la región de Puno. Esta será diseñada y analizada.



3.6. Hipótesis

3.6.1. *Hipótesis general*

El diseño de una planta de tratamiento de arsénico reducirá los niveles de contaminación por arsénico en el agua que se brinda a la población según las normas nacionales de calidad de agua.

3.6.2. *Hipótesis específicas*

1. Las condiciones no son eficientes para los sistemas de abastecimiento de agua potable en la región Puno.
2. La calidad de agua que se brinda a la población no cumple con los LMP según las normas nacionales de calidad de agua.

3.7. Método de investigación

A continuación, se dan a conocer los métodos que se emplearon a lo largo de la ejecución del estudio:

Se realizó la búsqueda de datos relacionados con el diseño y cálculo de datos requeridos para el diseño de plantas de tratamiento de agua para consumo humano, estos se obtuvieron de documentos bibliográficos, artículos, textos, en la red, tesis del repositorio de la UANCV específicamente de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, entre otros.

Se efectuaron muchas visitas a la zona donde se sitúa la planta de tratamiento, esta acción fue con el propósito de recopilar datos que se requirieron en este estudio de investigación, tales como: análisis de las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas a fin de llevar a cabo el estudio presente.

En esta sección fue crucial llevar a cabo el análisis y proceso de cálculo de las distintas fases, las cuales se detallan seguidamente:



PRIMERA ETAPA: ANÁLISIS Y DISEÑO

- ❖ Plano catastral urbano del lugar.
- ❖ Medición detallada de las características del terreno, es decir el levantamiento topográfico.
- ❖ Evaluación de la zona a estudiar.
- ❖ Análisis en laboratorio de los parámetros físico químico y bacteriológico del agua.

SEGUNDA ETAPA: ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LA PLANTA

- ❖ Especificaciones fundamentales de las estructuras.
- ❖ Calcular y diseñar las estructuras.
- ❖ Ilustración del diseño empleando el software AutoCAD

TERCERA ETAPA: ANÁLISIS Y CÁLCULO DEL DISEÑO

- ❖ Dibujo y modelado WaterCAD
- ❖ Asignaciones cotas en los nudos
- ❖ Asignaciones de caudal en los nudos.
- ❖ Evaluación de los resultados según reglamento.

3.8. Descripción general del área de estudio

3.8.1. Ubicación

Juliaca es una ciudad que se halla localizada al sur del Perú, precisamente en la provincia de San Román, Puno. Esta ciudad presenta coordenadas geográficas: en Latitud Sur $15^{\circ} 29' 40''$ y en Longitud Oeste $70^{\circ} 07' 54''$ de con una altitud de 3824 m.s.n.m

3.9. Componentes de la planta de tratamiento

Una planta de tratamiento viene a ser un conjunto ya sea de técnicas o procesos unitarios, elegidos de manera adecuada para eliminar exhaustivamente



los contaminantes microbiológicos que se hallan en el agua no tratada y en parte a los contaminantes físicos y químicos, ello hasta alcanzar los límites permisibles establecidos en diversas regulaciones. Tras obtener resultados de ensayos prácticos en el muestreo de agua de la región objeto de estudio para esta tesis de grado, los componentes sugeridos buscan optimizar la calidad del agua suministrada a la población:

- (01) Sistema de abastecimiento de agua cruda (Pozo de Captación)
- (02) Sistemas de Bombeo
- (01) Sistema de Dosificación de insumo químico (Policloruro de aluminio)
- (01) Sistema de Coagulación – Floculación
- (01) Sistema de Sedimentación (Decantador Truncocónico)
- (01) Sistema de Filtración (Filtro a Presión)
- (01) Sistema de desinfección
- (01) Tanque Cisterna
- (01) Línea de Impulsión
- (01) Reservorio.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y descripción del proyecto

4.1.1. Criterios de estructuración y diseño de la planta de tratamiento

4.1.1.1. Diseño del sistema de captación

Datos:

Tipos de caisson	: Apoyado en medio elastico
Forma del Caisson	: Circular
Material de Construcción	: Concreto Armado

Predimensionamiento:

a) Dimensionamiento del diametro interior del Caisson:

Volumen	$V =$	30.00	m ³
Altura de Agua	$h1 =$	3.00	m
Altura libre de Agua	$h2 =$	5.00	m
Altura total de Caisson	$H =$	8.00	m

El diámetro será:

$$D = \sqrt{\frac{4xV}{\pi(H)}}$$

Asumimos

$D =$	3.91	m
$D =$	4.00	m
$R =$	2.00	m

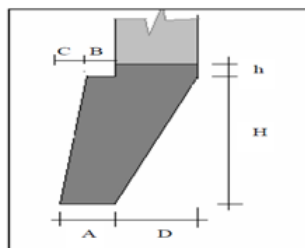
b) Espesor de la pared del Caisson (cilindro): (e)

El valor asumido $e = 25.00$ cm

El valor nos da la seguridad que el concreto no se agriete

c) Corona del Caisson:

A =	15	cm
B =	7.5	cm
C =	7.5	cm
D =	25	cm
H =	50	cm
h =	10	cm



Consideraciones para el analisis estructural

la estructura estara cimentada sobre suelo homogeneo tipo GP
para el valor de coeficiente de Balasto Kv se toma en cuenta el siguiente cuadro:

Coeficiente de Reacción de Subrasante o Coeficiente de Balasto "Ks." (Kg/cm3)			
Descripción de los Suelos	Símbolo	Ks (Kg/cm3)	
		Rango	Promedio
Gravas bien graduadas	GW	14 - 20	17
Gravas arcillosas	GC	11 - 19	15
Gravas mal graduadas	GP	8 - 14	11
Gravas limosas	GM	6 - 14	10
Arenas bien graduadas	SW	6 - 16	11
Arenas arcillosas	SC	6 - 16	11
Arenas mal graduadas	SP	5 - 9	7
Arenas limosas	SM	5 - 9	7
Limos orgánicos	ML	4 - 8	6
Arcillas con grava o con arena	CL	4 - 6	5
Limos orgánicos y arcillas limosas	OL	3 - 5	4
Limos inorgánicos	MH	1 - 5	3
Arcillas inorgánicas	CH	1 - 5	3
Arcillas orgánicas	OH	1 - 4	2

(*) Valor utilizado en el presente proyecto. (11kg/cm3)

Fuente: Cimentaciones de Concreto Armado - ACI - 1998

Area de Superficie de Cilindro

$$A_c = 2\pi(r)(H)$$

$$H = 8.00 \text{ m}$$

$$r = 2.00 \text{ m}$$

$$A_c = 100.53 \text{ m}^2$$

$$\# \text{ de nudos} = 576.00$$

$$\text{Area por nudo} = 0.17 \text{ m}^2$$

Calculo de Rigidez de Resortes

Ubicación	Kv (Ton/m3)	Kh (Ton/m3)	Area (m2)	Kv (Ton/m3)	Kh (Ton/m3)
Paredes					
Borde Sup.	11000.00	5500.00	0.04	479.97	239.98
Caras Laterales	11000.00	5500.00	0.17	1919.86	959.93
Borde Inf.	11000.00	5500.00	0.09	959.93	479.97



4.1.2. Diseño del sistema de bombeo

- DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema incluye el almacenaje de los líquidos que han sido recolectados de un pozo de cimentación (caisson) con una capacidad general de 30 m³ de transición, que funcionará como una cámara de succión para las electrobombas.

El sistema funcionará en su totalidad con energía eléctrica, la cual establecerá el área ocupada por el agua dentro de la tubería, en base a esta constante y al flujo de una bomba, la elección del mecanismo y el diseño eléctrico y mecánico.

- CALCULO DIÁMETRO ECONÓMICO DE LA TUBERÍA

Determinación del valor de K para bombeo a velocidad constante.

Dado que la red funcionará mediante el uso de energía eléctrica, es necesario considerar la proyección de la potencia de las bombas empleadas, así como también los gastos de electricidad y los costes pre-operativos de las tuberías, estos vienen a ser los datos que establecerán el valor de "K", a fin de emplear la ecuación matemática que se muestra a continuación:

$K = \left[\frac{4.87 \left(\frac{\delta_1 * \delta_2 + \delta_3 * \delta_4}{1.5 \frac{Q_B}{Q_i}} \right)^{0.17}}{(1+i) \frac{C_{TUB}}{d_0}} \right]$		
Q_B	: 0.002	Caudal máximo capacidad de la estación de bombeo (m ³ /s)
Q_i	: 0.002	Caudal máximo al inicio de proyecto (m ³ /s)
C_{TUB}	: 35	Costo unitario de la tubería de impulsión asentada (USD/m)
d_0	: 0.001	Diámetro aproximado en metros (haciéndose que $K = 1$)
i	: 0.14	Tasa de descuento
$\delta_1 = 130$	$\frac{\left(\frac{USD}{kWh} \right)}{\eta_G}$	$\delta_2 = \frac{1 - \left(\frac{Q_B}{Q_i} * \frac{1}{1+i} \right)^n}{1 - \frac{Q_B}{Q_i} * \frac{1}{1+i}}$
		$\delta_3 = 0.21 \frac{\left(\frac{USD}{KWhmes} \right)}{\eta_G}$
		$\delta_4 = \frac{1 - \left(\frac{1}{1+i} \right)^n}{1 - \left(\frac{1}{1+i} \right)}$
USD/kWh	: 0.183	Costo del consumo de energía eléctrica
USD/Kwhmes	: 8859.06	Costo de la potencia instalada (demanda)
η_G	: 0.91	Rendimiento global de las electrobombas
n	: 10	Número de años del período de diseño
δ_1	: 26.19	
δ_2	: 5.95	
K	: 1.00	

Determinación del diámetro económico para bombeo a velocidad constante.

En esta sección se realiza el cálculo mediante la ecuación matemática mostrada, la cual establecerá el diámetro económico (D_{econ}) del tubo de impulsión obtenida en unidades metricas.

$D_e = K \sqrt{Q_B}$			
D_{econ}	=	0.045	m
		2	pulg

Diámetro de tubería comercial

En dirección a posteriores cálculos, es necesario tener en cuenta el mercado de tuberías comerciales, estableciendo sus diámetros internos y diámetros externos, así como sus espesores.

D_c	=	0.045 m
		3 Pulg
Material	=	TUBERIA GALVANIZADA ASTM A53 y galvanizada bajo la norma ASTM A123
$D_{exterior}$	=	0.1143 m
e	=	0.00602 m
$D_{interior}$	=	0.10226 m
Area	=	0.0082 m ²

Velocidad económica por pérdidas de carga

En este caso, la velocidad económica establecerá las diferencias de presión energéticas de la tubería de impulsión, resultando en altura dinámica total del caudal requerido, es decir, hace énfasis en a la capacidad de energía que debe entregar la electrobomba para mover el fluido. Esto facilitará el cálculo y la elección de los equipos del sistema de bombeo:

$$V_e = \frac{4 * Q_B}{\pi * D_c^2}$$

$$V_e = 1.23 \text{ m/s}$$

Las tuberías escogidas poseen una velocidad real económica, la cual se sitúa en los límites sugeridos para los sistemas de bombeo con valores que oscilan entre 0.6 m/s a 3.0 m/s.s.

- CALCULO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Se tomarán en cuenta las constantes más esenciales a fin de calcular los equipos de bombeo, tales como alturas geométricas, condiciones físicas del agua y coeficientes k extremos de los accesorios.

Caudal de diseño proyectado (Q) :

En este la cantidad de agua proyectada (Q) en el diseño, se ajusta al valor inicial de la demanda horaria pico del agua apta para consumo humano, aplicada a las redes de suministro por sistema de bombeo, en la estimación del consumo de agua, es decir a la cantidad y calidad del líquido vital, que los usuarios están dispuestos a adquirir para poder consumirlo.

$Q =$	2.0	[l/s]
	0.002	[m ³ /s]

Características del Fluido

En este caso se han tenido en cuenta los escenarios esenciales del agua en términos de temperatura (T°) y presión atmosférica (Pa), los cuales se encuentran relacionadas con la altitud respecto al nivel del mar, componentes que establecerán las condiciones hidráulicas del sistema:

Tipo de agua	Agua limpia
pH	pH = 6.5 - 8.5
Densidad	$\rho = 1000.00$ [Kg/m ³]
Viscosidad Dinamica	$\mu = 0.0010$ [kg/m-seg]
Temperatura	$T^\circ = 16.50$ [°C]
Presion de vapor	$P_v = 0.25$ [m.c.a.]
Presion atmosferica a 4000 msnm	$P_a = 6.33$ [m.c.a.]

Condiciones Geométricas (H_g)

Estas condiciones igualmente son conocidas como altura geométrica de bombeo, establecida por las investigaciones topográficas de campo influyen en el nivel más crítico del líquido bombeado hasta el punto de llegada del agua:

Cota de descarga	CD =	3935.11	[ms nm]
Nivel de succion minima	NS min. =	3833.36	[ms nm]
nivel de succion maxima	NS max. =	3835.86	[ms nm]
Altura geometrica minima	Hg min. =	99.25	[ms nm]
Altura geometrica maxima	Hg max. =	101.75	[ms nm]

Altura Dinámica Total (ADT)

Cabe señalar que, para realizar cálculos se utilizaron las ecuaciones matemáticas de Hazen-Willians, que se aplican en el cálculo de las tuberías de material de acero y PVC, añadiendo la adición de las cargas cinéticas locales para los accesorios tales como las válvulas, codos, entre otros; resultando en la siguiente ecuación que a su vez establecerá la curva del sistema:

$$H_f = 10.67 * \frac{L}{D^{4.87}} * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85}} + 0.0826 * K * \frac{Q^2}{D^4}$$

Hf = Perdida de carga [m]

L= Longitud de del tramo de tubería [m]

Q = Caudal de diseño [m3/s]

D = Diámetro interior de la tubería [m]

C = coeficiente de fricción por material de la tubería

K = Coeficiente de cargas locales

Por otro lado, la línea de impulsión se ha segmentado en 02 tramos, con el objetivo de simplificar el procedimiento de cálculo de las pérdidas locales y fricciones que posibilitan establecer la altura dinámica total presente en el sistema.

Línea de impulsión tramo 01

Se refiere al segmento de salida de la estación de bombeo, que viene a ser una tubería de 2" fabricada en acero galvanizado A53, y todos los accesorios de control situados en la caseta de funcionamiento y maniobra:

Caudal de Línea	Q =	0.002	[m ³ /s]
Longitud (L)	L =	250.00	[m]
Diametro interior (Di)	Di =	0.102	[m]
Material	Acero	Galvanizado A53	
Coefficiente Flujo (C)	C =	130	

Velocidad de flujo (V) [V = Q/A]	v =	0.24	[m/s]
-------------------------------------	-----	------	-------

Perdida de carga en tramo 01 (H_{f1}):

H_{f1} =	23957.13	Q ^{1.85}	+	4230.04	Q ²
-------------------------	----------	-------------------	---	---------	----------------

H_{f1} =	0.260	[mca]
-------------------------	--------------	-------

Línea de impulsión tramo 02

Se refiere al segmento de la tubería de impulsión que va desde la caseta de bombeo hasta el arribo al tanque de reserva. El tubo está fabricado en PVC DN 2" A-10. Asimismo, se disponen de accesorios de tramo, válvulas de purga y de aire, y un by pass que se acopla a la tubería de 2".

Caudal de Línea	Q =	0.002	[m ³ /s]
Longitud (L)	L =	402.00	[m]
Diametro interior (Di)	Di =	0.102	[m]
Material		PVC	
Coefficiente Flujo (C)	C =	130	

Velocidad de flujo (V)	V =	0.24	[m/s]
--------------------------	-----	------	-------

Perdida de carga en tramo 02 (H_{f2}):

H_{f2} =	38523.06	Q ^{1.85}	+	1321.89	Q ²
-------------------------	----------	-------------------	---	---------	----------------

H_{f2} =	0.397	[mca]
-------------------------	--------------	-------

Perdida de carga total (H_f)

Se refiere a la totalidad de los dos segmentos o tramos de las tuberías de impulsión:

$$H_f = 62480.19 Q^{1.85} + 5551.93 Q^2$$

$$H_f = 0.66 \text{ [mca]}$$

Altura dinámica total (ADT)

En aquí, la adición de la altura geométrica mas alta y la pérdida total de carga, teniendo un caudal equivalente a 2 l/s:

$$ADT = H_g + H_f$$

$$ADT = 102.41 \text{ [m]}$$

Selección de Equipo de Bombeo

A continuación, se muestran los componentes que se eligieron para el diseño e instalación del equipo.

Componente	Descripcion
Tipo	Electro bomba poso profundc
Marca	HIDROSTAL y/o similar
Instalacion	Vertical
impulsion	Centrifuga
Impulsor	Multietapa

Selección Hidráulica y mecánica

Componente	Indicador	Valor	Unidad
Caudal	$Q =$	2.0	[l/s]
Altura Dinamica Total	$ADT =$	102.41	[m]
Eficiencia	$\eta =$	80%	%
Rotacion	$\omega =$	1850	[rpm]
NSPHr		-	[mca]
Potencia Absorvida	$P_{Abs.} =$	3.41	[HP]

Consideraciones Eléctricas

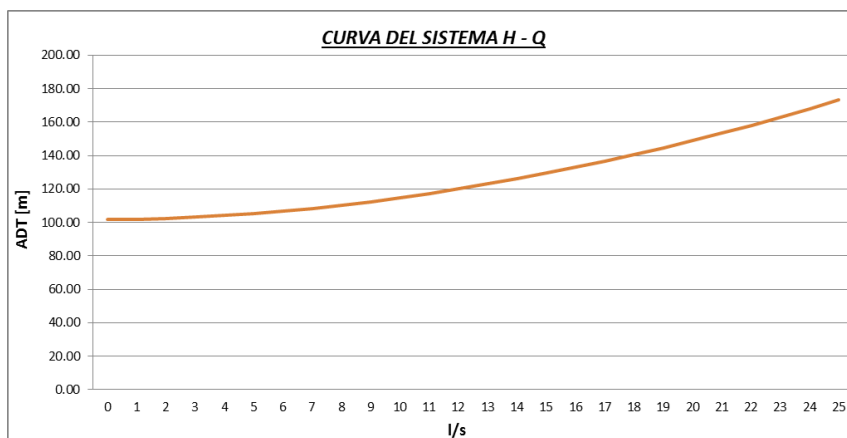
Componente	Indicador	Valor	Unidad
Max. Potencia Absorvida	$P_{\text{max. Abs.}} =$	3.7	[HP]
Tension	$V =$	220	[V]
Corriente	$A =$	9	[A]
Fases	$\phi =$	3	~
Frecuencia	$F =$	60	[Hz]
Factor de Potencia	$\text{Cos } \phi =$	0.82	
Factor de servicio	$F.S. =$	1.15	
Aislamiento		IP65	

Curva del Sistema H - Q

$$H_{f1} = 62480.19 Q^{1.85} + 5551.93 Q^2$$

Caudal		Velocidad	Hg	Hf	ADT	Potencia [HP]		Energia electrica		
[l/s]	[m3/s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	Bomba	Motor	kw	kw-hr/dia	kw-hr/mes
0	0.000	0.00	101.75	0.00	101.75	0.0	0.0	0.0	-	-
1	0.001	0.12	101.75	0.18	101.93	1.7	2.4	1.8	28.55	856.47
2	0.002	0.24	101.75	0.66	102.41	3.4	4.8	3.6	57.36	1,720.93
3	0.003	0.37	101.75	1.39	103.14	5.2	7.3	5.4	86.67	2,599.97
4	0.004	0.49	101.75	2.38	104.13	6.9	9.8	7.3	116.66	3,499.67
5	0.005	0.61	101.75	3.60	105.35	8.8	12.4	9.2	147.53	4,425.83
6	0.006	0.73	101.75	5.05	106.80	10.7	15.0	11.2	179.47	5,384.01
7	0.007	0.85	101.75	6.72	108.47	12.7	17.8	13.3	212.65	6,379.63
8	0.008	0.97	101.75	8.61	110.36	14.7	20.7	15.5	247.27	7,417.99
9	0.009	1.10	101.75	10.71	112.46	16.9	23.8	17.7	283.48	8,504.27
10	0.010	1.22	101.75	13.02	114.77	19.1	26.9	20.1	321.45	9,643.56
11	0.011	1.34	101.75	15.54	117.29	21.5	30.3	22.6	361.36	10,840.87
12	0.012	1.46	101.75	18.27	120.02	24.0	33.8	25.2	403.37	12,101.14
13	0.013	1.58	101.75	21.19	122.94	26.6	37.5	28.0	447.64	13,429.25
14	0.014	1.70	101.75	24.32	126.07	29.4	41.4	30.9	494.33	14,830.03
15	0.015	1.83	101.75	27.64	129.39	32.3	45.6	34.0	543.61	16,308.23
16	0.016	1.95	101.75	31.16	132.91	35.4	49.9	37.2	595.62	17,868.58
17	0.017	2.07	101.75	34.88	136.63	38.7	54.5	40.7	650.53	19,515.75
18	0.018	2.19	101.75	38.78	140.53	42.2	59.4	44.3	708.48	21,254.39
19	0.019	2.31	101.75	42.88	144.63	45.8	64.5	48.1	769.64	23,089.08
20	0.020	2.44	101.75	47.16	148.91	49.6	69.9	52.1	834.15	25,024.39
21	0.021	2.56	101.75	51.64	153.39	53.7	75.6	56.4	902.16	27,064.84
22	0.022	2.68	101.75	56.29	158.04	57.9	81.6	60.9	973.83	29,214.93
23	0.023	2.80	101.75	61.14	162.89	62.4	87.9	65.6	1,049.30	31,479.13
24	0.024	2.92	101.75	66.17	167.92	67.2	94.6	70.5	1,128.73	33,861.87
25	0.025	3.04	101.75	71.38	173.13	72.1	101.6	75.8	1,212.25	36,367.56

Se da a conocer la curva de operación, la cual debe ser detenida por la curva de bombeo suministrada.



4.1.3. Diseño de sistema de coagulación

DATOS DEL COAGULANTE

PACSO 100		
Peso Neto	270	Kg
Tara	10	kg
Peso Bruto	280	kg
Densidad	1334	
pH	2.48 a 25.2 ~ C	

Nota: realizar el trabajo teniendo en cuenta las temperaturas menores a 35 °C, ya sea en un entorno inocuo y atóxico.

- CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DE LA MUESTRA

PARAMETROS	Unidad de Medida	L.M.P. D.S. 031-2010 SA.	VALORES OBTENIDOS
Turbidez	NTU	5	5,16
Potencial de Hidrógeno	pH	6,5 - 8,5	7,49
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1500	1.744,00
Temperatura	°C	-	10,10
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000	853,00
Nitratos	mg/l	50	35,10
Sulfatos	mg/l	250	310,00
Dureza Total	mg/l	500	690,00
Cloruros	mg/l	250	160,00
Aluminio	mg/l	0,2	-
Arsénico	mg/l	0,01	0,03

- CARACTERISTICAS MICRO BIOLÓGICAS DE LA MUESTRA

PARAMETROS	Unidad de Medida	L.M.P. D.S. 031-2010 SA.	VALORES OBTENIDOS
Coliformes Totales	UFC/100ml	0 UFC/100ml	10
Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml	0 UFC/100ml	2

DATOS DE CALCULO

caudal de tratamiento 2 l/seg = 0,002 m³/seg

dosis del coagulante 30 mg/l

densidad 1334 kg/m³

❖ CALCULO DE LA DOSIS ÓPTIMA EN PLANTA

Cantidad requerida: el cálculo de este dato se obtiene en Kg./hr. de Policloruro de Aluminio que actúa como floculante al haberse empleado en la Planta de tratamiento

$$30 \text{ gr/m}^3 * 0,002 \text{ m}^3/\text{seg} * 3600 \text{ seg}/1000 \text{ gr.} = 0,216 \text{ kg/Hr}$$

Aforo de la Solución de Policloruro de Aluminio: el cálculo de esta ecuación se obtiene en litros/Hr.

Densidad = Masa / Volumen

Por sustitución de los datos de densidad y masa (cuantía necesaria), se determina el volumen de Policloruro de Aluminio a dosificar cada hora.

En ese caso:

$$VPAC = \frac{0,216 \text{ kg/hr}}{1,334 \text{ kg/l}} = 0,162 \text{ litros / Hora}$$

4.1.4. Diseño de sistema de floculación

Las estimaciones efectuadas para un caudal de diseño equivalente a 2 l/s.



FLOCULADOR TUBULAR					
PASO	VARIABLE	Formulacion		Cantidad	Unidad
1	Caudal de diseño	[Q]	Q =	2.00	l/s
2	Perdidas en tratamiento	[%]	% =	0%	%
3	Caudal de tratamiento	[Qt = Q*(1+n)]	Qt =	2.00	l/s
				0.00200	m3/s
				7.20	m3/hr
4	Nº de Floculadores	[N]	N =	1	und
Fluido	Temperatura media	[°T]		20	°C
	Densidad (Turbidez 1000 NTU)	[δ]	δ =	1,010	kg/m3
	Viscosidad	[μ]	μ =	0.001	kg.s-1/m

Tramo 01	Velocidad Asumida 01	[v1]	v1 =	0.22	m/s	
	Diametro	$d = ((4 * Qt) / (\pi * v1))^{(1/2)}$	d =	0.11	m	
	Diametro comercial Asumido		dc1 =	0.11	m	
	Tiempo de Residencia	[t]	t =	4.00	min	
				240.00	s	
	Longitud de Tramo	[L]	L =	52.80	m	
	Perdida de carga	$H_f = 10.67 * \frac{L}{D^{5.3}} * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.49}} + 0.0826 * K * \frac{Q^2}{D^5}$	[hf]		0.039	m
	Gradiente Hidraulico	$G = \sqrt{\frac{\delta * h}{\mu * T}}$	G =	39.87	s-1	
Nro Reynolds	$H_f = 10.67 * \frac{L}{D^{5.3}} * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.49}} + 0.0826 * K * \frac{Q^2}{D^5}$	[Nre=(δ*dc*v)/μ]	Nre =	####	Energia Neta	

Resumen					
Tramo 01	Tubo PVC UF DN110MM, C-7.5 x 6.0M	Calculado		8.80	
		Asumido		9.00	tubos
	Volumen Calculado	Calculado		1.09	m3
	Codo de radio largo 90º PVC UF DN110MM, C-10	Calculado		14.00	und
	Reduccion larga PVC UF DN110MM - DN110MM	Calculado		1.00	und

4.1.5. Diseño de decantador tronco cónico

A continuación, se muestra los cálculos efectuados teniendo en cuenta un caudal de diseño de 2 l/s.

DECANTADOR CONICO					
PASO	VARIABLE	Formulacion		Cantidad	UNIDAD
1	Caudal de diseño	[Q]	Q =	2.00	l/s
				7.20	m ³ /hr
2	Perdidas en tratamiento	[%]	% =	1%	%
3	Caudal de tratamiento	[Qt = Q*(1+n)]	Qt =	2.02	l/s
				7.27	m ³ /hr
4	Nº de decantadores	[N]	N =	1	und
5	Caudal a cada decantador	[Qd = Q/N]	Qd =	2.02	l/s
				7.27	m ³ /hr
6	Tasa de decantacion	[Td]	Td =	2.00	m ³ /m ² /hr
7	Velocidad Ascensional	[Va]	Va =	2.00	m/hr
8	Tiempo de Residencia	[t]	t =	2.25	hr
9	Superficie de decantacion	[S=Qt/Va]	S =	3.64	m ²
10	Diametro de Reactor	[D=(4.S/pi)^0.5]	D =	2.15	m
11	Volumen de reactor	[Vº=Qt*Tr]	Vº =	16.36	m ³
12	Profundidad de reactor	[H=Vº/S]	H =	4.500	m
13	Longitud de vertedero	[P=pi*D]	P =	6.760	m
14	Carga sobre vertedero	[qv=Qt*P]	qv =	1.076	m ³ /hr/m
				0.299	l/s/m

15	Geometria de plancha de acero	[Largo]	L =	2.400	m
		[Ancho]	A =	1.200	m
16	Nro planchas de acero			2.816	und
17	Nro de planchas reales			3.00	und
18	Perimetro real			7.20	m
19	Diametro real			2.292	m
20	Area real			4.13	m ²
21	Altura de operación			2.20	m
22	Volumen real de reactor			9.08	m ³

4.1.6. Diseño de filtro de arena a presión

Los componentes predimensionados para diseñar el filtro a presión, se muestran a continuación:

FILTRO DE ARENA A PRESION PARA 2.0 LPS				
Paso	Datos	Cantidad	Unidad	
BASE DE CALCULO DE FILTRACION				
1	Caudal de diseño	Q =	2.0	l/s
			7.2	m ³ /h
2	Numero de fases	F =	1	
3	Caudal en cada fase	Qf =	2.0	l/s
4	Turbiedad maxima	T =	2.5	NTU
5	Tasa de filtracion	Uf =	240.00	m ³ /m ² /d
6	Velocidad de filtracion	Vf =	10.00	m/h
7	Area total requerida	Af =	0.72	m ²
8	Diametro de area de filtracion	Df=	0.96	m
9	Perimetro de filtracion	Pf=	3.01	und

ESTRUCTURA Y GEOMETRIA FINAL DE FILTRO				
1	Material	Acero inox 304		
2	Presion de trabajo Maxima	P =	5.00	mca
		P =	7.10	lb/plg ²
		P =	4985.27	kg/m ²
3	Espesor de Pared (cuerpo cilindrico)	Ep =	2.26	mm
4	Espesor de Tapa (Cabeza elipsoidal)	Et =	1.13	mm
	Espesor comercial final de tanque	t =	1/8"	pulg
5	Geometria de Plancha			
6	Largo	l =	2.40	m
7	Alto	h =	1.20	m
8	Perimetro de diseño geometrico	P =	4.80	m
9	Diametro de diseño geometrico	D =	1.53	m
10	Altura de diseño geometrico	H =	1.20	m
11	Area de filtracion geometrico	A =	1.83	m ²

LECHO FILTRANTE				
1	Material medio filtrante	Para el medio filtrante fue adoptada una cama simple, constituida de arena cuarzosa, que deberá presentar las siguientes		
2	Altura de lecho filtrante	Ha =	0.80	m
3	Volumen de Lecho filtrante	Va =	1.47	m ³
4	Peso de material filtrante	mf =	2346.84	kg
5	Tamaño efectivo D10	D10 =	0.75 a 0.85	mm
6	Tamaño correspondiente a D60	D60 =	1.10 a 1.20	mm
7	Coefficiente de uniformidad	Cu =	< 1.40	-
8	Pureza en materia prima base		> 99	% SiO ₂
9	Densidad real	Dr =	> 2,600	kg/m ³
10	Densidad aparente	Da =	> 1,600	kg/m ³
11	Reactividad Química (20% HCl en 24 hr)		< 2	% en masa
12	Forma		Esférica	-
13	Coefficiente de esfericidad	Ce =	--0.80	-
14	Friabilidad 750 golpes		< 15	%
15	Friabilidad 1500 golpes		< 25	%

CAPA DE SOPORTE				
1	Material medio soporte	Fue adoptada una cama de soporte constituida por gravilla tipo cuarzosa, adecuada para el tipo de sistema de drenaje (bocas especiales para lavado con y agua),		
2	Altura de lecho filtrante	Hs =	0.10	m
3	Volumen de lecho soporte	Vs =	0.18	m ³
4	Peso de material soporte	mf =	293.35	kg
5	Tamaño efectivo	Te =	1.6 - 1.8	mm
6	Coefficiente de uniformidad	Cu =	< 1.70	-

TOBERAS DE FILTRACION				
	Material			
	Tipo			
	Rosca	$\varnothing =$	1"	pulg
	Ranura de tobera			
	Densidad de toberas recomendadas	dt =	70	und/m ²
	Cantidad de toberas calculada	N ^o p =	128	und
	Cantidad de toberas a instalarse	N ^o f =	140	
	Caudal de agua por tobera	qt =	0.014	l/s
	Perdida de carga por tobera		0.007	mca

4.2. Discusión

Los resultados que se han llegado a obtener en este estudio producen una gama de observaciones y comentarios, los cuales tendrán que ser examinados en función de los hallazgos de los instrumentos utilizados, tal como se muestra en las tablas de análisis de laboratorio, lo que permitió considerar los siguientes niveles de análisis:

En relación a los resultados que se obtuvieron los cuales fueron registrados en el cuadro Nro. 1, donde se exhibe el análisis de las propiedades físico químico en el muestreo del agua subterránea tomada en el área de captación (MUESTRA Nro. 1), el cual obtiene cantidades que exceden el rango permitido de la normativa establecida por la Organización Mundial de la Salud y así como normativa nacional conforme al D.S. 031-2010-SA; donde la normativa demanda en el caso que las concentraciones de las partículas en suspensión (turbidez), conductividad eléctrica (EC), sales del ácido sulfúrico (sulfatos), dureza total, cloruros y arsénico lleguen a exceder los valores permitidos (LMP), llegan a provocar que dicha agua no sea potable, a menos que se efectuó un tratamiento que asegure las condiciones del



calidad del agua que es suministrada, encontrándose en el rango de los límites de la normativa. Por esta razón, en el cuadro expuesto se señalan los rangos que la normativa define como los límites máximos permitidos y se indican que las características deberán ser abordados a través del método de tratamiento sugerido.

En relación con los resultados conseguidos tras aplicar el coagulante de Policloruro de Aluminio el muestreo tomado en la captación (MUESTRA Nro. 1), señala que es adecuada a través de una dosis apropiada de coagulante, consiguiendo una disminución de las concentraciones del 76.16%, 22.58% y 1.25% en los parámetros de turbidez, sulfatos, cloruros, arsénico y aluminio presentes en el agua, respectivamente; en cambio en el aluminio hubo un aumento del 60%. Dado que el coagulante contiene este componente y, al margen de su impacto en la calidad de sus propiedades, la utilización del coagulante evidencia que, a través de una aplicación adecuada en la planta y en combinación con diversos compuestos de este, es posible obtener un agua adecuada para el consumo humano.

Para mejorar la calidad del agua y convertir la muestra de recolección en adecuada para el consumo humano, las calculaciones y diseño de elementos como el sistema de coagulante, el sistema de floculante, el sistema de sedimentación y el sistema filtrante buscan mejorar la calidad del agua mediante el diseño adecuado de estos componentes. Y para alcanzar dichos objetivos, se requiere la puesta en marcha y edificación de la planta de tratamiento de agua para el consumo humano y eliminación de arsénico (As). Para ello, se requiere la implicación de las autoridades municipales pertinentes para que puedan financiar en la realización de este estudio.

En consecuencia, la calidad del agua que se obtiene después del tratamiento de la planta logrando eliminar el arsénico que se halla en el agua a una concentración aceptable en términos generales y conforme a la legislación nacional en vigor.

4.2.1. Comprobación de la hipótesis

En el contraste de la hipótesis planteada en este estudio de investigación, se utiliza el coeficiente de correlación; regresión lineal para el diseño de la investigación descriptiva – explicativa y el análisis de varianza para el porcentaje de reducción de las características evaluadas relacionadas a la calidad de agua con el objeto de que este sea apta para consumo humano.

4.2.1.1. Hipótesis general

El diseño de una planta de tratamiento de arsénico disminuirá los niveles de contaminación por arsénico en el agua proporcionada a los habitantes de acuerdo con las regulaciones nacionales de calidad del agua.

4.2.2. Prueba estadística para comprobar hipótesis

HIPOTESIS

Ho : El nivel de reducción de arsénico es buena con el diseño de una planta de tratamiento de arsénico para brindar agua potable a la población.

Ha : El nivel de reducción de arsénico es deficiente con el diseño de una planta de tratamiento de arsénico para brindar agua potable a la población.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

+0.75 = Correlación positiva considerable.



REGLA DE DECISIÓN

En términos de disminución de la contaminación por la presencia de arsénico en el agua; el 60% es el porcentaje entre medio u considerable de reducción del contaminante del agua consignada al suministro de la población.

Respecto a la calidad del agua adecuada para el abastecimiento humano; las propiedades fijadas se residen en los valores máximos permitidos por la normativa de calidad del agua.

Por consiguiente, se desecha la H_a , y se puede afirmar que al disminuir los niveles de contaminación por arsénico en el agua es beneficioso para conseguir agua apta para el abastecimiento de la población.



CONCLUSIONES

1. La investigación llevada a cabo constata de manera evidente que el agua subterránea obtenida por los residentes exhibe concentraciones que exceden los valores máximos permitidos por las regulaciones de calidad del agua para el abastecimiento de la población; tales como el arsénico, cuya concentración tuvo 0.03 mg/l, superando tres veces el límite fijado por las normas de calidad del agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA).
2. El sistema encargado de tratar el agua a fin de que sea apta para el consumo, así como su sistema de abastecimiento a la población de Juliaca, actualmente se encuentra colapsada ya hace varios años, ya que la planta de tratamiento fue creada en su primera etapa en el año 1968 y su segunda etapa en el periodo de 1982, al inicio fue diseñada para una capacidad de 100 l/s. sin embargo la población de Juliaca requiere una capacidad de producción de 500 l/s. Haciendo de esta manera imposible proveer agua apta para el abastecimiento a las comunidades que se hallan fuera del alcance actual de la empresa proveedora de servicios.
3. El método de tratamiento planteado en la presente tesis resulta eficiente para disminuir los niveles el arsénico en el agua dura, el mismo que puede ser aprovechado para la eliminación de otros características que determinan la calidad del agua logrando agua apta para el consumo humano, según los parámetros de la normativa relacionada a la calidad del agua para consumo humano.



RECOMENDACIONES

1. A futuros investigadores se recomienda llevara cabo estudios en sitios en los que se ingieran agua que presenten arsénico con niveles de concentración que lleguen a exceder el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud que es una concentración de $10 \mu\text{gAs/L}$, esto con la finalidad de determinar los posibles riesgos de enfermedades vinculadas a la exposición al arsénico (As). Esto facilitará la adopción de criterios regulatorios acordes a la situación en la zona. Así poder implementar sistemas de tratamiento como el propuesto para la mitigación de agentes contaminantes presentes en el agua que abastece a la población.
2. Es fundamental divulgar a la población acerca de los riesgos de la toxicidad del arsénico que se encuentra presente en el agua destinada para consumo humano procedente de pozos que utilizan, esto con el fin de prevenir la intoxicación crónica que pueda surgir al no realizar ningún tratamiento al agua.
3. Implementar sistemas de tratamiento de agua potable en la ciudad de Juliaca, ya que el agua consumida directamente de pozos contiene gran cantidad de metales y agentes contaminantes y no son aptos para el consumo humano.



BIBLIOGRAFÍA

- Caicedo, M. A., & Fuentes, V. M. (2020). *Remoción de arsénico de aguas subterráneas del distrito de Pacora para uso y consumo humano mediante adsorción*. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD , Lambayeque.
- Caminati Briceño, A., & Caqui Febre, R. C. (2013). *Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura*. Universidad de Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/1738>
- Cárdenas Ochoa, D. N. (2020). *Diagnóstico y Evaluación del Agua Subterránea que Abastece a la Comunidad de la Vereda el Tablón Municipio de Santa Rosa de Viterbo*. Duitama, Boyacá 2020: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Destéfano Molero, J. A. (2011). *Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, región de Apurímac*. Apurímac: Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/977>
- Montesinos Paro, H., & Guevara Vera, P. (2019). *Comparación entre los Métodos Raos y Coagulación–Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca*. Universidad Cesar Vallejo, Cusco – Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3484>



- Pary Hilar, A., & Mamani Parisuaña, M. W. (2018). *Remoción de arsénico (AS) en aguas naturales por procesos de oxidación, floculación, sedimentación y filtración*. UNA Puno, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12407>
- Tapia, L. R. (2017). "Evaluación de Arsénico con Chacko (Hidralgiritita) en Aguas Subterráneas Contaminadas del Distrito de Taraco – Puno". (*Tesis para Título*). Universidad Nacional Del Altiplano - Puno, Puno.
- Vitela, A. V. (2011). "*Remocion de Arsenico mediante Carbon Activado modificado con nanoparticulas de hidro (oxidos) de hierro*". San Luis Potosi.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: EVALUACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR
GENERAL: ¿Cómo disminuir los niveles de contaminación debido a la presencia de arsénico en el agua subterránea destinada al consumo humano?	GENERAL: Disminuir los niveles de contaminación debido a la presencia de arsénico en el agua subterránea destinada al consumo humano	GENERAL: El nivel de arsénico si provoca efectos perjudiciales debido a su elevada concentración.	Variable de estudio. Efectos sobre la salud	Posibles efectos a la salud	Diferentes enfermedades
ESPECIFICO: a) ¿Cuál es la calidad del agua de captación en los distintos sistemas de suministro de agua para consumo humano? b) ¿Cuál es la calidad del agua distribuida a la población de Juliaca, de acuerdo con las normativas nacionales de calidad de agua? c) ¿Cuál será el diseño de la planta Piloto de tratamiento con un caudal de Q= 2 l/s, a fin de disminuir la contaminación por arsénico en el agua captada?	ESPECIFICO: a) Examinar la calidad del agua de captación de los distintos sistemas de suministro de agua para consumo humano. b) Analizar la calidad del agua distribuida a la población de Juliaca, de acuerdo con las normativas nacionales de calidad de agua. c) Proponer el diseño de una planta piloto de tratamiento con un caudal de Q=2 l/s, a fin de disminuir la contaminación por arsénico en el agua captada		Variable de caracterización: Concentración de arsénico en agua	Parámetros fisicoquímicos e inorgánicos	Temperatura pH concentración de arsénico

Anexo 2: panel fotográfico

Fotografía 1.

Fondo del Sedimentador de gruesos



Fotografía 2.

Medidor parshall





Fotografía 3

Sedimentador de gruesos



Anexo 3. Límites Máximos

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	$\text{mg SO}_4^{-2} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	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



Anexo 4. Validación de instrumento

VALIDACION DE INSTRUMENTO

TITULO: EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	LESLY BRENDA FIGUEROA APAZA
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	ROCIO APAZA QUISPE

II. PUNTOS DE VALIDACION

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

III. OPINION DE APLICABILIDAD:

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

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

96.55%

Lesly B. Figueroa Apaza



LESLY B. FIGUEROA APAZA
INGENIERO SANITARIO Y
AMBIENTAL
CIP: 373199

VALIDACION DE INSTRUMENTO

TITULO: EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	MARYESTEFANY FELY HEREDIA PANCA
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	ROCIO APAZA QUISPE

II. PUNTOS DE VALIDACION

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

III. OPINION DE APLICATIBILIDAD:

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

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

96.77%



Maryestefany Fely Heredia Panca
ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
CIP: N° 345583

VALIDACION DE INSTRUMENTO

TITULO: EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	ERIK RODRIGO QUISPE LLANOS
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	ROCIO APAZA QUISPE

II. PUNTOS DE VALIDACION

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

III. OPINION DE APLICATIBILIDAD:

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

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

97.22%

Erik Rodrigo Quispe Llanos
ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
CIP N° 346089



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 28/08/25

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ROCIO APAZA QUISPE

Dirección: COND. CAPANO SILACACHI - CAPACHICA - PUNO - PUNO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 75503267

Teléfono: 987910531 email: rociopaza2000@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGUA POTABLE, PLANTA DE TRATAMIENTO, REMOCIÓN

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

2

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

28/08/2025

Fecha