



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA  
SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO**

**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 DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA  
SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO**

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

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:   
\_\_\_\_\_  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO**

:   
\_\_\_\_\_  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
\_\_\_\_\_  
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:   
\_\_\_\_\_  
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1698-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 14967 presentado por el (la) Bachiller: **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO** 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. **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

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

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

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- \* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO.** – **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**ARTICULO TERCERO.** – **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : viernes 13 de diciembre del 2024
- \* **HORA** : 10:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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



Dr. Efrain Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado(s)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 507-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 28 de junio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 6761 por el o (la) Bachiller: **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 545- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 20 - 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 o (la) Bachiller: **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS**, 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° 20 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS**, 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 o (la) Bachiller: **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**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. Efraim Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 073-2023-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 01 de diciembre del 2023

**VISTO:** El expediente N° 2023-CU-15766, presentado por el señor (a) **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, el PROVEIDO - N° 240-2023-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 22 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) estudiante: **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO**, ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS**, 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° 22-2023 **aprobando** la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

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

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2023  
Interesado (a)



## EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS

### INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

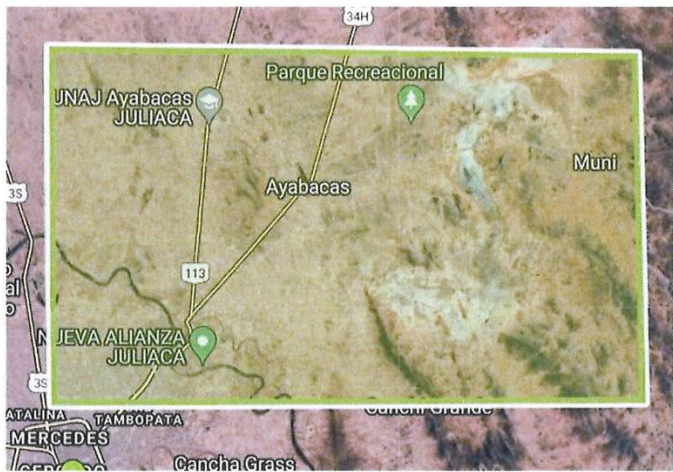
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	15%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	6%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorio.educacionsuperior.gob.ec Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%



### Metadatos Complementarios UANCV



<b>Título de la tesis</b>	
<b>EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	YHAMIL ARMANDO ZAMATA MALDONADO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71848687
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0009-1252-944X">https://orcid.org/0009-0009-1252-944X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7567-039X">https://orcid.org/0000-0001-7567-039X</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Saneamiento ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: San Miguel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latitud: S 15° 29' 27''</li> <li>- Longitud: O 70° 07' 37''</li> </ul>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1jzSh9AbIEoZavueslTZZO4_JhG0bHdg&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1jzSh9AbIEoZavueslTZZO4_JhG0bHdg&amp;usp=sharing</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2023 – Junio 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<p>Ciencias del medio ambiente <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p> <p>Ingeniería ambiental <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p>

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



**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo Yhamil Armando Zamata Maldonado, identificado con DNI Nro. 71848687, en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Sanitaria Ambiental

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

Evaluación de los niveles de arsénico del agua subterránea en la zona de Ayabacas

Asesorado por: Dr: Efrain Parillo Sosa

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 31 de diciembre del 20 24

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante

  
Huella



## DEDICATORIA

A mi madre Gladys Maldonado quien siempre creyó en mí y me brindó su apoyo incondicional durante este viaje académico.

A mis abuelos, cuya sabiduría y cariño me inspiraron a seguir adelante. realizar este trabajo. A Wilson, que no dejo de alentarme para cumplir con mi objetivo profesional.



## AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi familia por su constante ayuda incondicional y consejos que me ofrecieron para culminar esta meta.

Y a todos aquellos que, de una u otra forma, contribuyeron a que este trabajo se hiciera realidad.



## RESUMEN

La contaminación del H<sub>2</sub>O subterráneo a causa de diferentes sustancias contaminantes, entre ellas metales como el Arsénico, evidencia la necesidad de que el H<sub>2</sub>O subterránea sea tratada para ser consumida por personas. De modo que la actual investigación formula una propuesta de generar una planta de recolección hídrica para la comunidad Santa Rosa de Ayabacas. En el agua cruda se detectaron los siguientes componentes, los cuales se encuentran por encima de los límites exigidos más altos (arsénico 0.4 miligramos por litros, turbiedad 5.17 miligramos por litros, conductividad 1783 miligramos por centímetros, sulfatos 310 miligramos por litros y Dureza 690 miligramos por litros). El muestreo fue hecho dentro de una recolección de agua de tubería para consumo poblacional, la evaluación de las muestras recogidas se hizo en laboratorio, con el fin de estimar las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua de tubería y además un estudio de los niveles de As. Ante ello el estudio insinúa una opción de terapia del agua de fuente, de modo que se generen los procedimientos de tratamiento. Tiene las siguientes unidades de tratamiento: Sistema de recolección de agua cruda (agua subterránea), Bombos, Coaguladores (dosificadores químicos), Sedimentadores, Filters, Desinfectadores, además los diseños y números de las unidades de tratamiento están presentes. Los límites reportados al final del estudio en cuestión, indican que se ha disminuido la magnitud de aquellos parámetros que sobrepasaban los LMP, por ejemplo: (turbiedad de 1.23NTU, sulfatos de 240 miligramos por litros, cloruros de 158 miligramos por litros). De esta manera, lograron agua que están dentro de los límites más altos permitidos para ser consumida por personas. El sistema propuesto en el estudio permitirá la eliminación de los contaminantes encontrados en el H<sub>2</sub>O subterráneo, dentro de los límites exigidos de H<sub>2</sub>O para consumo poblacional, que son determinados por la OMS y el *regulations of the quality of human water consumption*. Esta proposición ofrece una medida para frenar el perjuicio de la contaminación por As en el H<sub>2</sub>O de ingesta de personas, en especial H<sub>2</sub>O de recolección subterránea en la Urbanización. Santa Rosa es el nombre de la localidad de Ayabacas.

**Palabras clave:** Agua potable. Agua subterránea. Tratamiento de aguas. Límites Máximos Permisibles. Arsénico. Contaminación.



## ABSTRACT

La contaminación del H<sub>2</sub>O del metro debido a diferentes contaminantes, entre ellos metales como el arsénico, muestra la necesidad de que el H<sub>2</sub>O del metro sea tratado para ser consumido por las personas. Por lo tanto, la presente investigación formula una propuesta para generar una planta de captación de agua para la comunidad de Santa Rosa de Ayabacas. En el agua cruda se detectaron los siguientes componentes, los cuales están por encima de los límites máximos exigidos (arsénico 0,4 miligramos por litro, turbidez 5,17 miligramos por litro, conductividad 1783 miligramos por centímetro, sulfatos 310 miligramos por litro y dureza 690 miligramos por litro). El muestreo se realizó dentro de una captación de agua entubada para consumo de la población, la evaluación de las muestras recogidas se realizó en el laboratorio, con el fin de estimar las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua entubada y también un estudio de los niveles de As. En vista de ello, el estudio sugiere una opción de terapia del agua de origen, con el fin de generar procedimientos de tratamiento. It has the following treatment units: Raw water collection system (groundwater), Pumps, Coagulators (chemical dosers), Sedimentators, Filters, Desinfecifiers, in addition the designs and numbers of the treatment units are present. The limits reported at the end of the study in question, indicate that the magnitude of those parameters that exceeded the LMP has been decreased, for example: (turbidity of 1.23NTU, sulfates of 240 milligrams per liter, chlorides of 158 milligrams per liter). In this way, they achieved water that is within the highest limits allowed for human consumption. The system proposed in the study will make possible the elimination of the contaminants found in the subway H<sub>2</sub>O, within the required limits of H<sub>2</sub>O for human consumption, which are determined by the WHO and the regulations of the quality of human water consumption. This proposal offers a measure to curb the damage of As contamination in H<sub>2</sub>O for human consumption, especially H<sub>2</sub>O from subway collection in the Urbanization. Santa Rosa is the name of the Ayabacas locality.

**Keywords:** Drinking water. Subway water. Water treatment. Maximum Permissible Limits. Arsenic. Contamination.



## INTRODUCCIÓN

Hoy en día mil quinientos milloones de personas no tienen accesibilidad a agua corriente y dos mil quinientos millones de usuarios no colocan de sistemas de depuración de agua, estos sistemas reducirían significativamente las enfermedades. Desde los centros internacionales se está intentando solucionar este problema de agua, sin embargo la corriente continúa por el mismo camino.

El empleo de métodos sustentables es fundamental para progresar hacia una mayor extensión del planeta, en especial en lo que se relata a la recolección, tratamiento y reuso del agua. Se muestra la construcción de los humedales como un paradigma de utilización de tecnología sustentable y adecuada para tratar diferentes tipos de aguas vasculares, comprendida esta en un origen uurbano, riego o industrial, etc".(M.L. CASTRO DE ESPARZA, 2006)

El H<sub>2</sub>O se trata de un fluido elemental ya que es importante e importante para la subsistencia de los homo sapiens, además es un elemento fundamental para las diligencias ordinarias, domésticas e industriales, artísticas, científicas y agronómicas.

Se cree que doscientos millones de individuos a nivel mundial están inmersos en contenidos de As en el H<sub>2</sub>O que superan el límite aconsejado de diez miligramos por liter, de pacto a lo exigido por las recomendaciones de la (OMS). La gran parte de este grupo vulnerable se encuentra en naciones del hemisferio sur como India, Nepal, Camboya y Bangladesh. Tambien, se han hallado elevadísimos valores de Arsénico en varias naciones de Aamérica Latina,. Las estimaciones más actuales indican que minimamente cuatro millones y medio de usuarios de América Latina están inmersas en niveles de As que son mayores a cincuenta miligramos por lodo - el límite de Bangladesh. En el país peruano, los actuales límites oficiales de Arsénico en el H<sub>2</sub>O para consumo humano se basan en la sugerencias de la OMS; no obstante, no se conoce casi nada acerca del nivel de coontaminación del H<sub>2</sub>O para ingesta y sus consecuencias para la salubridad(M.L. CASTRO DE ESPARZA, 2006)

La existencia en niveles medios a elevados (al menos 50 miligramos por l) de As en el H<sub>2</sub>O de consumo se relaciona con un enorme peligro de desarrollar cáncer, además de diversas



enfermedades cardiovasculares, neurológicas, heridas en la piel y respiratorias, y por último con un aumento de la mortandad a causa de todas las causas. La costumbre de exponerse de manera crónica al Arsénico además se relaciona con las carencias de habilidades psicomotrices y de pensamiento de los menores. El agua potable puede contaminarse con arsénico de forma natural o como resultado de actividades humanas como la minería. En Perú, los yacimientos de cobre, zinc y plomo que incluyen argita son las principales fuentes de arsénico. Junto con China, Francia, Alemania, México y la antigua URSS, Perú tiene una larga historia de producción de pesticidas e insecticidas. También es uno de los mayores productores mundiales de arsénico, que se utiliza sobre todo en el sector minero. En cuanto a la producción de oro, plata y cobre, Perú también es uno de los primeros países del mundo. Se calcula que 1,6 millones de personas en el país residen a cinco kilómetros o menos de una mina actual o antigua. (SANCHA A.M., O'RYAN R., MARCHETTI Y FERRECCIO C., 1998)

El análisis hecho muestra la medición de contenidos de As en las aguas freáticas, y ofrece una opción para la supresión de As del H<sub>2</sub>O original, con el fin de que este sea apto para el consumo de las personas.

El primer capítulo trata sobre el "Problema" y hace una descripción de la problemática que tiene los sistemas de tratamiento, la falta de agua para ingesta humana que tiene la población del Juliaca.

El capítulo dos detalla los motivos iniciales de los estudios conducted, los conocimientos sobre el As y la condición actual del sistema hidrico.

El capítulo 3 detalla la manera de investigar y describe las particularidades del sistema para la depuración de agua con el fin de remover el As.

El capítulo 4 trata acerca del procedimiento de depuración escogido, del dimensionamiento y creación de instancias deseadas y de la calidad del H<sub>2</sub>O generado.

El capítulo 5 contiene la investigación y el debate acerca de los resultados en específico.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....i

AGRADECIMIENTO..... ii

RESUMEN ..... iii

ABSTRACT.....iv

INTRODUCCIÓN .....v

ÍNDICE DE CONTENIDO..... vii

CAPÍTULO I .....1

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....1

1.1 Planteamiento del problema .....1

    1.1.1 Problema general .....3

    1.1.2 Problemas específicos.....3

1.2 Justificación de la investigación .....4

    1.2.1 Justificación técnica.....4

    1.2.2 Justificación económica.....4

1.3 Objetivos.....5

    1.3.1 Objetivos general .....5

    1.3.2 Objetivos específicos .....5

### CAPÍTULO II

#### MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación.....6



2.2. Marco teórico.....	9
2.2.1. Recurso natural: agua dulce.....	9
2.2.2. Arsénico.....	10
2.2.3. Clasificación del arsénico.....	19
2.2.4. Tecnologías de remoción del arsénico.....	21
2.2.5. Tecnologías convencionales.....	22
2.2.6. Tecnologías emergentes.....	34
2.2.7. Factores de selección de tecnologías.....	38
2.2.8. Datos básicos de diseño.....	42
2.2.9. Componentes del sistema de remoción de arsénico del agua.....	47
2.2.10. ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA.....	55
2.2.11. ENSAYO DE COAGULACION (JAR TEST).....	61

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación.....	66
3.2. Diseño de la investigación.....	67
3.3. Población y muestra.....	68
3.4. Hipótesis.....	68
3.5. Variables e indicadores.....	69
3.6. Descripción General Del Area De Estudio.....	69



**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

4.1. Discusión .....72

4.2. Comprobación de la hipótesis .....73

    4.2.1. Hipotesis general .....74

    4.2.2. Prueba estadística para comprobar hipótesis .....74

CONCLUSIONES .....75

RECOMENDACIONES .....77

BIBLIOGRAFÍA .....78

ANEXOS .....82



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Propiedades Fisicoquímicas .....	11
<b>Tabla 2</b> Propiedades Fisicoquímicas .....	18
<b>Tabla 3</b> Comparación De Los Parámetros Característicos De Tecnologías Con Membranas ...	32
<b>Tabla 4</b> Períodos De Diseño De Las Diferentes Unidades De Un Sistema .....	43
<b>Tabla 5</b> Límites Máximos Permisibles De Parámetros Microbiológicos Y Parasitológicos. ....	60
<b>Tabla 6</b> Límites Máximos Permisibles De Parámetros Químicos Inorgánicos Y Orgánicos. ....	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Valoración cualitativa del ciclo hidrológico .....	9
<b>Figura 2</b> Distribución global del agua en el planeta .....	10
<b>Figura 3</b> Lugares De Muestreo De Agua Y Concentraciones De Arsénico En 2005 Y 2012, Y Actividades Relacionadas Con La Minería En Perú.....	19
<b>Figura 4</b> Principio Básico De La Tecnología SORAS.....	38
<b>Figura 5</b> Pozo Excavado, Perforado Y Aprovechamiento Directo De Manantial .....	47
<b>Figura 6</b> Sistema De Bombeo .....	48
<b>Figura 7</b> Esquema Del Funcionamiento De Los Reactivos De Coagulación Y Floculación. ....	50
<b>Figura 8</b> Floculador.....	51
<b>Figura 9</b> Decantador Troncocónico .....	52
<b>Figura 10</b> Filtros De Arena A Presión .....	53
<b>Figura 11</b> Línea De Impulsión .....	54



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, en el sector Juliaca, hay un inconveniente con respecto a la provisión de agua para sus habitantes, el inconveniente se relaciona además con el incremento de la población, esto genera que los habitantes hagan uso de métodos artesanales, sin entender la importancia de la ingesta hídrica con contaminación de Arsénico y diversas clases de contaminación.

La mayor parte de la población del district of Juliaca gets water via subterráneo, the water is not treated and is directly consumed, often exceeding the maximum tolerable volume by different organizations, osns, the United States Dollar, and the National Water Resources Policy. De esta manera, la transmisión de enfermedades del tracto intestinal entre los individuos es posible.

Por otro lado, la comunidad de Ayabacas no tiene acceso al agua corriente que ofrece la EPS. A la comunidad de Juliaca S.A. Generando la única manera de proveer su necesidad de



agua, haciendo uso de fuentes o recipientes. De esta manera, logran agua sin haberla tratado, agua que contienen componentes que sobrepasan los Límites Máximos exigibles que está establecido en el Reglamento.

Se valoró la calidad del agua de subterránea presentes en el piso inferior, consiguiendo evidenciar que tiene un valor de 0.03 miligramos de Arsénico por lodo, y que este valor se incrementa en otras áreas de la urbanización. Agregados a este inconveniente se poseen valores de Conductividad eléctrica, Turbidez, Dureza total, Sulfatos y que sobrepasan los límites exigibles que tiene el Reglamento para el consumo humano.

El La EPS está a cargo del sistema de tratamiento del sector Juliaca. El río Coata, cuya represa se encuentra en la región Ayabacas, es la única fuente de agua utilizada por SEDA JULIACA S.A. Se ha calculado que la captación de agua es en promedio de 44 m<sup>3</sup>/s en época de lluvias y de 0.500 m<sup>3</sup>/s en época seca.

En la planta de tratamiento «Ayabacas» existen dos sistemas principales de tratamiento: una pequeña unidad Degremont Patent y un sistema estándar. Originalmente diseñado con una capacidad de 100 l/s, el sistema convencional se amplió con dos etapas más de decantadores de alta capacidad que no se instalaron completamente entre 1968 y 1982.

En el 2002 se ejecutó la ampliación de la planta de tratamiento para una corriente de 300 l/s, desde el 2012 en adelante se ha superado debido a la demanda de la población, que ha ocasionado que se actuara sobre las unidades compactas y en especial la de mayor tamaño, cuyo producción de agua para consumo humano se encuentra entre los 320 l/s en época de lluvia y de 350 l/s en época de estiaje. También es importante mencionar que los dos artefactos de patentes Degremont fueron reparados en el año 2007 por la División de Mantenimiento Electromecánico, y desde ese momento vienen funcionando constantemente.



Actualmente la plantación de depuración opera por encima de su potencial de diseño, es necesario construir una planta de tratamiento adicional que genere un aumento de la productividad de 500 lpps para atender la petición de la población. (EPS. SEDA JULIACA S.A., 2016)

Al fin y al cabo, a causa del diagnóstico del sistema de tratamiento, las inspecciones de calidad actuales, definidos por el Real decreto 1066/2004, y el incremento de población. La petición de agua corriente no es capaz de ser ateniéndose a los LMP del decreto, es necesario indagar acerca de maneras de tratamiento y posibles soluciones a corto plazo para poder atender la demanda del público.

### **1.1.1 Problema general**

¿Qué herramientas tecnológicas tiene que tener un establecimiento de depuración de agua para disminuir los grados de As presentes en el agua subterráneo de la Zona de Ayabacas?

### **1.1.2 Problemas específicos**

1. ¿Cuál es la calidad del H<sub>2</sub>O recolectado para los distintos sistemas de suministro de agua para el consumo de los humanos?
2. ¿Cuál es la fiabilidad del H<sub>2</sub>O que se provee a los habitantes del municipio de Juliaca?
3. ¿De qué forma debe ser el prototipo de la planta de depuración con un volumen de  $Q = 2 \text{ l/s}$ , con el fin de disminuir la contaminación por Arsénico del H<sub>2</sub>O recolectado?
4. ¿De qué magnitud es el Arsénico en los cursos de agua subterráneos del área en análisis?



## 1.2 Justificación de la investigación

### 1.2.1 *Justificación técnica*

Se realizó un estudio de métodos para tratar el agua con arsénico y un método capaz de eliminar este metal hasta su límite máximo permitido, que es el mismo que el de las normas nacionales, en respuesta a la petición de los residentes de agua para uso humano y a la total indiferencia de las autoridades regionales, nacionales y locales ante el problema causado por el consumo de arsénico en el agua suministrada a los residentes.

Es fundamental el análisis de las fuentes de recolección de agua y la verificación de su calidad, mediante el estudio de sus características físico, químicos y bacteriológicos, de esta forma se puede determinar el grado de contaminación que tiene la población y, en función de la demanda que tiene la misma, se crean sistemas de suministro hídrico que controlan la calidad de la misma. Garantizando la fiabilidad de la agua que se provee a los habitantes a través de la utilización de plantas de tratamiento.

Actualmente, las empresas de saneamiento de los servicios primarios de las regiones agonizan en su capacidad debido a la antigüedad de sus depuradoras, concebidas en función de las normas de calidad de la época. Se han implantado nuevos métodos para tratar el agua potable. Aunque hay muchas herramientas disponibles para purificar el agua potable, nuestra región no las ha aplicado, por lo que los residentes están bebiendo agua que contiene metales pesados. Los profesionales médicos pueden determinar así las causas profundas de muchas enfermedades del agua.

### 1.2.2 *Justificación económica*

El componente monetario es significativo en el momento de hacer diseños, ya que de ello pende la elección del procedimiento de ingenierías más factible. El agua es muy



trascendental para la existencia humana, es por esto que la comunidad de Juliaca debe poseer este fluido en cantidades que satisfagan las necesidades, requerimientos y deseos humanos. Por esta razón la ingeniería deberá proveer un sustento y obras en favor de los habitantes, además la ingeniería aplicada deberá preservar y cuidar un equilibrio en la naturaleza preservando el ciclo que es necesario para que los ríos utilizados logren ser devueltos, en una situación ya tratada y sin ningún tipo de contaminación, como elemento de la degradación. Esto se alcanza haciendo los cultos análisis de planificación, diseño y administración del medio, explotación de los recursos naturales, creación de estructuras, prestación de servicios y otras formas de organización. Los trabajos planificados de manera correcta implican proyectos de economía, ya que es menos probable que se hagan modificaciones o otros que ocasionen costos por diseños o procedimientos no óptimos.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 *Objetivos general*

Evaluar la tecnología que requiere un establecimiento de depuración de agua para disminuir el recuento de As en el H<sub>2</sub>O de la Zona de Ayabacas.

### 1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Investigar la fiabilidad del agua de suministro de los distintos sistemas de agua para el consumo de los humanos.
2. Evaluar la fiabilidad del agua que se reparte a los habitantes de específico a las normativas de calidad del agua de Brasil.
3. Evaluar el diseño de un prototipo de depuración de agua con una capacidad de  $Q=2$  l/s, con el fin de disminuir la contaminación por Arsénico del H<sub>2</sub>O.
4. Averiguar la magnitud del As en las aguas subterráneas del territorio en análisis



## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Según Molero, 2008, el trabajo en cuestión tiene como sostén técnico las indagaciones del estudio que realizan los ingenieros de Perú y de América Latina que avalan esta ciencias aplicadas que genera la posibilidad de construir plantas más económicas, disminuyendo significativamente la cantidad de conductos y válvulas, a un valor más bajo y en zonas más pequeñas, cuya maniobra y cuidado es más monetario que en las plantas habituales. El procedimiento para purificar el agua actualmente se debe explicar mediante los acontecimientos que se producen al incorporar elementos químicas para desórdenes el H<sub>2</sub>O en los plantas de depuración, por ejm, el mayor discernimiento acerca de la técnica de coagulación/floculación tiene como objetivo exponer que sucede cuando se añade un coagulante al H<sub>2</sub>O turbio, teniendo presente la velocidad de respuesta de los componentes químicos ha sido posible hacer enormes savings en el procedimiento de purificación, igualmente ha sido posible desarrollar compartimientos con diferentes grados de velocidad



dentro de un reactor. La adición de placas que están oblicuas dentro de los sedimentadores, consciente reducir las zonas y los intervalos de paro dentro de estos dispositivos.

M.L. Castro De Esparza, 2006, señala: En varios estados de América Latina como por ejemplo Nicaragua, Perú y Bolivia, al menos 4 millones de personas toman agua diariamente con una concentración de As que pone en peligro su salud en la medida en que se ha transformado en un cuestión de salubridad pública. Causas geológicas naturales (P. México, A. Argentina, C. Chile, P. Perú, N. Nicaragua), actividades humanas como la minería y la refinación de metales por fundición (C. Bolivia y P. Perú), y en menor medida el uso de plaguicidas orgánicos (N. México) son las causas de los niveles de arsénico encontrados en el medio ambiente y en las fuentes de agua para consumo humano. Como es bien sabido, el vulcanismo terciario y cuaternario de la cordillera de los Andes suele estar relacionado con la cantidad de arsénico presente en las aguas superficiales y subterráneas de América Latina. Procede de la mezcla de componentes, de la erosión y desintegración del suelo y de la transmisión atmosférica (aerosoles). Puede encontrarse tanto en su forma tripalente como pentalente en el H<sub>2</sub>O. Además del hecho de que beber agua con arsénico a lo largo del tiempo provoca efectos secundarios desagradables y el desarrollo de asarcismo, existen pruebas de la presencia incuestionable de arsénico tanto en las aguas superficiales como en las subterráneas. Por ello, el presente estudio pretende desarrollar un programa de limpieza de las aguas subterráneas contaminadas con arsénico de modo que sean aptas para el uso humano.

Crisantimo Perraso, 2012, expresa que: A este inconveniente se añaden los constantinos desarrollos de la ciudad de Juliaca de eje mercantil en la región. Haciendo necesario que se realizaran mayores investigaciones en diferentes zonas de la ciudad las cuales no disponen de suministro hidrico por parte de la municipalidad. Logrando llenar las necesidades del público. Los cimientos que existieron de mayor categoría para el estudio, donde se exhiben



desemejantes maneras de remover el As, no obstante no se están aplicándose en los sistemas de suministro hidrico para ingesta humana en las zonas pobladas de Puno, como será más tarde. Debido a que la tierra, el agua y los microorganismos pueden cambiar su estado de oxidación, así como también pueden interactuar con los As en el ecosistema, los valores de As varían. El As se encuentra en una diversidad de niveles de concentración en el aire, el agua, los terrenos, las plantas y los animales. La presencia del ser humano frente a este toxín es una problemática de sanidad pública en varias zonas geográficas de la Tierra, es por esto que es necesario hallar maneras de remover el As, que brinden a la población de H<sub>2</sub>O segura, de manera que se contribuya con el progreso monetario y social de las urbes.

Caminati 2013, comunican que los estudios determinaron que la H<sub>2</sub>O que ofrece la institución en cuestión no cumple con los Límites exigidos de calidad, debido a que la misma se encuentra repleta de bacterias que entran en la categoría de los homotróficos, esto es, la más dañina por tratarse de la que posee la mayor cuantía de microorganismos, esto evidencia la escasas de prácticas higiiénicas en el momento de lavarse y de llenar los recipientes, además de que la misma no es idonea para el consumo. En consecuencia, es de suma trascendencia que la institución university take active steps to address this issue and provide a more effective service towards the health of their employees. Las investigaciones concluidas determinan que la calidad del H<sub>2</sub>O brindado en la institución, que proviene del pozo, no se encuentra en armonía con los Límites Máximos exigibles de la misma manera que el ds número 031-2010-SA, el cual personifica una amenaza potencial para la institución completo a que numerosas usuarios por falta de conocimiento pueden gustar la H<sub>2</sub>O y luego desarrollar algún tipo de enfermedad. Debido a eso, es aconsejado estudiar la viabilidad de incrementar el potencial de la planta de depuración sugerida con el fin de proveer agua para beber en todos los requerimientos, en especial en las necesidades higiiénicas.

## 2.2. Marco teórico

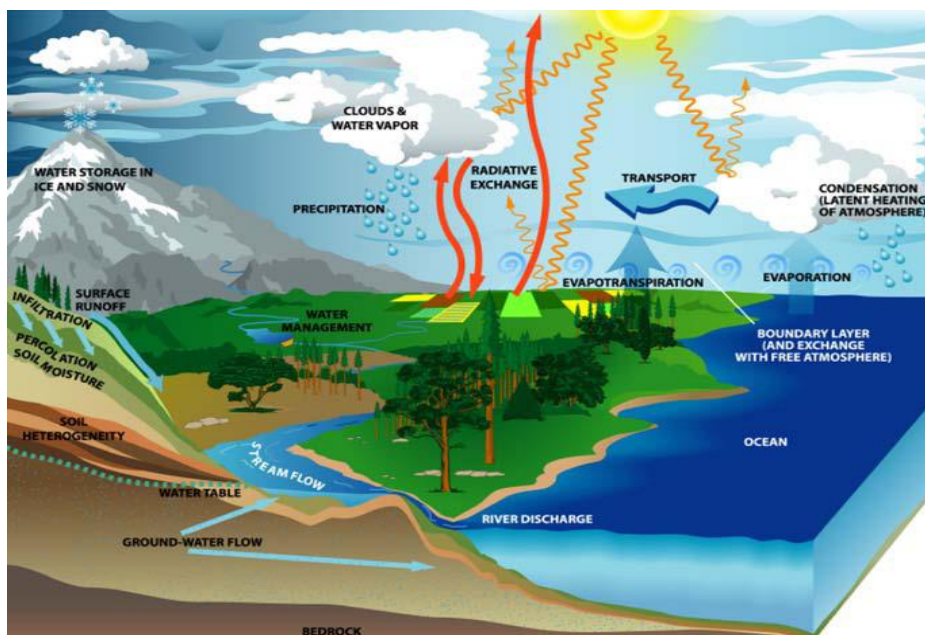
### 2.2.1. *Recurso natural: agua dulce*

El H<sub>2</sub>O es el H<sub>2</sub>O más importante del planeta, y representa la base de la mayor parte de las características de la coexistencia de cualquier ser vivo. El cuerpo está hecho por un ochenta por ciento de agua, y esta agua se encuentra involucrada en la mayor porción de los desarrollos metabólicos que se ejecutan en los seres vivos. Así también el H<sub>2</sub>O tiene un rol significativo dentro del procedimiento de la fotosíntesis que tiene los vegetales y además constituye el ambiente de una gran porción de los seres vivos.

Kamatakis (2010) mantiene que en la Tierra, el agua representa el 76% del volumen del planeta, de los cuales cerca de el 97.4 % se encuentra en los océanos, apenas 2.5 % se halla en gráfía de agua dulce, y la mayor parte se halla en forma de agua salada.

### Figura 1

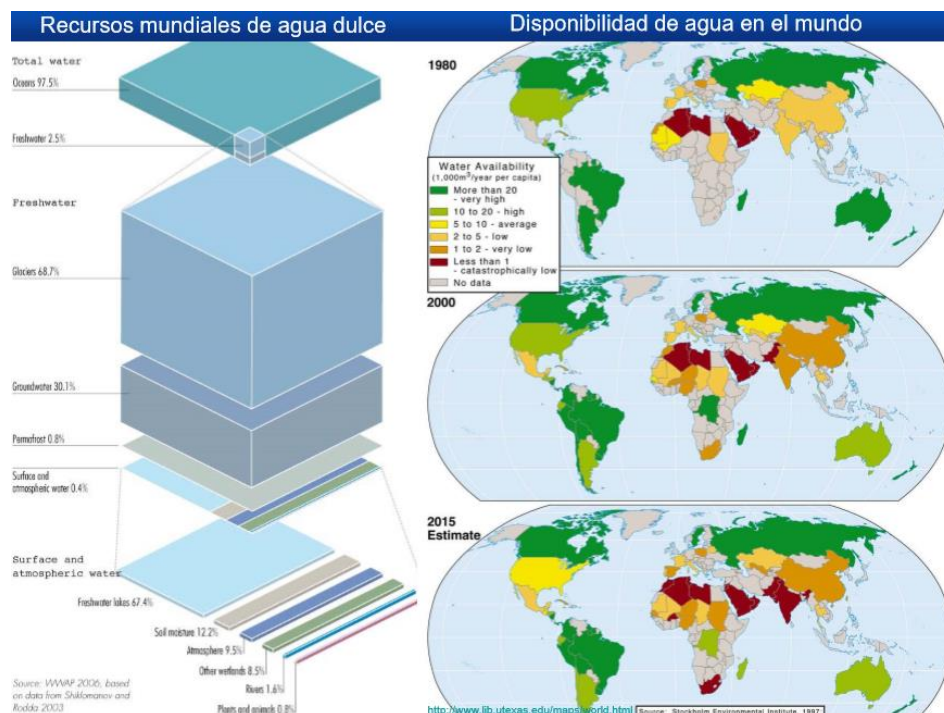
*Valoración cualitativa del ciclo hidrológico*



Nota. Fuente: (KAMATAKIS, 2010)

**Figura 2**

*Distribución global del agua en el planeta*



Nota. Fuente: (KAMATAKIS, 2010)

### 2.2.2. Arsénico

El elemento As es un componente natural que se exhibe en el planeta; que se encuentra en cantidades muy esparcidas en los ambientes, está actual en el agua, el aire y la tierra. En su estado inorgánico es demasiado letal. El As es el constituyente químico con número atómico 33, más allá del 74.92, su símbolo es As; se trata de un elemento semimetálico que tiene la forma de un prisma, de color gris metálico, y que forma compuestos que son dañinos para la salud. (CRISANTO PERRASO, 2012)

Las altas concentraciones de Arsénico inorgánico presentes en los animales y en las plantas se deben a diversas causas, una de ellas es la utilización del agua con una alta concentración de Arsénico, la otra es la ingesta de alimentos con una elevado contenido de Arsénico o de cigarrillos.

La OMS (2016) expresa que : “la exposición larga a los Arseniatos Inorgánicos, particularmente mediante consumo de agua sucia o comida cocinada con este componente y

cultivados con agua de alta concentración de Arseniato puede ocasionar intoxicación crónica. Las consecuencias más identificables son la manifestación de heridas en la piel y de cáncer de piel”.

**Tabla 1***Propiedades Fisicoquímicas*

Compuesto	Fórmula	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Solubilidad en el agua (g/L)
Arsénico	As	613	-	5,73 a 14 °C	Insoluble
Trióxido de arsénico	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	312,3	465	3,74	37 a 20°C
Pentóxido de arsénico	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	315	-	4,32	1500 a 16°C
Sulfuro de arsénico	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	300*	300*	3,43	5x10 <sup>-4</sup>
Acido dimetilarsénico	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsO(OH)	200	-	-	829 a 22°C
Arsenato de plomo	PbHAsO <sub>4</sub>	720	-	5,79	Poco soluble
Arsenato de potasio	KH <sub>2</sub> AsO <sub>4</sub>	288	-	287	190 a 16°C
Arsenito de potasio	KH <sub>2</sub> AsO <sub>3</sub>	-	-	-	Soluble

*Nota.* Fuente: (OMS, 2016).

El As constituye una intimidación grande para la sanidad pública en el momento en que se exhibe en aguas subterráneas infectadas. El elemento arsénico inorgánico se encuentra normalmente en elevadas cantidades en las aguas termales de varios estados, entre ellos se encuentran China, México la India, y los Estados Unidos. Las primordiales vías de ingreso son: el H<sub>2</sub>O que se utiliza para el consumo de personas, los cultivos que están irrigados con H<sub>2</sub>O nocivo y los alimentos que están cocinados con H<sub>2</sub>O nocivo.

Los animales marinos, los insectos, las carnes, los productos lácticos y los cereales además son capaces de ser fuentes de Arsénico, no obstante la magnitud de la misma es muy inferior en las carnes que en las aguas subterráneas infectadas. En los moluscos, el elemento Arsénico se encuentra primordialmente en su figura corporal menos nociva”. (OMS, 2016).



### 2.2.2.1. Presencia del arsénico

El As puede tener procedencias naturales, comunmente de este mineral en los ambientes naturales son las rocosas volcánicas, en especial las consecuencias de la erosión y las cenizas, además son originadas por los sedimentos marinos, los depósitos de mineralización y las aguas termales asociadas, además el carbón y el petróleo son modelos de combustibles fósiles. Su figura se puede hallar en la naturaleza como mineral de cobalto, pese a que en general se puede hallar en la superficie de los rocos mezclado con otros metales como: Fe, Ni, Co, Sn Ag o". (SMITH, 1999)

Según Smith, (2012), se puede constatar que el As deriva en su mayor parte de actividades como la explotación minera y la refinación metálica a través de la fundición, en donde el As se encuentra en las emanaciones de gases o en la escoria, procesos de electrolíticos que producen metales de gran valor como son los cadmios y los zincs, y en menor medida de la agronomía debido a la utilización de pesticidas o herbicidas de origen humano, como el As. (p. 17)

Bundschuh, (2012) expresó: "La existencia de As en los océanos, es una amenaza para los usuarios que tienen fuentes hídricas que presentan As, sea de manera natural o artificial, ya que circunscribe la utilización del agua para fines humanos y otros propósitos, además de impedir el desarrollo económico, la viabilidad del uso de la tierra y el crecimiento de la agricultura". (p. 17)

La inquietud de los habitantes acerca de la magnitud del Arsénico en las aguas se debe a que este compuesto es altamente letal para el cuerpo La ingesta constante a elevadas dosis de Arsénico genera consecuencias dañinas severas que son capaces de ser mortales, en tanto, la exhibición a tiempos extendidos a bajas dosis de As tiene efectos nocivos para la salud.

Por último, pero no por ello menos importante, existen varias razones por las que las personas pueden estar expuestas y consumir niveles elevados de arsénico inorgánico, como beber agua que contiene arsénico, utilizar agua contaminada para la preparación de alimentos, el riego y los procesos industriales, así como fumar tabaco y comer alimentos contaminados.

#### 2.2.2.2. Arsénico en el mundo

El mineral As se encuentra en el H<sub>2</sub>O a causa de la dilución de componentes minerales de los depósitos de la Tierra, la transmisión de fluidos de las plantas industriales y la formación de Sedna, la cual es natural. En los océanos de aguas profundas con una alta dosis de oxígeno, el más habitual es el pentaavalente o arsenato (As+5). En contextos de baja, acostumbradas a los sedimentos de los lagos o bien en aguas subterráneas, predominan los Arsénicos Trivalentes o Arsénitos, (As+3).

Los contextos de oxidación que se encuentran en mayor cantidad en el H<sub>2</sub>O son: El trivalente y el pentavalente, además de una menor frecuencia como As(0), As(-2)As(-1) y. Si bien las dos especies (As+3 y +5) son capaces de moverse en el estado, el estado As es el más blando y tóxico para las plantas. La magnitud de la oxidación del Arsénico, y por ende su desplazamiento, es chiefly determinada por las circunstancias de redox (la potencia de redox, Eh) y del pH. El modo principal de penyebaran del Arsénico en el medio ambiente es por medio del H<sub>2</sub>O. Aún en el caso de que se presente la sedimentación, la flotabilidad de los compuestos de Arseniya y Arseniito es lo bastante grande para que estos componentes se trasladen dentro de los sistemas acuáticos. El contenido de As en aguas de origen natural es muy variable y está sujeto a las maneras de Arsénico presentes en el piso de la zona. Los microorganismos, plantas y animales son capaces de transformarse en compuestos orgánicos toda esta clase de químicos, que son inorgánicos. Las circunstancias que apoyan la oxidación de químicos y biológicos del Arsénico llevan a que el mismo se transforme a especies que tienen cincovalencia, y aquellas que apoyan la reducción llevan a



que la misma se vuelva a un estado que tiene tresvalencia. Los compuestos orgánicos de Arsénico acostumbran a manifestarse en cantidades más pequeñas que los inorgánicos, aunque es posible que aumenten sus posibilidades como consecuencia de reacciones de metilación impulsadas por la actividad de microorganismos (algas, bacterias). Los compuestos orgánicos más importantes son el ácido diimetilarsínico (.

#### **a. DISTRIBUCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUPERFICIALES.**

Los niveles de base de la sustancia Arsénica en los ríos son comparativamente mínimos, en corriente, de 0,7 miligramos por litros, aunque conscientan cambiar dependiendo de las características de la cuenca, del drenaje de los terrenos mineralizados, del clima, de la minería y de la disposición de residuos del sector urbano o industrial. En zonas de clima árido, la incremento del contenido de As en las aguas de superficie es propulsado por procedimientos de gasificación, también genera un incremento en la salinidad y el pH del H<sub>2</sub>O. El procedimiento de sobresaturación por evaporación ha generado, en parte, unas elevadas concentraciones (190 – 21,8 miligramos por litro) en el río Loa, en el norte de Chile. Los niveles de base de la sustancia Arsénica presentes en las aguas de lagos no son muy diferentes de los encontrados en los ríos, y están esencialmente influidos por las mismas causas físicas. Sin embargo, existen pruebas de un aumento de las fases de evaporación en los lagos (como los lagos de las regiones secas) o de una estratificación de la capa de agua, lo que da la impresión de que la capa superior, el epilimnion, tiene un entorno de oxígeno, mientras que la capa inferior, el hipolimnion, tiene un entorno sin oxígeno. Por lo tanto, además de que la concentración de arsénico varía a medida que se desplaza de la superficie a la subsuperficie, se crea una estratificación de las especies de arsénico basada en su dominancia en el epilimnion y el hipolimnion. A pesar de ello, no siempre se cumplen las



condiciones previstas para la separación del arsénico en los mares. Identificación y reducción del arsénico en el agua.

En el océano, la media de Arsénico en contenido es de 1,5 a 4 g/L. Las agrupaciones en las zonas de estuarianos son diversas, debido a la contribución de aguas del continente y sedimentos del continente, y debido a las particularidades de salinidad y de gradiente de redox en el lugar. Las aguas de curso superior en zonas de minería o con mineralizaciones poseen una alta concentración de As, normalmente en el rango de 300-400  $\mu\text{g/L}$ . La contaminación en forma de Geotermia en las aguas de suuperficie y en los acuíferos de mínima profundidad ha sido constantemente reportada en zonas de Geotermia a nivel mundial. Se han seleccionado niveles de contenido de As de hasta 380 miligramos por litros en areas de incidencia de fuentes geotermiales.(Dra. ALARCON HERRERA, 2014)

## **b. ARSÉNICO EN LAS AGUAS CONTINENTALES SUBTERRÁNEAS.**

La decano parte de los depósitos de agua con una alta concentración de As tienen una procedencia relacionada a procedimientos químicos naturales. Una de las particularidades más importantes del caso del As en las aguas de origen subterráneo, es que no existe una correlación directa entre la elevada contenido de As en el H<sub>2</sub>O y la elevada contenido de Arsénico en los componentes del acuífero. No se conoce un prototipo geológico/hidrogeológico que se aplique a todas las manifestaciones reconocidas, hallándose aguas con As en contextos muy diversas, en contextos de reducción o de oxidación, o en depósitos acuíferos sobreexigidos, en areas áridas o en areas húmedas, o en depósitos acuíferos superficiales libres o en depósitos acuíferos profanos. Esta diversidad de situaciones se define por la singularidad de las contextos y los procedimientos que se dan en todos los casos, la existencia de As en cada caso es el producto de un ambiente geológico y contextos hidrológicas particulares. A discrepancia de la contaminación humana, la cual



se genera en una zona específica, la manifestación de elevadas cantidades de arsénico por parte de origen natural es posible que genere una afectación a nivel mundial. Los numerosos casos de «contaminación natural» de las aguas subterráneas por arsénico que se han descubierto en todo el mundo están asociados a una amplia gama de entornos geológicos, como sistemas volcánicos, sedimentarios, mineros, hidrotermales, metasedimentos con filones mineralizados y otros. En esencia, los efectos combinados de la roca y el agua del yacimiento controlan la cantidad de arsénico en las aguas subterráneas. Los contrastes en los entornos naturales varían mucho de un lugar a otro..(Dra. ALARCON HERRERA, 2014)

### 2.2.2.3. ARSÉNICO EN EL PERÚ

Castro de la Plaza de Armas, M.L. (2006) dijo que En el territorio sudcoreano, existen zonas desérticas con gente que toma agua de los ríos que surgen en la Cordillera Andina y que llevan dirección al Pacífico. En unos de los ríos en cuestión se han observado residuos de Arsénico, un ejemplo es el río Locumba (5 miligramos de As por L), el cual pasa por Puno y Moquegua (Valles de Ilo), y tiene una población que está expuesta a este elemento de aproximadamente doscientos cincuenta mil personas. En el año 1994 se hizo una investigación de la calidad del Arsénico presentes en las aguas de ingesta de la orilla del río Rímac, y se evaluaron 54 muestras de H<sub>2</sub>O, de río, de pozo y de manantiales; se corroboró que el 94% de las muestras se encontraban por superior del límite aconsejado por la OMS. A pesar de ello, no se han documentado eventos de intoxicación con Arsénico. Durante 1999 se realizó otro análisis en las aguas que se consume en la región de Huaytará, en Huancaveelica. De las 32 muestras estudiadas, se logró una media de 0,0235 miligramos de As; la mayor contenido se halló en Pachac, posiblemente a razón de un establecimiento que se encarga de almacenar fertilizantes y plaguicidas de tipo arsenical. (p. 8)



En algunos sectores del sur peruano, el H<sub>2</sub>O para el consumo de las personas está sobrepasando los límites de la OMS en cuanto a la concentración de Arsénico, por lo que es probable que no sea apto para su consumo. Solicita mayor atención por parte de los especialistas y los responsables en la administración de H<sub>2</sub>O para la ingesta de los humanos. En tal caso de muestras de agua de pozo, los análisis indican que el kit EQ está relacionado con la limitante de Arsénico que tiene la OMS, de modo que, podría ser una potente herramienta para el control de Arsénico en el H<sub>2</sub>O.

Se tomaron muestras de H<sub>2</sub>O de 152 fuentes en 13 distritos de Perú y se analizaron los niveles de As en el laboratorio empleando la técnica de espectrometría de masas de plasma que está acoplada de manera inductiva. El set de campo de E Q fue corroborado al comparar una porción de 138 muestras de H<sub>2</sub>O evaluadas por los instrumentos de laboratorio y el kit E Q. En las zonas de Juliaca - Caracoto, el 97% de las muestras de agua de subterránea, el Arsénico se encontraba por superior de los límites máximos, de acuerdo con la OMS.

Tabla 2

*Propiedades Fisicoquímicas*

District	Community	Source type	No. of samples	Mean arsenic concentration, µg/l (range)
Achaya	Achaya	Groundwater	1	4.6
	Calapuja river	River	1	34
	Ramis river	River	3	16.9 (7.1–31.5)
	Chuquillana	Groundwater	2	2.9 (2.1–3.8)
	Lluncha	Groundwater	2	1.7 (0.1–3.4)
Ananea	Ananea	Groundwater	1	0.1
Caracoto	Caracoto	Groundwater	20	67.0 (31.9–113.1)
	Caracoto	Municipal water supply	1	4.25
Chucuito	La Raya	Municipal water supply	1	0.1
Crucero	Crucero	Municipal water supply	1	0.1
Juliaca	Néstor Cáceres Velázquez	Groundwater	27	51.7 (1.6–154.8)
	Sector Palca Pampa	Groundwater	1	150
	Taparachi	Groundwater	48	62.0 (1.2–193.1)
La Oroya	La Oroya	Municipal water supply	1	7.1
	La Oroya	River	5	7.7 (2.2–13.3)
	Yauli	Municipal water supply	2	7.2 (4.3–10.1)
	Yauli	Stream	1	0.1
Lima	Oasis	Municipal water supply	3	2.5 (0.9–4.2)
	Pampas	Municipal water supply	2	3.5 (3.3–3.6)
	Rímac river	River	14	21.7 (14.6–42.5)
Platería	Potojani Chico	Groundwater	1	0.1
Puno	Collacachi	Spring	1	0.9
	Collacachi	River	1	5.8
	Collacachi	Groundwater	2	1.65 (0.3–3.0)
	Mi Perú	Spring	1	0.1
	Mi Perú	Groundwater	1	0.82
San Antón	San Antón	Groundwater	2	52.5 (45.6–59.4)
Taraco	Ramis	Groundwater	3	29.6 (9.6–63.0)
	Ramis	River	2	7.5 (1.4–13.6)

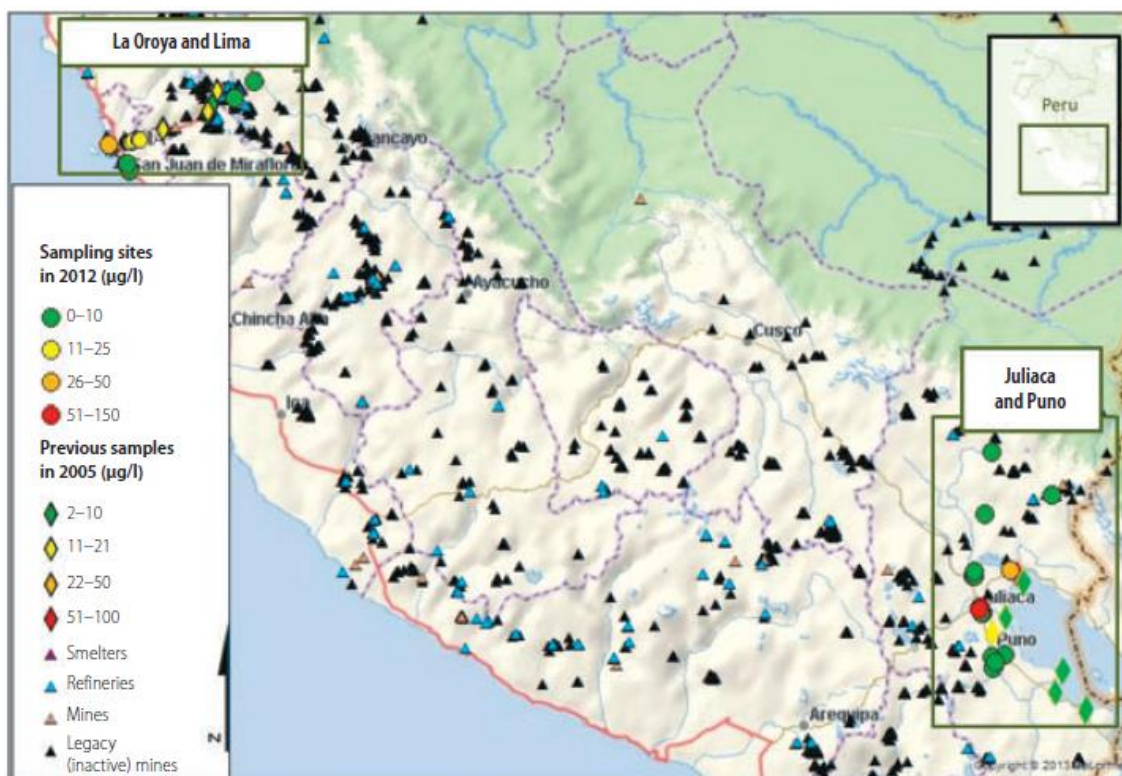
Nota. Fuente: (GEORGE, 2014).

En el 87% (97/111) de las muestras hídricas, el Arsénico sobrepasó el límite de concentración de 10 µg / l que figura en la (OMS) para el H<sub>2</sub>O para beber. En el 56 por ciento (62/111) de los casos, sobrepasó el límite de Bangladesh de 50 miligramos por l

(rangos de 0,1 a 93,2). En las zonas de Juliaca y Caracoto, dentro del 97% (26/28) de las muestras hidricas subterránea, el As se encontraba por superior de los lineamientos de la OMS; En el caso de las muestras de agua recogidas en la parte del río Rímac que discurre por Lima, todas ellas tenían una concentración de Arsénico que sobrepasaba el límite de la OMS. En la ocasión en que se corroboró con pruebas

### Figura 3

*Lugares De Muestreo De Agua Y Concentraciones De Arsénico*



Nota. Fuente: (GEORGE, 2014)

### 2.2.3. Clasificación del arsénico

Varios estudios de E.E.U.U. (acuíferos detríticos en Wiscos) apuntan a una de las fuentes naturales de As en aguas subterráneas como puede ser la conjunción de ambientes químicos que solicitan la presencia de pirita y de manera específica, de Arsénopirita como



sustrato mineral y como mediador. En este contexto el As Inorgánico se mueve en la forma de (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Otro estudio hidrogeológico asimismo señala hacia una fuente similar la origen del As en varias poblaciones españolas, en el momento en que las capas de piritita que se encuentran en el fondo de los tarros se mezclan con el O<sub>3</sub> y, cuando se extrae el agua del interior del tarro, se descompone el As.

Las fuertes presiones y temperaturas que las aguas de abajo están sujetas pueden generar una circunstancia de reducción con la incorporación del Arsénico al H<sub>2</sub>O de abajo.

Además se encuentra en productos del mar (crustáceos, caracoles) debido a la Contenidos de Arsénico que tiene el plancton.

La concentración de Arsénico en las aguas de subterránea es también posible de explicar por consecuencia de la utilización, en ocasiones excesiva y sin control, de productos relacionados a las actividades de agricultura, la jardinería y la limpieza de plantas invasoras, por ejemplo: los fungicidas, los insecticidas y los plaguicidas en general. Varios de ellos poseen Arsénico como elemento toxicológico, ya que su empleo está aconsejado para el combate de distintas plagas.

a) Arsénico Gaseoso:

Acreditado de igual manera como arsina (AsH<sub>3</sub>) arsina, arsenamina, yohimbina. La arsina es un elemento gaseoso incoloro de aroma desagradable, con una temperatura de ebullición de 55°C y una temperatura de fusión de 113.5°C. A diferencia del amoníaco, que no es soluble en H<sub>2</sub>O, el Arsénico sí lo es y por consecuencia se descompone en hidrógeno y Arsénico.

La envenenación por arsenamina se identifican sobre todo por su efecto altamente hemolítico, inclusive a niveles muy bajos, una concentración de 250 ppm es posible que cause la muerte (20). Además es entonador de la S.N.C. Genera

hepatitis y nefritis hemoglobina, además de la muerte de los riñones, por lo que se le conoce como el “hongo asesino”. (CEPIS, 2004)

#### 2.2.4. *Tecnologías de remoción del arsénico*

La concentración de As en el H<sub>2</sub>O que se consume en los seres humanos es una problemática actual que involucra a millones de individuos alrededor del planeta, particularmente en las clases socioeconómicas bajas que se encuentran en las zonas suburbanas de los centros urbanos. Frente a este inconveniente en la región y el planeta completo, se optó por realizar estudios y estudios para remover y/o disminuir la magnitud de As en las aguas, de esta manera se creó varias tácticas para remover el Arsénico del H<sub>2</sub>O que se consume humano.

Conforme a los análisis hechos, es necesario elegir una correcta tecnología para cada circunstancia que determine las causas de contaminación; por esta razón, es necesario examinar la viabilidad técnica, en primera instancia y subsiguientemente la viabilidad socioeconómica y el bienestar del ecosistema del lugar.

Iberoarsen, C. quien fue citado por Crisanto, T. (2012) expresó: “Las características técnicas, fisionómicas y microbiológicas de los recursos acuáticos y de los métodos de extracción disponibles en la región son de suma categoría para estimar el más óptimo para la extracción de agua. El proceso de selección de la manera está sujeto a la diversidad de especies de As, la características químicas del H<sub>2</sub>O, el potencial de reducción, la dureza, el contenido de sílice, sulfatos, iron y otras especies de la naturaleza, los cantidades a ser *معالج*ados y la grado de complicidad que se puede aplicar. Además, es necesario tener en cuenta la manera en que se maneja y se finaliza los residuos producidos.(pp.33-34)

Se debe tener en cuenta la condición socioeconómica de la localidad cuando se piensa en la aplicación de una tecnología para depurar agua para el consumo de personas; en este

sentido, se debe tomar en cuenta la relación entre los habitantes y los centros poblados, los ingresos, la cantidad de personas, la presencia de padecimientos crónicas, la falta de H<sub>2</sub>O segura, la calidad de vivir, la pobreza, y otros factores que tienen que ver con la cultura y la política para depurar el agua para el consumo de personas.

En la actualidad se echa de ver alrededor de catorce métodos para la eliminación del Arsénico, que están clasificados como convencionales y saliente, y que tienen la capacidad de reducir el Arsénico desde el setenta por ciento hasta el noventa y nueve por ciento de manera eficaz, estos métodos normalmente se utilizan en las zonas urbanizadas a manos de las empresas suministradoras de servicios de agua. En el futuro se dará una breve descripción de los avances tecnológicos más trascendentales y abandonando para el próximo capítulo la creación de la tecnología de floculante.

## **2.2.5. TECNOLOGÍAS CONVENCIONALES**

Estas maneras de quitar el A se fundan en procedimientos químicos elementales que se ejecutan en conjunto, en orden o por separado. Algunas de las herramientas de tecnología en cuestión son: la reducción de óxido, la precipitación, la coagulación, el ablandamiento con cal, los procesos de la membrana y el intercambio iónico.

### **2.2.5.1. ÓXIDO-REDUCCIÓN**

La mayor parte de las herramientas de eliminación de Arsénico son provechosas en el momento en que el componente que se desea mover, está a su situación pentavalente y es más sencillo que el pH se exhibe en una franja de 6.5 a 7.5, para luego realizar el tratamiento adecuado. En consecuencia, es necesario que los componentes del Arsénico se oxidan en primer lugar. Sin embargo, es necesario notar que la oxidación a manos de otros elementos



físicos o químicos no es capaz de oxidar el Asenico del H<sub>2</sub>O, es por esto que la óxido-disminucionse utiliza como una depuracion previo, para la eliminación.

Iberoarsen, (2012) expresó: “El aAs es posible que se oxide directamente por una cantidad alto de componentes químicos, siendo el Cl<sub>2</sub>, el H<sub>2</sub>-PO<sub>4</sub>, el KMnO<sub>4</sub>, el Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, los O<sub>3</sub>, los PAH y el Reactor de Fentoon (H<sub>2</sub>/ Fe<sub>2</sub>). El cloro es un enhancer rápido y eficaz, sin embargo es posible que genere respuestas con el material orgánico, y produceihalometanos letales como consecuencia. En el continente europeo y de Estados Unidos. El Ozono se utiliza actualmente en reemplazo del Cloro y es crecientemente usado en la industria de la construcción. El permanganato de potasio (KMnO<sub>4</sub>) es un propulsor con éxito en la identificación de los componentes químicos que reaccionan con el asenito, y es normalmente encontrado en los países en vías de desarroollo. El H<sub>2</sub>O con oxígeno puede ser un potente oxidante en caso de que el H<sub>2</sub>O tenga una alta concentración de hierro disuelto, esto es, frecuentemente se combina con la contaminación por arsenico; en este momento se originan reacciones de tipo Fenton”. (p. 35)

- El proceso de oxidación-reducción es útil porque es rápido, barato y produce pocos residuos, al tiempo que oxida otros materiales inorgánicos y mata microorganismos.
- El reto clave es la eliminación del arsénico pentavalente, que requiere un control adecuado del pH y la oxidación, así como técnicas complementarias.

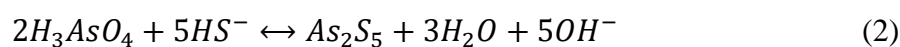
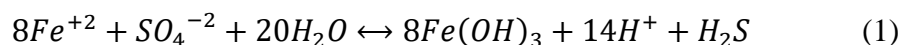
#### 2.2.5.2. Precipitación

En esta práctica se capitaliza la inalterabilidad de ciertas mezclas de sustancias arsenicales, como por ejemplo el sulfuro de As (III), el Arseniato de Calcio y el Arseniato



Férrico. La tolerancia al Arsénico varía según el tipo de material, el pH y otras particularidades.

Tenny, R. mentioned by Crisanto, T. (2012) explains: "After, we'll discuss the utilization of various substances in order to produce precipitation of the compounds of As and associated reactions.

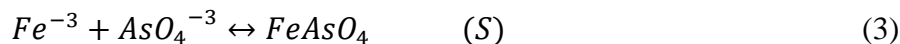


El Arsénico en solución tiene un valor más soluble que el que se recomienda para el agua de consumo, sin embargo, el valor remanente en el agua es todavía significativamente más grande que el valor parpado. La precipitación que se produce por la aplicación directa del hidrógeno de sulfuro no es muy eficaz y se requiere de rangos de pH de 2,5-3,0". (p. 36)

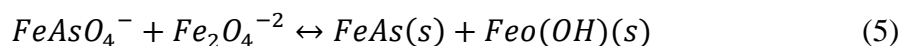
- **El CaO o Ca(OH)<sub>2</sub> añadido al agua contaminada puede producir moléculas de arseniato cálcico. El uso de soluciones reactivas a concentraciones superiores a 50 mg/L puede provocar la precipitación de una proporción significativa de As a niveles de pH superiores a 10,5. Aunque a veces se han observado niveles de 0,010 mg/L, es difícil conseguir concentraciones finales de As inferiores a 1 mg/L (CHENG, 1994).**
- **La producción de Mg<sub>3</sub>(AsO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> es el resultado de la inclusión de sales de magnesio. Estas sales pueden emplearse en cantidades traza para provocar la inestabilidad del arseniato en residuos, sedimentos y suelos.**



- **Arseniato férrico:** «La precipitación también puede eliminar As(V) como arseniato férrico». Alternativamente, pueden añadirse sales férricas al agua que contiene As.



- A niveles de pH inferiores a 2, puede producirse precipitación, formando una sustancia amorfa con partículas de hasta 100 nm. Son necesarias temperaturas superiores a 90°C para la conversión en una sustancia cristalina (escorodita) (CHENG, 1994).
- Sales ferrosas: la adición de sales ferrosas, como el sulfato ferroso, y su posterior oxidación con iones ferrato es otro método terapéutico, como se ha demostrado:



- También se sabe que cuando aumenta la dosis de iones Fe<sup>3+</sup>, disminuye su solubilidad en agua.
- A continuación se exponen las ventajas e inconvenientes de este método de tratamiento por precipitación:
- Utilidad: es una técnica rápida que acelera el proceso de oxidación y es una forma bastante sencilla de destruir microorganismos.
- Dificultad: Estos aportes químicos precipitantes son caros, producen residuos, regulan eficazmente el pH y pueden provocar la removilización del arsénico.

### 2.2.5.3. Coagulación- filtración

La coagulación es un procedimiento de transformación de las aserrines de agua en forma de coloidal que se genera al anular las fuerzas que las posicionan de manera separada, por medio de la agregación de sustancias químicas que sirven como coagulantes y la utilización de una energía de mixto. (Andia, Y, 2000, p. 9)

El procedimiento de coagulación está entre las terapias más rentables, sin embargo también es uno de los más costosos si no se tiene cuidado el procedimiento. Debido a eso es uno de los procedimientos que se utilizan en todo el mundo, ya que resta una gran cantidad de artículos de diferentes clases y con diferentes weights, siendo la alternativa más económica en base a otras técnicas.

### 2.2.5.4. Ablandamiento con cal

El reblandecimiento con cal es un procedimiento de metamorfosis que normalmente se utiliza la piedra caliza, y en este caso, con el acompañamiento de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, se forma calcio carbonato, este procedimiento incrementa el Arsénico en coagulación.

La respuesta de la cal con dureza es muy tardía en alejamiento de microorganismos que cristalizan. En cambio, en oposición a una cantidad grande de cristales de caarbonato cálcico ya maduros, la reacción toma diversos minutos para suceder. En tanto que la lluvia se produce sobre las cristales, estos últimos tienden a incrementar su magnitud, de modo que la velocidad de precipitación se incrementa. Lo anterior sucede en caso de que la superficie de los cristales de CO<sub>3</sub>Ca esté libre de contaminación. Debido a eso, la presencia de sustancias orgánicas de tipo coloidal es posible que impida la cristalización, siendo uno de los motivos por los que se efectua en simultáneo una coagulación y floculación.” (Espigares, M y Perez, J.A., 2015)



- ✓ El tratamiento secundario es necesario ya que este método no consigue reducir el nivel de arsénico por debajo de 1 mg/L.
- ✓ A continuación se exponen las ventajas e inconvenientes del tratamiento de ablandamiento con cal:
- ✓ Utilidad: Desde el punto de vista comercial, los compuestos se encuentran fácilmente en el mercado.
- ✓ El inconveniente es que produce lodos peligrosos como residuos sólidos que repercuten en el medio ambiente.

### 2.2.5.5. Adsorción y precipitación

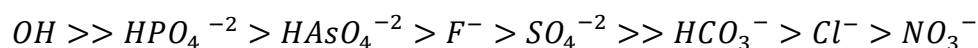
“El As” es posible que sea altamente seducido por los lugares de recolección sobre el plano de varios materiales inalterados y este método puede utilizarse para remover eficazmente As del fluido. Es posible utilizar óxidos de aluminio (alúmina activada), óxidos de hierro (como hidróxidos de hierro en forma de gránulos GFH), dióxido de titanio, óxido de cerio o metales disminuidos.” (Iberoarsen, I., 2008)

- ✓ Se ha comprobado que los materiales a base de óxido e hidróxido de hierro tienen una eficacia muy buena en la eliminación del arsénico. Se han desarrollado varios productos, como el óxido de hierro granular y, en particular, el hidróxido de hierro granular GFH®, con un rendimiento superior al de cualquier otro material adsorbente. La sustancia sintética akaganeitita GFH® tiene un punto de carga cero de pH 8,2. El mineral akaganeitita, que tiene la fórmula  $[\text{Fe}]^{(3+)}\text{O}(\text{OH},\text{Cl})$  y una estructura cristalina monoclinica, se descubre en diversas minas terrestres, así como en rocas devueltas desde la Luna durante la expedición Apolo. En 2008,



Iberoarsen, I. Utilidad: elimina con éxito las especies de arsénico (III), mantiene los aniones de arseniato y utiliza compuestos que se pueden adquirir fácilmente. El reto es que primero hay que oxidar el hierro granular y, dado que los óxidos o los hidróxidos no se pueden reciclar, hay que manipular más residuos: los lodos con un alto contenido de hidróxido [Fe  $[(H_2 AsO_4)]_3$ ]. Debido a la competencia por los sitios de adsorción, la sílice causa interferencias en las aguas que la contienen.

- **Alúmina Activada:** “En entornos industriales, la alúmina hidratada se calcina para crear alúmina activada. Estas alúminas tienen volúmenes de poros sustanciales con una distribución bien definida del tamaño de los poros, bajos grados de cristalización y una superficie interna de entre 200 y 300 m<sup>2</sup>/g.
- Una combinación de óxidos de aluminio amorfos y gamma ( $\gamma$ - [Al]  $_2 O_3$ ) es la alúmina activa que suele utilizarse en el tratamiento del agua. Se fabrica calcinando hidróxido de aluminio [Al  $[(OH)]_3$ ] a temperaturas que oscilan entre 300 y 600°C.
- La siguiente serie de selectividad indica los iones que prefiere la alúmina activada. En 2008, Iberoarsen, I.



Debido a que la adsorción competitiva de iones sulfato es menos efectiva, las especies de arseniato pueden así manejarse extremadamente bien, y la reducción sustancial en la capacidad de adsorción se debe únicamente a la presencia de fosfato. La carga superficial positiva puede restaurarse regenerando el material con soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) y lavándolo después con ácido.

En comparación con las resinas de intercambio iónico, la regeneración es más difícil y tiene menos éxito, ya que elimina sólo el 50-80% de las especies de As. Además, la disolución de la alúmina activada en condiciones de alta alcalinidad puede provocar la pérdida de material.

- ✓ Utilidad: consumibles accesibles comercialmente, una larga vida útil, una tecnología de funcionamiento relativamente sencilla y bien conocida, y una elevada eficacia de eliminación del As (en torno al 95%) hacen que este método sea especialmente eficaz para eliminar el arsénico.
- ✓ Las limitaciones del dispositivo incluyen un rango de pH relativamente estrecho (de 5,5 a 6), la incapacidad de alcanzar un alto nivel de regeneración (pérdida de entre el 5 y el 10% de la capacidad de adsorción por ciclo), la generación de residuos líquidos con un alto contenido en sal y la pérdida de alúmina activada debido a la disolución en medios de alta alcalinidad.

#### 2.2.5.6. Procesos de membrana

##### **Microfiltración (MF)**

El procedimiento de depuración implica usar placas de secado con una dimensión de orificio entre los 103 y los 104 Å, y una fuerza de trabajo medio de 3 bares. Se utiliza primordialmente para la depuración de partículas (ilustración) y en caso de que se emplee en reemplazo de una recolección con arena, es posible que también sea efectivo. Se utiliza con el fin de remover el asbesto con un procedimiento previo de coagulación". (CRISANTO PERRASO, 2012)



### **Ultrafiltración (UF)**

Es el procedimiento de limpieza y desinfección que se estima como un procedimiento de depuración y depuración utilizando un Membran. Estas envolturas usadas en la depuración de ultrafiltración son porosas, y tienen un tamaño de poro que se encuentra entre 30 y 100 Å, de modo que únicamente permiten el rebote de sustancias griegas (macromoléculas) y además de todo clase de microorganismos, como por ejemplo los viruus y las baacterias. En razón de que los soolutos de minimo peso molecular no son tomados en la uultrafiltración, la fuerza de atracción osmótica logra ser desechada y la presiión de labor puede ser mantenida en un rango de 1 a 10 baares. (CRISANTO PERRASO, 2012)

### **Nanofiltración (NF)**

Este procedimiento basa sus principios en la utilización de membranas que tienen propiedades semipermeables, las cuales permiten el paso de H<sub>2</sub>O y distinguen entre H<sub>2</sub>O y otros solutos. Las membranes usadas son porosas y tienen un tamaño de poro que está entre 40 y 100 Å, y una fuerza de trabajo media que está entre 4 y 10 bares. (CRISANTO PERRASO, 2012)

La nanofiltración es una actividad relacionada a la fuerza durante la cual se produce un distanciamiento basado en la magnitud de los compuestos. Las láminas generan la distinción. La habilidad en cuestión es sobre todo utilizada para la supresión de componentes orgánicos, como por ejemplo los microplásticos o los iones con varias valencias. Las membranes de nanofiltración consiguen retener ligeramente los saldos monovalentes". (Nanofiltración, s.f.)

- ✓ Ventajas: es posible quitar el As (> al 95%) con el fin de remover el As trivalente y el As pentavalente, por ello se emplean presiones mínimas que la osmosis inversa, además la operación es más económica.
- ✓ Desventajas: la superficie de los nanoporos está llena de agua, por lo que es necesario precondicionar la misma para su tratamiento, esto genera un desecho acuoso.

#### 2.2.5.7. Osmosis inversa

Crisanto, T. (2012) explica: "Se trata de un procedimiento que repite lo que acontece diariamente en los animales en sus biología. Si se mezclan H<sub>2</sub>O pura en un recipiente y una solución salina en otro, las dos son capaces de atravesar una membrana que no es permeable, la diferencia de potencial entre las dos soluciones provoca que el agua pura salga por el lado de afuera, a través de la membrana. El pasaje de agua reduce la medida de la solución salina, intentando equiparar las fuerzas de la misma. Este suceso se llama ósmosis y la fuerza que surge de la mayor altura de la hidrostática en el espacio de la solución concentrada es designada como fuerza osmótica." (p. 42)

Esto quiere decir que las membranas que están semi-permeables tienen la capacidad de generar una presión osmótica, la misma fuerza provoca una resistencia que impide que los productos químicos disueltos en el segundo recuadro pasen a través de las mismas y de este modo el H<sub>2</sub>O pura del otro recuadro no se contamina.

En el cuadro 3 se comparan las características particulares de cada tipo de membrana utilizada en las tecnologías mencionadas.

La presión debe ser superior a la presión osmótica de la solución salina estudiada, y la anchura de las membranas suele oscilar entre 5 y 20 Å. Normalmente, esta presión oscila entre 10 y 20 bares.

- ✓ Ventajas: la capacidad de eliminación del As es alta (> al 95%), muy eficaz en el caso de que se quemó otro tipo de componentes y TDS total, el equipamiento es pequeño y automatizado, y crea residuos no tóxico-pelágicos.
- ✓ Desventajas: altas tarifas de operación y mantenimiento, elevada tecnología, crea descargas de agua condensada, requiere un prensado, dificultades al lidiar con aguas de gran salinidad, se debe depurar grandes cantidades de agua cruda". (CRISANTO PERRASO, 2012)

**Tabla 3**

*Comparación De Los Parámetros Característicos De Tecnologías Con Membranas*

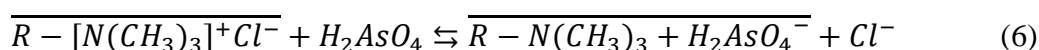
Membrana	Rechaza			Sólidos suspendidos	Presión de operación promedio (bar)
	monovalentes	multivalentes	orgánicos		
<b>Microfiltración</b>	No	No	Parcial	Si	3
<b>ultrafiltración</b>	No	No	Si	Si	7
<b>Nanofiltración</b>	Poco	Si	Si	Si	3 a 10
<b>Osmosis inversa</b>	Si	Si	Si	Si	10 a 20

*Nota (D'AMBROSIO, 2005)*

### 2.2.5.8. Resinas de intercambio iónico

El comercio iónico es el procedimiento físico-químico de ions que tiene lugar entre la etapa líquida y la etapa sólida sin transformarse periódicamente en la estructura del sólido.

Iberoarsen, (2012), expresó: “ Para la eliminación de As, existen soluciones de reemplazo iónico de gran base en forma de cloruro, que están comercialmente factibles. Es posible utilizar polimericas resinas de reemplazo iónico, que normalmente están mezcladas con divinilbenceno (poliestireno entrecruzado con este componente). Para el As, se han utilizado agrupaciones de aminoquaternarios,  $[[N^{+}(CH_3)]_3]$ . El arseniato es posible que se cancele totalmente, transformando la producción de efluentes en la menor medida posible, es decir, 0,001 miligramos por litro.



El procedimiento de la renovación de las resinas se hace mediante soluciones de NaCl. La habilidad de transformación de esta resina está primaril y determinada por la calidad del agua que se toma y por la incidencia de la adsorción rival de otros aniones presentes en el H<sub>2</sub>O. La adsorción que sigue las clases de selección tiene el nombre de relative selectividad.

En consecuencia, los géneros de Arseniato se removerán con mucha facilidad, pese a la fuerte influencia de sulfato y nitrato. La supresión de Arseniato es viable únicamente en las contenidos de sulfato por debajo de 50 miligramos por liter, en este lugar es posible conseguir tasas de desplazamiento por encima de 750 miligramos por liter entre dos regeneradores. En las elevaciones más elevadas, los periodos se reducen hasta casi nada con el fin de economizar en la eliminación de los ciclos. Ha sido información sobre la terminación de los periodos de funcionamiento. Si en el H<sub>2</sub>O inicial existe As (III), es necesario un proceso de oxidación



previo al momento en que se produce el intercambio iónico. Ciertos análisis indican la utilización de conversores de aniones revestidos con mineral de hierro o de manganeso. (CRISANTO PERRASO, 2012)

**Acción:** “la persona que está infectada con As, recorre el trayecto hasta que llega a su destino y empieza a escapar los contaminantes. Ante ello la resina (fasesolid) se reactiva con un solución de regeneración que contiene un constituyente que lleva los residuos para disposición en forma de efluente líquida: este es un tecnica para la depuración de una entrada, en donde primero se inyecta un agente oxidante, como es el caso del cloro, para asegurar la transformación de As (III) a As (V), que es estimado un periodo de tiempo adecuado para que el As se oxide con el agente oxidante. Para que la comunicación iónica sea más eficaz, se debe realizar un procedimiento de purificación con un filtro de carbón activado que tiene una granulometría de 0,5 a 1,5 cm. En este caso, la resina se hace morir con el cloro, el iron, el manganeso y también con la mayor parte de los componentes orgánicos presentes en el H<sub>2</sub>O.

**Beneficios:** No es forzoso el control del pH, es muy efectivo con un cinco por ciento de éxito, es efectivo para las aguas con una alta concentración de Arsénico, una alta pH y pocos sulfatos y bicarbonatos, es buena para remover nitratos y Cromatos.

**Dificultad:** es el procedimiento de alta inversión y operatividad, provoca barros que son altamente tóxicos y riesgosos, además de alta tecnología.

### **2.2.6. Tecnologías emergentes**

Estas herramientas son substitutos novedosos para la extracción de As, son aqueellas que intentan reducir los costos de inicio, maniobra y preservación con poco conjunto de técnicas. Varias de estas maneras son únicamente una transformación de las existentes: coagulación yfiltración o adsorción utilizando materiales de precio muy bajo. Generalmente

estos métodos o instrumentos en crecimiento se utilizan en pequeños grupos o en ambientes de residencia.

Una de estas nuevas tecnologías que están surgiendo es la remediación en el sitio, los materiales de la Tierra utilizados como secuestradores naturales, los métodos biológicos, las tecnologías fotoquímicas, etc.

#### **2.2.6.1. Remediación in-situ**

Este procedimiento de eliminación es provechoso debido a que tiene menores costos de operación en el lugar donde se hace el tratamiento. Se emplean las zonas de reacción y los filtros pasivos como métodos muy efectivos para la eliminación de toxinas orgánicas e inorgánicas, en particular, de agua de pozo. Los materiales que contienen óxidos de hierro pueden utilizarse para formar barreras de protección pasivas y además son relativamente económicos y contienen Fe y Al en elevadas cantidades. Uno de los componentes más efectivos para la eliminación del Arsénico es el hierro que se encuentra en estado de oxidación, ya que este mineral remove el Arsénico y el Arseniato de las aguas tratadas, esto lleva a una concentración que jamás se acerca al límite que establece la OMS para las aguas en 0,01 miligramos por L". (CRISANTO PERRASO, 2012)

#### **2.2.6.2. Materiales geológicos como adsorbentes naturales**

El empleo de óxidos de minerales en pequeñas cantidades de H<sub>2</sub>O para la eliminación de As es posible que sea una manera viable para naciones en desarrollo que tienen materias primas a disponibilidad del mercado, como por ejemplo:

- Oxisol mezclado con aluminio y hierro.
- Gibbsita, además de muestras de metales pulidos en términos de Manganeseo y Hierro.



- Además, se puede utilizar otros componentes, como el quitoosano.
- Laterita, es un suelo que contiene óxidos de Fe y de aluminio, además de una menor cantidad de manganeso y de titanio, y es de mínimo costo con respecto a la calidad del agua para beber.

### 2.2.6.3. Métodos biológicos

Lehimas, Chapman, Burgess, y Castro, M.L. (2006), expresó: “ Recently, they've been proposed as a viable alternative to Arsenic Removal. Pruebas en escala de laboratorio indican que las condiciones de pH, temperatura y oxígeno ideales para la depuración de  $As^{+3}$  además de hierro son simultáneamente capaces de disociarlo biológicamente. El parámetro nocivo es la elevada contenido de Fe al comienzo. A mayor contenido de este, la capacidad para remover el Arsénico es del 91%, y a mínima concentración, es del 30%. Para las instalaciones de agua con mínimas cifras de Fe, es importante incorporar sulfato de hierro para hacer el tratamiento del As. El amor por el  $As^{+3}$  hacia los óxidos de mineral hierro originados por la labor de la bacteria es la principal causa. El procedimiento de la biología para depurar el Arsénico es posible que se aplique a cualquier sistema de agua de origen subterráneo con el objetivo de la oxidación de los microorganismos que contienen hierro. (p. 10)

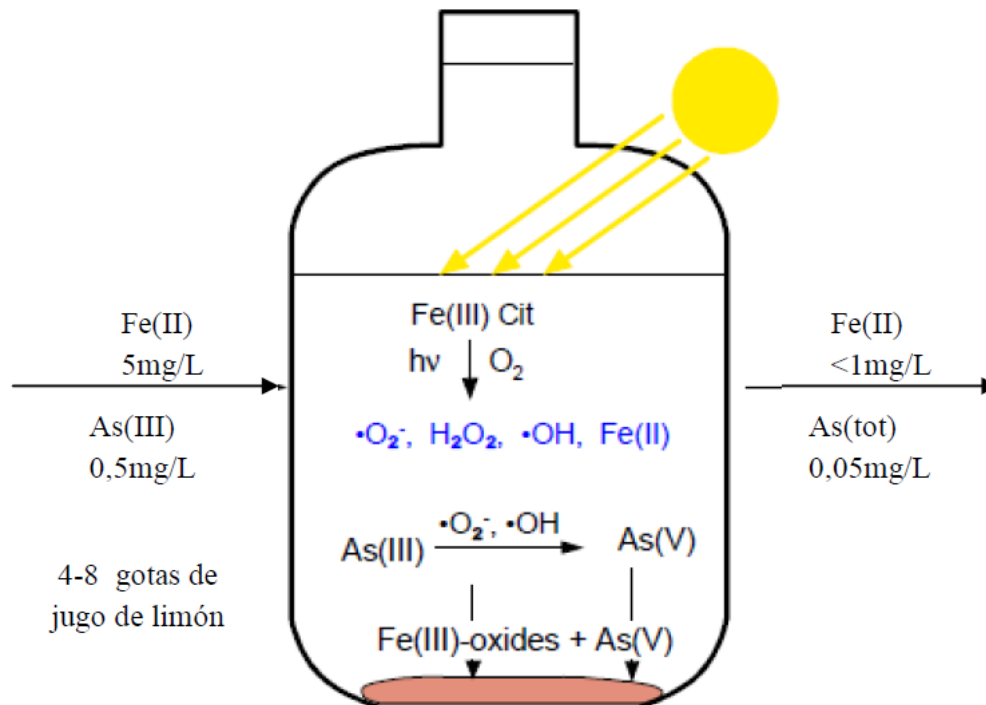
### 2.2.6.4. Tecnologías fotoquímicas

Esta técnica procedimiento esta basada en el empleo de luz solar para la eliminación de Arsénico a través de la utilización de tecnología simple, esto es muy popular en zonas en donde el problema de Arsénico es muy grande, y es muy usado por los habitantes de esas zonas. En India, +Perú, Chile y Argentina se han dado situaciones positivos. Una de las más identificables es la tecnología SORAS”. (CRISANTO PERRASO, 2012)



Iberoarsem, Cyted, (2010) indica que: La técnicas SORAS para tratar el agua la hace ingresar en botellas de plástico junto con unas gotas de zumo de limón y la deja al aire libre por unas horas. En estudios previos [6-8], se había probado la effectiveness of the method without altering in the synthetic water of a specific composition (CIC), which was similar to natural water. Las circunstancias óptimas que posibilitaron una excelente extracción de As (que fue superior al 91%), partiendo de un contenido inicial de As de  $298 \mu\text{g L}^{-1}$  a pH 7,7, se hallaron con  $3 \text{ mg L}^{-1}$  de Fe(III) y  $740 \mu\text{L L}^{-1}$  de zumo de limón y además una exposición solar decano a 3 horas. En recursos de manantiales verdaderas, empero, la capacidad de eliminación fue mucho menor (alrededor del treinta por ciento). El elemento principal que provocó la baja removencia fue la bajo contenido de hierro presentes en las aguas naturales, esto fue insufficient para afirmar la removal de As cubierta la (hidr)oxigenación condensada. Además se determinó que la capacidad es igualmente perjudicada por alteraciones en la principal de químicos, o en las circunstancias operativas que podrían afectar la clase de óxidos producidos, la transformación del As(III) y la incorporación del As(V) al sólido en formación [8].

El consecuencia de la energía solar en forma de radió, fue distinto, dependiendo de las circunstancias de la experimentación; en general, el procedimiento tuvo mejores resultados en la presencia de luz solar, ya que la misma acelera la transformación de As(III) a As(V) y tiene una influencia sobre las características y patrimonios de atracción del sólido. Estos consecuencias indican que los dos componentes primordiales que tienen influencia en la eliminación de As a través del tecnica SORAS, están afines con la elaboración de H<sub>2</sub>O y con la fuente de provisión de hierro.

**Figura 4***Principio Básico De La Tecnología SORAS*

Nota. Fuente: (WEGELIN, 1998)

## 2.2.7. Factores de selección de tecnologías

### 2.2.7.1. Factor técnico

- Calidad del agua captada.

Es importante la totalidad de la medición de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del H<sub>2</sub>O a tratar, conteniendo los componentes que participan en la operatividad o la effectiveness de cada conjunto de técnicas en cuestión. Para examinar la calidad del agua para beber deberá incorporarse componentes fundamentales como, por ejemplo, el sílice, la alcalinidad, etc. Para ilustrar los componentes que tienen influencia en la decisión de herramientas a reviewing, es posible aludir el caso de una pieza de metal. Del mismo modo como se analizaron



anteriormente los materiales de hierro tienen una elevada analogía con As. Si el H<sub>2</sub>O a alternar tiene un nivel medio, es preferible utilizar un sistema de coagulación/filtración, en tanto que, para niveles muy bajos, es mejor utilizar un sistema de membranas, instrumentos.

Finalmente es forzoso mencionar el propósito de depuración de agua al cual se destinará, para calcular la importancia de desiguales fases de la depuración. Por ende, si las normas oficiales indican una magnitud límite tolerable de concentración de Arsénico en el H<sub>2</sub>O, ciertas ramas de la industria se comprometen a hallar maneras más extremas para poder exportar sus productos a naciones distintas a las de ellas mismas.

#### ➤ Caudal de diseño

Es importante conocer la cuantía de diseño, la cuenta por hora y por día para determinar si es posible la combinación con H<sub>2</sub>O sin tratar con el fin de reducir la inversión de capital. Relativamente a esta zona es significativo examinar la disponibilidad de H<sub>2</sub>O y las alteraciones en la temporada y el máximo valor de la cuenta de agua diariamente y anualmente.

#### ➤ Factibilidad de tecnologías

Para la selección y evaluación de las herramientas tecnológicas es necesario tener en cuenta que ciertas herramientas no son operativas en ciertas situaciones de agua cruda de buena calidad. La tecnología escogida ha de garantizar y preservar la calidad hídrica tratada. Para ello además es forzoso tomar en consideración la utilización de herramientas agregadas, se sugiere realizar pruebas en laboratorio que confirmen la operatividad del forma de tratamiento de la tecnología escogida.



## ➤ Disposición de efluentes

En este lugar se hace una consideración de los costos de administración de flujos de agua, desechos producidos y tierras cultivables. De esta forma además se hace una estimación del gasto de transformación, desplazamiento y destino final. Una vez que el tratamiento esté completo, se deberá diferenciar la basura que no tiene toxicidad de la que genera una enorme contaminación y es intensamente nociva. Del mismo modo la misma manera es necesario tener presente la administración de los productos químicos involved in the processes of treatment.

## ➤ Estudio de impacto ambiental

El análisis de incidencias ambientales es muy importante y es obligatorio su análisis, ya sea en el caso de una comunidad, un depuramiento de agua para consumo o una industria.

## ➤ Selección de elementos químicos

El proceso de selección se hará de específico a la tecnología escogida, es necesario examinar la hoja de datos sobre seguridad de los elementos químicos MSDS (Material Safety Data Sheet) y examinar los riesgos de desplazamiento y manejo de los productos para reducir la posibilidad de accidentología en los plantas.

### **2.2.7.2. ECONÓMICOS**

#### ➤ Costos de inversión

Dentro de esta sección debe escudriñarse el precio de los suministros, las obras de civil, el terreno, la instalación, los permisos, etc. El precio de los implementos varía según la magnitud de la automatización mencionada, la duración y la vida útil



que se aspira a tener, los materiales utilizados, la redundancia de los implementos, etc. (D'AMBROSIO, 2005)

➤ Costos Operativos

- a) Costo de productos químicos: Se corresponderá tomar en consideración tanto el valor como la fiabilidad de la suministro constante en el lugar de tratamiento, la disponibilidad para almacenar y las eventualidades de peligro de la manejo.
- ✓ Oxidante : el más popular de los productos químicos es el sodium hiporclorito, pero es necesario examinar la creación de productos de esterilidad no ansiados.
- ✓ Coagulante: A la hora de examinar la capacidad de extracción de diferentes sustancias químicas, es necesario tener en cuenta la efficiency de separación de distintas partículas. Debido a eso se aconseja realizar investigaciones en pruebas de jarras con el fin de calcular la dosis y el clase de coagulante en el momento de hacer el estudio de la primera etapa del proyecto. Universalmente, los artículos químicos que funcionan mejor son aquellos que poseen hierro.
- ✓ Antiescalantes y reductores: es importante tener en cuenta el precio de estos productos químicos en el caso de que se use un sistema de ósmosis inversa, ya que de lo contrario se producirá un incremento adicional en el procedimiento.
- ✓ Reparadores: al igual que los componentes de la regeneración (alúmina reactiva, etc.).
  - b) Costo de energía: Se debe tomar en consideración la ingesta de electricidad de las diferentes fases de irrigación (de entrada, para tratamiento, elevada presión en tal caso de ósmosis inversa, etc.).
  - c) Hands of Opération.



- d) Reemplazo de sistemas de extracción: membranes de ósmosis, resinas de adsorción iónica y otros artículos reutilizables.
- e) Actividades de limpieza y lavado al azar: Es vital considerar el costo de químicos y mano de obra para actividades de limpieza y lavado de membranas, resinas de intercambio iónico, etc.
- f) Precio de agua sin tratamiento: Es fundamental calcular los daños de agua y la capacidad del sistema. la ósmosis inversa o nanofiltración son aquellos que mayormente dañan la agua ya quee normalmente se opera con recovecos del setenta y cinco por ciento.
- g) Precios de depuracion de desechos y eliminación final: En este lugar es necesario incluir costos de efectos químicos para el método, el transporte y los costos de eliminación final de los desechos creados.  
(D'AMBROSIO, 2005)

### **2.2.8. Datos básicos de diseño**

Forma la etapa más fundamental dentro de todo programa de ingenierías que define las dimensiones finales de los trabajos que se desean, para ello es necesario con precisión la comunidad actual, la comunidad future y la extensión del programa de diseño de obra. Un sistema de suministro hidrico está compuesto por diversas distribuciones que tienen tipos distintas y que se planean en función de la labor que realizan adentro del sistema.  
(ALVARADO ESPEJO, 2013)

#### **2.2.8.1. Periodo de diseño**

El lapso de diseño de todas obras en ingeniiería es el lapso que se extiende entre el momento en que se pone en uso y el instante en que por la deflexión de materia prima o por la deficiencia para prestar eficazmente el servicio, se termina la vida útil y no se cumple

las condiciones óptimas de funcionamiento. El lapso de diseño es distinto del lapso de funcionamiento de los distintos componentes que hacen parte de un sistema, para esto es necesario comprenderlo, financiarlo y construirlo después de un lapso de uso efectivo.

(ALVARADO ESPEJO, 2013)

**Tabla 4**

*Períodos De Diseño*

COMPONENTES	VIDA ÚTIL
Obras de captación	25 – 50 años
Conducción	20 – 30 años
Planta de tratamiento	20 – 30 años
Tanques de almacenamiento	30- 40 años
Tubería principal de la red	20 -25 años
Tubería secundaria de la red	15 – 20 años

*Nota.* Fuente: (NORMAS DE DISEÑO SSA, 1988)

En consideración a la evolución de la población, las circunstancias económicas del sector de la SSA, aconseja que los trabajos de construcción civil de los sistemas hidricos para consumo y la disposición de residuos de origen acuoso, tienen una duración de veinte años.

### **2.2.8.2. Tasa promedio anual de crecimiento**

La tasa media anual de desarrollo, es la magnitud o fuerza con la que el conjunto de población crece (o decae) en promedio durante un año específico, siendo la suma de la población de ese año un porcentaje del total de población en el año asiento. (DOROTEO CALDERON, 2014)

$$i = \frac{1}{t} \times \ln \left( \frac{Nt}{No} \right) \times 100$$

### 2.2.8.3. Cálculo de población

Para llevar a cabo la elaboración del proyecto que abasteciera de agua a la población de una localidad es forzoso calcular la cantidad de habitantes que tendría la misma, en base a información sobre censos que se tiene, en este caso no hay datos sobre censos, por lo tanto se toman las cifras de las pesquisas que se hicieron a los habitantes y el índice de aumento de la población. (DOROTEO CALDERON, 2014)

a) Método Aritmético

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

b) Método Geométrico

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

c) Método Exponencial

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

d) Método Curva Logística

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



#### 2.2.8.4. Dotación

Antes de comenzar un proyecto de provisión de agua, es necesario precisar la magnitud que se requiere, esto requiere de obtener pesquisa sobre la cantidad de habitantes que serán suministrados y la magnitud de su consumo por persona, además de un estudio de las causas que pueden conmovir la magnitud de consumo de agua, de los más importantes podemos mencionar: el tamaño de la comunidad, su desarrollo, su educación, su cultura, su clima, su disposición para excretar, su hábito de consumo, y su propósito con respecto al agua. La petición es el volume de agua corriente consumido diariamente con el fin de proveer los requerimientos de los habitantes, esta información se expresa en l/day. La población consumidora de agua se logra al dividir la suma de agua usada en un año entre la cantidad de habitantes y el número de días que tiene el año. Creado a partir del uso cotidiano del H<sub>2</sub>O para beber, lavarse la ropa, bañarse y hacer sus necesidades, cocinar, limpiar y regar el jardín, además de que las instalaciones de sanidad funcionan adecuadamente. (DOROTEO CALDERON, 2014)

#### 2.2.8.5. Variación del consumo

“El consumo no es firme todo el año, inclusive existen cambios en la jornada, esto hace necesario que se ajusten los costos de mayor cuantía diariamente y en horas, para esto es forzoso esgrimir Coeficientes de Transformación diaria y horaria, individualmente. Un sistema es eficaz cuando tiene como objetivo la mayor demanda de un conjunto de población. Para componer los diferentes componentes de un sistema, es necesario estar al tanto de las alteraciones en los meses, los días y las horas de consumo. Interesan los requerimientos del medio, los del día completo y los del horario de mayor concurrencia”. (DOROTEO CALDERON, 2014)



## 2.2.8.6. Caudal del diseño

Para la creación de los diferentes variados compartimientos del sistema hidrico, se tendrá en cuenta la cantidad hidrica que se detalla a continuación. La magnitud de H<sub>2</sub>O que requiere la fuente, tiene que ser la precisa para llenar la demanda actual y projected para la comunidad que será suministrada. De acuerdo con los parámetros de diseño de la SSA, número la fuente de suministro deberá garantizar una cantidad de agua igual o superior a 2 veces la mayor cantidad de agua diariamente pensada. (DOROTEO CALDERON, 2014)

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

## 2.2.8.7. Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento de agua se incluyen en todos los sistemas de distribución de agua potable para almacenar agua con el fin de: - Ajustarse a las variaciones de uso.

Combatir las llamas.

Suministrar agua en caso de interrupción del suministro.

- Adquirir un diseño de sistema más rentable.

Mantener las demandas de servicio de la red de distribución.

Es importante tener en cuenta que la normativa establece que no deben tenerse en cuenta los volúmenes de emergencia ni de protección contra incendios para poblaciones inferiores a 5000 habitantes..

$$Valmac = 0.5 \times \frac{QMD \times 86400}{1000}$$

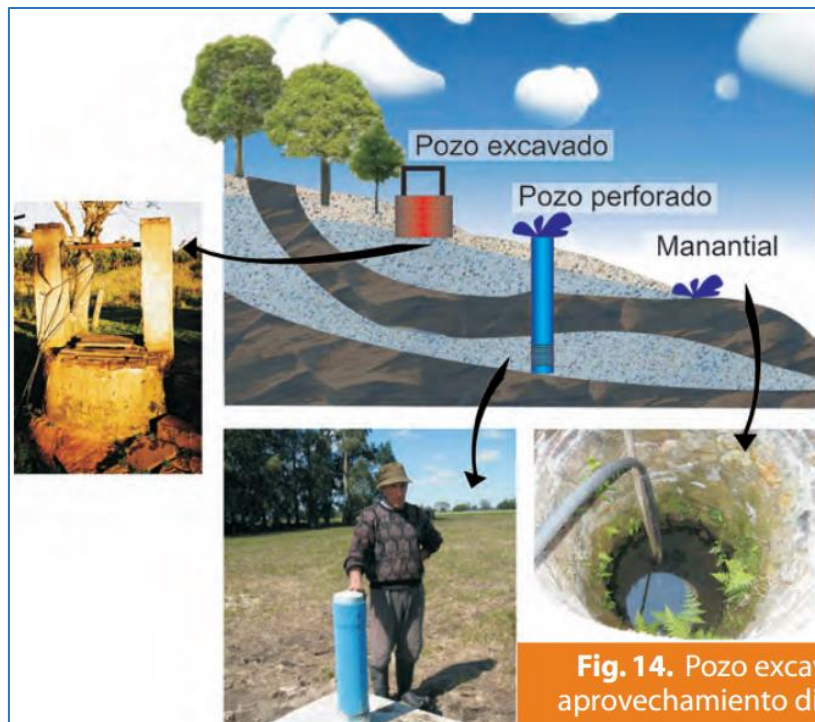
## 2.2.9. Componentes del sistema de remoción de arsénico del agua

### 2.2.9.1. Sistema de captación

El H<sub>2</sub>O subterráneo se recolecta primordialmente por medio de perforaciones en forma de V, estas son las más esparcidas a nivel mundial y, además, son las que se utilizan para recolectar H<sub>2</sub>O en forma de tubería y, así, distribuirlo a otros hogares.

#### Figura 5

*Pozo Excavado,*



Nota. Fuente: (CARABALLO, 2012).

Un hoyo, es una labor complicada, que se planifica y se elabora con el fin de conseguir agua para subterránea de un reservorio, con el fin de atender una necesidad específica. La vida útil de un hoyo es posible que sea de decenas de años, una vez transcurrido ese tiempo,

es necesario abandonarlo por medio de la sella de cierre. Los caisson son hoy en día contruidos por personas de manera manual o con algún grado de automatización y tienen un tamaño mayor a 1 metro. Es viable excavar hasta la capa freática”. (CARABALLO, 2012).

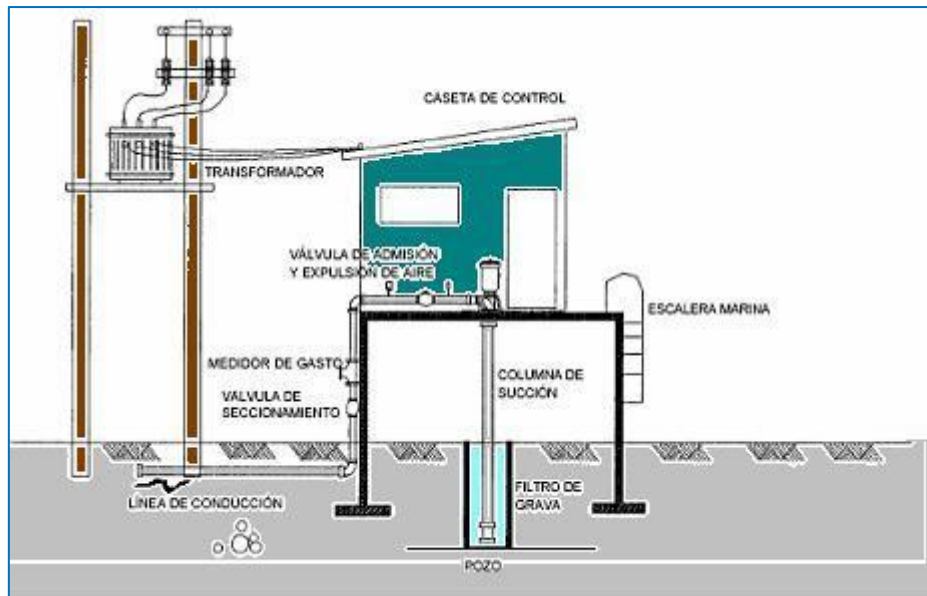
### 2.2.9.2. Sistema de bombeo

En el momento en que el sistema se exige que sea elaborado por bomba, es necesario pensar en un volumen de bomba suficiente para suplir la mayor necesidad de bomba en una determinada franja de elaboración. Para calcular la cantidad de bombeo es fundamental precisar previamente el lapso de bombeo, este es calculado en base de la cantidaad de agua que provee la fuente; en el caso de este proyecto, se hace una estimación en base al que se requiere para proveer a la totalidad de casas. Este período se relaciona directamente con el diámetro del conducto de escape, la fuerza de la bomba y las características del reservorio de alimentación. Es aconsejado que la duración del período de irrigación sea de 8 a 12 horas. Es fundamental precisar que el grupo de bombeo es el que tiene que ser pre visto para un lapso de diez años, no obstante el resto de los dispositivos del sistema; en este caso, la tubería de salida tiene que ser lo bastante extensa para proveer a una comunidad del futuro con veinte años, como es el caso. (CARABALLO, 2012)

$$Q_b = \frac{Q_c \times 24hrs}{H_b}$$

### Figura 6

*Sistema De Bombeo*



### 2.2.9.3. SISTEMA DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN

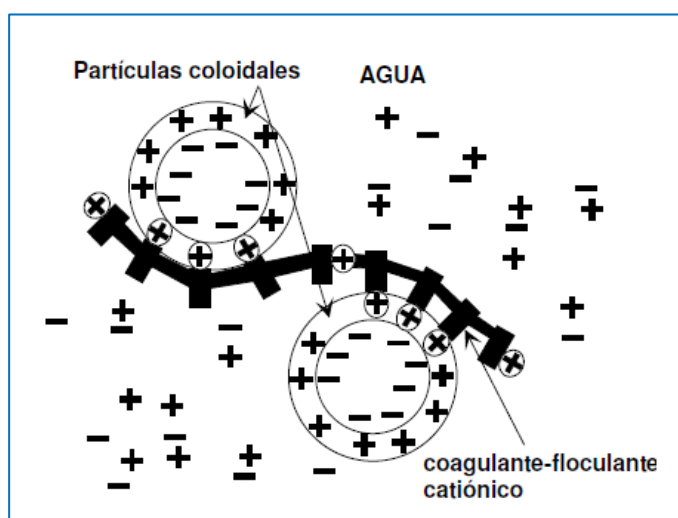
“ Por COAGulación se comprende el procedimiento de perturbación de los polímeros. Se suprimen las características que les dejaban estar en suspensión. El procedimiento principal de desestabilización es anular la fuerza eléctrica. Para ello, se emplean reactivos químicos que poseen la capacidad de generar coagulación. El lapso que requiere el reactivo para generar la coagulación es inferior a 1 segundo. Es muy significativo que el reactivo se combine rápidamente con la totalidad del H<sub>2</sub>O, sin embargo conseguir una buena mezcla toma de 30 segundos a 3 minutos. Para obtener altos provechos, en la porción se acostumbra utilizar métodos que requieren mucha energía y "agresividad".

Una vez que las partículas están desestructuradas, es necesario que ellas se asienten. Su magnitud aún no es la correcta para realizarlo en tiempos reducidos. Tendrán que agrandar su tamaño. Esto es posible a través del procedimiento de flotación. En la FLOCULACIÓN se logra agregados los fragmentos coloidales no estabilizados (pero es necesario que fuesen ex-coloides). La adición es más sencilla si las partículas se tocan entre ellas y si hay una cosa que lashubung y las mantiene en contacto. El primer paso se logra combinando y agregando floculantes al segundo paso. El procedimiento de creación de vínculos y

agregados es demorado, ocasionalmente se toman 30 minutos en total. Hay que disociar claramente el floculante del H<sub>2</sub>O, sin embargo, si se mezcla de manera excesiva es posible que se rompan los flóculos que ya están formados. La etapa de mezclado y flotación tiene que ser lenta”. (TEJERO & SUAREZ, 2014).

### Figura 7

*Esquema Del Funcionamiento De Los Reactivos De Coagulación Y Floculación.*



*Nota.* Fuente: (TEJERO & SUAREZ, 2014).

Para la supresión de partículas disueltas se utiliza el procedimiento de INSTALación. A través de la combinación de reactivos se aspira a generar sales no solubles a partir de las ventas dispersas. No se diferencia de la sedimentación o de la caída posterior a la flotación, según el Ministerio de Salud brasileño. (TEJERO & SUAREZ, 2014)

El floculador Ecoo Flok SQS está listo para acoplar y que permite acelerar los procedimientos de coagulación-floculación y control de pH, su longitud y tamaño están definidos y están relacionados con las particularidades del H<sub>2</sub>O y el tiempo de retención que se desea. No posee corto circuito hidráulicos, esto quiere decir que la energía de combinación y dispersión es la misma en todo el trayecto planeado. En otras palabras, todos

los gránulos de H<sub>2</sub>O están condicionados a realizar la misma cuantía de esfuerzo por igual cuantía de tiempo. En consecuencia, se genera una gran diversidad y eficacia en la separación de la física y la química. (SERQUIMSA INGENIERÍA TRANSPARENTE, 2017)

Características:

### Figura 8

*Floculador*



*Nota.* Fuente: (SERQUIMSA INGENIERIA TRANSPARENTE, 2017) Eco Flok SQS, 2000.

#### 2.2.9.4. SISTEMA DE DECANTADOR TRONCOCÓNICO

Los espesadores y decantadores en forma de copa se encuentran especialmente planificados para obtener una alta capacidad en el momento de la sedimentación de los objetos que están suspendidos en el fluido de agua que fluye.

Los recipientes troncocónicos son apropiados para la formación de terrones en las etapas iniciales de la depuración de arenas o pedazos de tela, los tratamientos biológicos de

lodo o fango, así como también los procesos de depuración física y química, la purificación de agua y otras finalidades. (TADIPOL, 2017)

## Figura 9

### *Decantador Troncocónico*



*Nota.* Fuente: (TADIPOL, 2017)

### 2.2.9.5. FILTROS DE ARENA A PRESIÓN

Son los objetos más usados en la depuración de aguas con una cantidad baja o media de residuos, los cuales requieren una retenida de partículas que sean mayores a veinte micras. Los gránulos que se encuentran suspendidos dentro del agua son tomados en consideración a lo largo de su travesía a través de un lecho que filtra la arena. Una vez que el purificador se haya filled con residuos, consiguiendo una pérdida de carga previamente programada, es posible restregarlo bajo corriente contraria.

La calidad de la depuración está ligada a varios parámetros, entre ellos, la manera en la que funciona el filtro, la altura del lecho de depuración, las particularidades del mismo, la velocidad de depuración, etc. Estos filtros se pueden elaborar con resinas de poliéster y fibra de vidrio, muy recomendadas para la depuración de aguas de tipo río y mar debido a su

elevada resistencia a la deterioración. Además, en inoxidable y en carbono para labores en las que se requiere una mayor resistencia a la fuerza de presión". (TADIPOL, 2017)

### Figura 10

#### *Filtros De Arena A Presión*



*Nota.* Fuente: (TADIPOL, 2017)

#### **2.2.9.6. SISTEMA DE DESINFECCIÓN**

Para el sistema en cuestión se aconseja utilizar tabletas de calcio de grado farmacéutico, las cuales tienen que ser de 3,1 centímetros de diámetro, 1,4 centímetros de alto y un peso de 300 miligramos. El funcionamiento deberá ser automático, sin partes móviles, sin requerir energía eléctrica, y deberá posibilitar el paso de H<sub>2</sub>O a través de las pastillas de calcio para generar la solución. El volumen de agua que fluye a través del clorador cada 60 segundos deberá ser entre 5 y 20 galones. Las dimensiones de su círculo de mayor tamaño deberán ser de 0.30 metros de diámetro y 0.90 metros de alto. Deberá ser colocado en un recipiente que se vaya a poner en la entrada del reservorio de agua, y deberás calcular la magnitud del flujo para que la dosis de cloro presente en el lugar más lejano de la red de distribución, esté entre 0.7 y 1.5 partes por millón. La bolsa para el higienizante cuenta con

el objetivo de resguardar al higienizante y deberá poseer un tapadera de ingreso con cerraduras y pasador. Las dimensiones de su interior deben ser de 1.000 x 1.000 metros en tamaño y 1.000 metros de altura. El Cloro Relleno que es necesario poseer en el interior de la tubería tiene un peso de 1.538 kg/m<sup>3</sup>.

En la norma, como medida de protección contra las bacterias y los virus, la menor cantidad de cloro que se debe utilizar en el agua es de 2 horas de la mañana. (partes por millón), que son 2 granos de sal por metro cúbico de agua. (TEJERO & SUÁREZ, 2014)

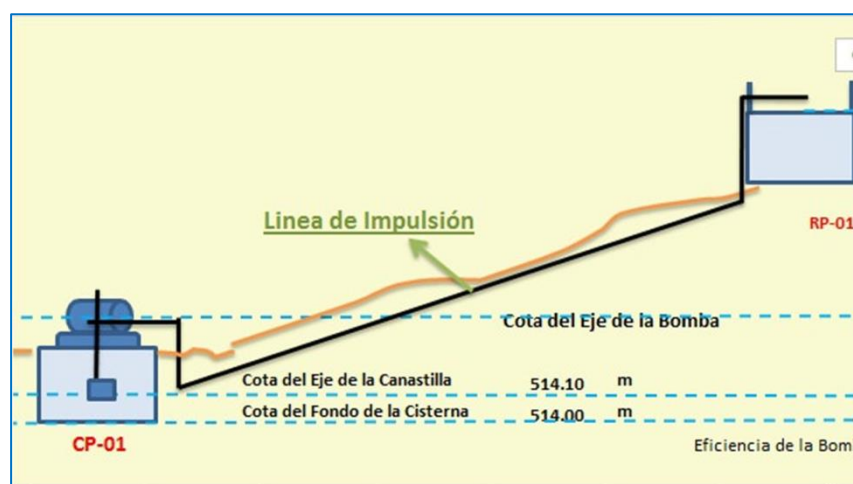
### 2.2.9.7. LÍNEA DE IMPULSIÓN

Es la que se encuentra inmediatamente luego del explosivo. Generalmente, en la provisión de agua para el rural, este conducto transporta el fluido a un reservorio.

La tubería del Segmento en cuestión será escogida en base a las siguientes características: el diámetro con el que se trabajará, la fuerza estática, la fuerza dinámica y el sobrepresión, más conocido como método de ariete". (DOROTEO CALDERON, 2014)

**Figura 11**

*Línea De Impulsión*



*Nota.* Fuente: Tadipol, 2000



### 2.2.9.8. RESERVORIO

En las reglas de la SSA respecto al diseño de sistemas de agua potable en el rural, en los numerales 5.5.1 y 5.5.2 se describe que el tamaño del reservorio será el cincuenta por ciento del volumen medio diario esperado, y que en ningún caso el reservorio será inferior a 10 m<sup>3</sup>". (DOROTEO CALDERON, 2014)

$$Valmac = 0.5 \times \frac{QMD \times 86400}{1000}$$

También es necesario tener en cuenta que para las poblaciones que tienen menos de 5 mil habitantes, las normas establecen que es necesario tomar en consideración la magnitud de la protección contra fuegos artificiales ni la magnitud de la emergencia.

### 2.2.10. ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA

en cada lugar es distinta, dependiendo de las características de la tierra, del tiempo del año, de la utilización del suelo, del clima y de la clase de piedra que tiene el piso de agua. La cualidad de un H<sub>2</sub>O de buena calidad está sujeto al empleo que se le dará, esto es, el doméstico, el industrial y el de regado. Para que la población tenga la posibilidad de beber agua, es necesario que se conforme a los requerimientos fundamentales que establecen las reglas.

#### 2.2.10.1. REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO

##### HUMANO (DS N° 031-2010-SA)

##### OBJETIVO

##### A. Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras recogidas en la red de distribución de cada control establecido en el plan de control, correspondiendo a las características químicas que influyen en la calidad estética y la percepción de sabor de H<sub>2</sub>O para el consumo de personas. no pueden sobrepasar los límites o cifras indicadas en el Anexo II. Del diez por ciento (10%) que queda, los proveedores analizarán las razones que



ocasionaron el fracaso y adoptarán medidas para acatar las normas presentes en el presente decreto. (MINSa, 2011)

## **B. Parámetros inorgánicos y orgánicos**

C. «Toda el agua de consumo humano no debe sobrepasar los límites máximos permisibles tanto para parámetros orgánicos como inorgánicos que figuran en el Anexo III.» MINSa (2011)

D. C. Parámetros requeridos para el control (PCO).

E. «Todos los proveedores de agua deben cumplir con los siguientes parámetros de control:

F. Coliformes termotolerantes, coliformes totales, color, turbidez, residuos de desinfectantes y pH.

G. El proveedor está obligado a analizar la bacteria *Escherichia coli* como prueba confirmatoria de contaminación fecal en caso de que la prueba de coliformes termotolerantes sea positiva». MINSa (2011) **Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)**

Si se corroboran los resultados de la caracterización del H<sub>2</sub>O en los lugares donde se debe verificar la presencia de los parámetros mencionados en el numerales del presente artículo, dentro de los distintos puntos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que están por encima de los límites máximos permisibles (LMP) que están detallados en el Annex III, o a través de la labor de observación y supervisión, se incorporarán estos como parámetros adicionales de control (PACO). (MINSa, 2011)



## H. Control de desinfectante

Antes de que el agua se reparte para el consumo de los humanos, el comercializará la misma con un sanitizante que sea eficaz para destruir la totalidad de los microorganismos presentes y dejar un rastro que proteja el H<sub>2</sub>O de la posible contaminación por microorganismos durante la repartición. En el caso en el que se use el cloro o la solución clorada como sanitizante, los puntos de recolección de muestras, no deberán tener un mínimo de 0,5 miligramos por día de cloro libre en el noventa por ciento ( 90% ) de las muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) que queda, ninguna debe tener menos de 0.3 miligramos por liter y la turbiedad deberá ser inferior a cinco unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). (MINSA, 2011)

## I. Control por contaminación microbiológica

Si en una muestra recolectada en la red de distribución se detecta la existencia de bacterias en su totalidad y/o coliformes que sean capaces de tolerar el calor, el proveedor se ocupará de investigar las causas y adoptará las medidas correctivas, con el fin de remover todo peligro en la salud, y garantizar que el agua en ese lugar tenga como mínimo 0.5 miligramos de cloro residual que esté disponible. Se debe complementar la recolección de muestras en el sitio donde se identificó el inconveniente, hasta el momento en que al menos dos muestras consecutivas no se exhiban bacterias coliformes en su totalidad o que no sean tolerantes a la temperatura. (MINSA, 2011)

## J. Control de parámetros químicos

En caso de que se detecte la existencia de varios parámetros químicos que sobrepasan el límite máximo permisible, en una muestra recolectada en el escape de

la planta de tratamiento, depósitos subterráneos, o en la red de distribución, los proveedores realizarán un nuevo estudio y, si es corroborado el resultado del primer estudio, investigará las causas y adoptará las medidas correctivas, comunicará inmediatamente a la autoridad de salud de la jurisdicción, bajo responsabilidad, con el fin de establecer métodos de protección para los consumidores y otras que sean necesarias en colaboración con otras instituciones del sector. (MINSA, 2011)

#### **K. Tratamiento del agua cruda**

El proveedor proveerá de agua para el consumo de los humanos, previo a su tratamiento, el agua cruda. El procedimiento se ejecutará en base a la calidad del H<sub>2</sub>O, si este proviene de una fuente subterránea y se encuentra dentro de los límites máximos permisibles (LMP) que están detallados en los Anexos del presente decreto, entonces deberá ser esterilizada previamente para que sea suministrada a los usuarios". (MINSA, 2011)

#### **L. Sistema de tratamiento de agua**

El Ministerio de Salud a través de la DIGESA emitirá la norma sanitaria que detalla las condiciones que tiene que presentar un sistema de tratamiento de agua para su consumo humano en concordancia con las normas técnicas del MVCS, que están divididas en dos clases: la primera, que es la rural, y la segunda, que es la urbana. (MINSA, 2011)

#### **M. Pruebas analíticas confiables**

“Las pruebas analíticas deben ser realizadas en laboratorios que estén bajo la dirección de especialistas en colegiatura con el objetivo de verificar que los límites de detectabilidad del método para cada parámetro que se analice estén por debajo de los

límites permisibles que están señalados en el presente decreto. Las sugerencias mencionadas en el primer párrafo son operativas para los ejemplos de los parámetros orgánicos del Annexill III y de los radioactivos del Annexill IV que requieren ser medidos en laboratorios de afuera. (MINSA, 2011)

#### **N. Excepción por desastres naturales**

En caso de que ocurra una emergencia por algún tipo de desastre natural, la DIRESA, GRS o DISA, podrá eximir a los proveedores de la obligación de observar los límites de concentración del Anexo II con respecto a la duración de la emergencia, esta información será comunicada a la Autoridad de Salud de nivel nacional. (MINSA, 2011)

#### **O. Excepción para LMP de parámetros químicos asociados a la calidad estética y organoléptica**

Los proveedores tienen la posibilidad de pedir de manera temporal a la institución de Salud la exención del acatamiento de los límites maximos permisibles de parámetros químicos relacionados a la hermosura y la capacidad de percepción, manifestados en la Annex II. Esta petición deberá ir junto a un análisis científico que soporte que la salud de los habitantes no está en peligro por la ingesta del H<sub>2</sub>O suministrado y que la característica hedónica es de aceptación por el consumidor. (MINSA, 2011)

### **2.2.10.2. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO**

Para asegurarse de que el sistema no sea una fuente de propagación de enfermedades, se debe realizar una prueba bacteriológica, con ella se determina el

sistema de esterilización necesario, de modo que no se incremente el índice de muertes en la comunidad en cuestión.

**Tabla 5**

*Límites Máximos Permisibles De Parámetros Microbiológicos Y Parasitológicos.*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias  
(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

*Nota.* Fuente: (MINSA, 2011).

### 2.2.10.3. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

El estudio de la física tiene como objetivo determinar las propiedades del H<sub>2</sub>O, su sabor, color, temperatura, turbidez, solidez y olor.

**Tabla 6**

*Límites Máximos Permisibles De Parámetros Químicos Inorgánicos Y Orgánicos.*

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

Nota. Fuente: (MINSA, 2011).

### 2.2.11. ENSAYO DE COAGULACION (JAR TEST)

Este ensayo consiste en acrecentar dosis crecientes de coagulante y/o floculante al H<sub>2</sub>O a ser probado, luego de una etapa de agitación adecuada, las características del coagulante y ciertas propiedades químicas y físicas del H<sub>2</sub>O tratado, posibilitan determinar las dosis óptimas de coagulante. y/ o floculante que deben agregarse al H<sub>2</sub>O para su tratamiento.

Los beneficios obtenidos en la terapia de coagulación no se encuentran solamente sujetos a las características del H<sub>2</sub>O tratado y de la dosis de coagulante incorporadas, sino además a las características constructivas de cada especie vegetal (espesor y dimensiones de los recipientes, modo de agregación del coagulante). , sistemas de acondicionamiento del coagulo, etc.). Los provechos que se obtienen en el análisis de laboratorio están en función de la manera y tamaño de los recipientes y de la agitación veloz y repetida. Por razones de utilidad, es más favorable uniformar la clase de aparato que se utiliza para agitar. En cambio, la rapidez y la duración de la agitación no son capaces de ser generalizadas, esto hace que



cada especie de planta deba realizar una serie de pruebas comparativas, con tiempos y distancias variables, para encontrar la mejor dosis para la especie en cuestión. (ver consideraciones sobre el escrito, al final)". (AGUAS, 2017)

### 2.2.11.1. REACTIVOS Y APARATOS NECESARIOS

**Solución de coagulante para el ensayo:** Es la medida en la que la dosificación del coagulante dentro de la planta se hace por pesaje de 10 g. de coagulante sólido y disuelto en 1 L de H<sub>2</sub>O destilada (al 1%). En cambio, si la dosificación se hace en base a la medida del volumen necesario de un coagulante en solución con una determinada concentración, se elabora una solución que tenga esta misma concentración, por ejemplo, del 1% en coagulante en solución. Con el fin de preparar esta solución mezclada, se toma una medida de volumen precisa (5, 10, 20, etc. El volumen total de la solución es de ml, y se reduce a 100 ml con H<sub>2</sub>O destilada. Para subsanar las posibles alteraciones de tipo o volumen de la coagulante, es necesario utilizar una muestra que sea representativa de la misma clase de coagulante que se encuentra usada en la planta en el momento de la prueba. En el caso de los floculantes que están hechos de orgán, estos normalmente se consiguen a una concentración del 0,1 por ciento". (AGUAS, 2017)

**Agitador Mecánico Múltiple:** Con el fin de poder hacer el ensayo en forma simultánea con diferentes dosis de coagulante, es aconsejable utilizar el instrumento de ensayo, este posee un número apto (6-8) de agitadores de paletas de metal, los cuales se mueven sincrónicamente a manos de un motor. La velocidad con la que agitan los vasos es ajustable, y los agitadores se pueden subir o bajar para poder detener la agitación en cualquier uno de los vasos sin afectar a los otros. Los vasos son iluminados por lámparas de pie ubicadas en sus lados, y disuadir al espectador mediante pantallas. Arriba de cada copa se encuentra un monitor negro, el cual tiene en su parte media una sucesión de líneas blancas verticales que



están en paralelo; de esta manera se puede observar con mayor facilidad la apariencia y la velocidad de formación del coagulo formado". (AGUAS, 2017)

**Vasos de Precipitación:** de 1.500 ml.

### 2.2.11.2. TÉCNICAS:

- En cada uno de los vasos se vierte 1.000 mililitros de H<sub>2</sub>O para experimentación (que previamente se ha agitado para que las partículas se puedan separar fácilmente); el agitador se pone en marcha a la velocidad programada y, con una pipeta o un bureta, se añade en sucesivo a los distintos vasos cantidades crecientes de la solución de coagulación y/u floculación.
- Luego de la fase de agitación correcta, se levantan las paletas que agitan, esperando el lapso de tiempo necesario para que se genere la sedimentación del coagulo formado. En este periodo es necesario observar las particularidades de la física del coagulo, además de la velocidad de sedimentación que tiene en los distintos recipientes.
- Luego, con delicadeza, se extrae la porción superior de bebida de cada uno de los recipientes escogidos, teniendo en cuenta precisamente la cuantía precisa para calcular la turbiedad. Después, sobre un nuevo posicionamiento previo a la filtración, se hace un diagnóstico de color; es necesario además, como información adicional, el pH.
- A pesar de que por las razones mencionadas anteriormente no es posible especificar con exactitud los tiempos y las revoluciones por minuto que son adecuadas para la agitación, se obtienen generalmente buenos resultados con tasas que van entre los 40 y los 80, con un lapso de agitación que se encuentra entre 5 y 20 minutos, y con tiempos de decante que son de 10 a 20 minutos.



- En el momento de elegir la dosis óptima, se escogerán aquellos recipientes que generen un coágulo que sea fácilmente visible a simple vista y que se compacte claramente. La sustancia que se encuentra entre las partículas de coágulo tiene que ser límpida (un rasgo que tiene opalescencia indica una coagulación inconstante). Además de los requerimientos mencionados, los niveles apropiados de dosificación deben generar una contaminación y una coloración que sea aceptablemente baja, de acuerdo a la clase de agua natural y a las particularidades de la especie; es además necesario que el agua tratada tenga un valor próximo al óptimo que tiene la especie.
- De entre las dosis que se ajusten adecuadamente a las circunstancias anteriores, se escogió la más baja, y será considerada como la dosis con óptimo resultado del experimento. (AGUAS, 2017)

### 2.2.11.3. CÁLCULO DE LA DOSIS

- En la dosificación de la planta, la dosis se manifestará en miligramos de coagulante por decámetro cúbico de H<sub>2</sub>O tratado (o en miligramos por decámetro cúbico de H<sub>2</sub>O, o en ppm). En esta ocasión, la dosis se logra mediante la formula:
- $D = n * f$  (mg/litro)
- Donde n es el valor de ml. El f es un parámetro que se altera en función de la dilución, y es un asunto que tiene solución en el vaso específico.
- Si el reactivo se creó al 1%, entonces  $f = 10$ . Si el reactivo se creó en una concentración del 0,1 por ciento.
- $f = 1$ . Si la agrupación es diferente, se deberá hacer un cálculo de la magnitud de f.
- Cuando la dosificación se hace en base al volumen de una solución que coagula, la dosis se manifestará en ml de solución por cada litro de agua purificada (o en



mililitros por m<sup>3</sup>). En esta ocasión, la dosis se logra con la misma fórmula que en los casos anteriores:  $D = n \times V / 100$  (ml/litro) Donde n tiene el mismo significado que en el primer caso, y V representa el volumen de la solución concentrada de coagulante medio para generar la solución diluida.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Método de investigación

Los procedimientos a utilizarse serán:

Investigar acerca del diseño y la manera de calcular una planta de tratamiento de agua para consumo humano, dentro de fuentes documentadas, publicaciones, libros, internet, y tesis de la facultad de ingenierías y ciencias puras de la UANCV, etc.

Acampamentos en el sitio donde se encuentra la planta de tratamiento, con el fin de conseguir información acerca del proyecto de Tesis, que son: estudios de suelo, químicos y bacteriológicos, y análisis físico.

Es importante en este punto calcular y analizar los siguientes pasos:

##### 3.1.1. Primera etapa: análisis y diseño

- Planos de catastro urbano.
- Levantamiento topográfico.
- Estudio de la zona.



- Análisis físico químico y bacteriológico del agua.

### **3.1.2. Segunda etapa: análisis y cálculo de la planta**

- Definiciones básicas de las estructuras.
- Cálculo y diseño de estructuras.
- Dibujo del diseño en AutoCAD

### **3.1.3. Tercera etapa: análisis y cálculo del diseño**

- Evaluación de los resultados según reglamento.

## **3.2. Diseño de la investigación**

### **3.2.1. Enfoque cuantitativo**

Debido a que en el transcurso de la investigación se refiere a la información y a los resultados que son totalmente cuantitativos y que se representan en forma de valor, de manera que se puede analizar e interpretar a través de los trabajos de laboratorio, en donde los resultados se pueden explicar a través de las variables y de las normas de la investigación.

### **3.2.2. Tipo de investigación**

Dentro de los tipos de estudio que existen en la teoría de la investigación, podemos incluir dentro de ella los estudios explicativos, ya que el objetivo de nuestro estudio es explicar el efecto de la contaminación que genera el Arsénico en la ingesta de personas y el procedimiento de tratamiento del H<sub>2</sub>O subterráneo.

Debido a la variedad de variables de la investigación explicativa, nuestro interés se centrará en los estudios correlacionales en los que se describe la manera en la que las diferentes variables interactúan entre ellas, esto es, la magnitud de la contaminación por Arsénico en el H<sub>2</sub>O subterráneo y la cuantía de la sustancia utilizada para la depuración de la planta, con el fin de calcular el porcentaje de extracción del Arsénico y proveer H<sub>2</sub>O apto para el consumo del ser humano.



De la misma forma la investigación correlacional expresa las relaciones entre dos variables. Como ciencia la presente investigación evidenciará si las variables esperadas, en términos de las cantidades del componente químico de Policloruro de Aluminio y de la fracción de extracción de Arsénico, se encuentran relacionadas entre sí.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población examinada en este estudio son los hogares ubicados en las zonas apartadas donde no disponen de un suministro de agua potable, la misma será tratada para remover el Arsénico y, por lo tanto, será apta para el consumo.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra escogida es importante para el pueblo, esto quiere decir que la Urbanización Santa Rosa de Ayabacas tiene características que son similares a los habitantes de la zona, ya que este sector no tiene acceso al agua potable. Atendiendo las necesidades de ellos a través de tubos o cazos, respectivamente, que no cuentan con ningún tipo de procedimiento. El estudio que nosotros deseamos realizar es analizar y planificar una planta de depuración para disminuir la magnitud de la contaminación del agua de tipo arsénico que tiene esta comunidad.

### **3.4. Hipótesis**

#### **3.4.1. Hipótesis general**

La tecnología se basa en el uso de policloruro de aluminio dentro de una planta de tratamiento implica reducir los grados de contaminación por Arsénico presentes en el H<sub>2</sub>O que se provee a los habitantes de la Zona de Ayabacas.



### 3.4.2. Hipótesis específicos

1. Los sistemas de abastecimiento de agua potable de la región Puno no operan eficientemente.
2. De acuerdo con las normas nacionales de calidad del agua, el acceso de la población al agua no satisface los PMA.
3. El diseño satisface las normas nacionales de calidad del agua y considera un sistema tradicional para la planta piloto de tratamiento con un caudal de  $Q=2$  l/s.
4. Las aguas subterráneas de la zona de investigación presentan cantidades de arsénico superiores a la media.

### 3.5. Variables e indicadores

#### VARIABLE

#### INDEPENDIENTE :

Calidad del agua subterránea.

#### VARIABLE

#### DEPENDIENTE :

Niveles de contaminación por arsénico.

### 3.6. Descripción General Del Area De Estudio

#### 3.6.1. Ubicación

La ciudad de Juliaca se encuentra ubicada en el departamento de Puno, en la provincia de San Román, a  $15^{\circ} 29' 40''$  de Latitud Sur y  $70^{\circ} 07' 54''$  de Longitud Oeste, y tiene una altitud de 3824 m.s.n.m.

Hace parte de la meseta altiplánica que se encuentra en Toropampa, dentro de la cuenca del río Coata, la localidad de Juliaca se constrata entre los cerros Zapatiana, de La Cruz y Huaynaroque. Además, se encuentra cruzada de oriente a occidente por el río



La Cruz y Huaynaroque. Además, se encuentra cruzada de oriente a occidente por el río Torococha, el cual se desagua en el río Coata y luego continúa en dirección a la meta, que es el Lago Titicaca. (MUNICIPALIDAD, 2017)

### **3.6.2. Características físico – geográficas:**

La meseta altiplánica que hace parte de la región Puno y de la provincia de San Román, tiene una temperatura media que está entre los 0 y los 7 grados Celsius, y la sensación de calor es muy variable dependiendo de la persona está en el sol o en la sombra y, durante la época de lluvias, en las alturas, es usual la nieve y el hielo. La época de lluvias empieza en el décimo mes y acaba en el quinto mes, siendo interrumpida ocasionalmente por el Fenómeno del Niño, que agregue al Altiplano y, en particular, a Puno, en condiciones de sequía, alterando periódicamente la cantidad de lluvia.

Los recursos hídricos del Altiplano Puneño están delimitados por la cuenca intrincada del Titicaca, a donde se unen la totalidad de los ríos del lugar, salvo el Desaguadero, que sale del reservorio y transporta sus aguas al Lago Poopó, en tierras bolivianas. Dentro de las más importantes en las se pueden mencionar:

Encima, junto a la cuenca hidrográfica, el Altiplano asimismo comprende un conjunto de lagos, como los de Asillo o Lampa, siendo el más grande el de Arapa, remanentes de la anterior represa Ballivián, que es el antecedente más extenso del Titicaca. Todos ellos están interconectados entre sí a través de miles de estrechos y lagunas de alta Andes, ubicados cerca del lago y en los orificios de los ríos, los cuales tienen un gran significado para la estabilidad del ecosistema y las actividades económicas. (MUNICIPALIDAD, 2017)

### **3.6.3. Población**

"Socialmente" es una localidad de fuertes contrastes en la cultura, los cuales se manifiestan a través de acciones o modelos culturales que tienen procedencia histórica. También ayudaron a ello, la corriente de migrantes de primera generación que vienen de



décadas atrás y que corresponden a residentes originarios quechuas y aymaras, quienes han colaborado significativamente, en términos de establecimiento de residencia y transformación de la población, a la que es Juliaca en la actualidad.

Por otro lado, migrantes de otras regiones y extranjeros han hecho parte de los diferentes ciclos de desarrollo de la ciudad. A causa de esto, la evolución de la población ha demostrado un incremento en la cantidad de habitantes desde principios del siglo pasado, empezando por un patrón de establecimiento rural en los primeros años del veinteavo siglo hasta la urbanización veloz de los 80's y 90's, en el momento en que en el 93, Juliaca llegó a sobrepasar los cien mil habitantes y se consolidó como subcampo del sistema urbano de la región. A partir de ese momento, Juliaca se había convertido en el centro de una veloz transformación demográfica, en la que la población urbana creció en términos generales en un 3.0%, 5.5% y 8.5%, respectivamente, durante los diferentes intervalos de censos.

La evolución de la población tuvo como consecuencia nuevos y diferentes requerimientos. La demanda de vivienda, así como las relaciones con los servicios públicos y otros servicios, como la educación y la salud, no fue satisfecha en la medida en que era necesario, originándose de este modo el hueco que hoy la ciudad posee. (MUNICIPALIDAD, 2017)

#### **3.6.4. Componentes de la planta de tratamiento**

Se entiende por planta de tratamiento a un conjunto de operaciones o procedimientos unitarios, escogidos con el fin de remover la totalidad de los microorganismos presentes en el H<sub>2</sub>O de la zona en cuestión, además de una parte de los químicos y de los físicos, hasta alcanzar los límites oficiales que están definidos para la presente investigación, y en el resultado de los mismos se puede constatar que la calidad del H<sub>2</sub>O es apta para el consumo humano:



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Discusión

Los resultados que se presentaron a su vez generaron una sucesión de interrogantes y comentarios, los que serán trabajados en base a los resultados de los instrumentos utilizados, de acuerdo a la información que figura en las tablas de análisis de laboratorio, es decir que se tendrá en cuenta la siguiente capa de análisis.

- De los números que se obtuvieron en la cuadrícula de número. 1 de la exploración física y química de la muestra de recolección (MUESTRA Nro. 1) agua subterránea se puede observar que tiene características que exceden los límites permisibles de la Organización Mundial de la Salud y la norma nacional, de acuerdo a D.S. El agua corriente que tiene una cantidad mayor a 0,3 miligramos por decámetro cúbico se considera buena para el consumo humano, sin embargo, la norma exige que los siguientes componentes, como son la turbidez, la conductividad eléctrica, los sulfatos, la dureza total, los cloruros y el arsénico, sobrepasen los límites de la norma y por lo tanto no es apta para ser consumida. Debido a eso dentro del cuadro se señalan



aquellos grados que la norma indica como los límites permisibles de mayor longitud y se hace una descripción de los parámetros que tienen que ser manipulados mediante la técnica propuesto.

- En relación a los resultados que se obtuvieron luego de que se aplicara el coagulante de Policloruro de Aluminio al conjunto de muestras de recolección (MUESTRA Nro. 1), indica que es beneficioso para una cantidad específica de coagulante, esto reduce el 76.16% de la turbiedad del agua, el 22,58 de los sulfatos del agua, el 1,25 de los cloros del agua y el 60 del Arseni del agua, además de aumentar el nivel de Aluminio, el coagulante está compuesto de este elemento, por lo que la aplicación del coagulante tiene un efecto positivo en la calidad del agua.
- El objetivo de la calidad del agua y de hacer que la muestra para la recolección sea apta para ser consumida por las personas, es hacer que la misma sea más fuerte y más clara. Para conseguir esto, los cálculos y el diseño de los componentes del sistema de coagulación, del sistema de floculación, del sistema de sedimentación y de un sistema de filtración tienen como objetivo aumentar la fuerza y la claridad de la misma. Para lograr estos objetivos es necesario el establecimiento y creación de la planta de tratamiento de agua para consumo humano y la eliminación de Arsénico, para esto es necesario que las autoridades de la ciudad correspondiente inviertan en la ejecución de este proyecto.

#### 4.2. Comprobación de la hipótesis

En oposición a la hipótesis de este estudio, se utiliza el parámetro de correlación; que es la misma variable que se utiliza para contrastar la hipótesis de un trabajo de investigación,

esta es la misma variable que se utiliza para hacer una regresión lineal y calcular el porcentaje de reducción en los parámetros de calidad de agua de consumo.

#### **4.2.1. Hipotesis general**

La tecnología basada en el uso de policloruro de aluminio dentro de un sistema de tratamiento del agua subterránea disminuirá la contaminación por Arsénico en el H<sub>2</sub>O que se provee a los habitantes de la Zona de Ayabacas..

#### **4.2.2. Prueba estadística para comprobar hipótesis**

##### HIPOTESIS

H<sub>0</sub> : 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.

H<sub>a</sub> : 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 el nivel de reducción de la contaminación por arsénico; 60.0% es el porcentaje entre medio u considerable de reducción del contaminante del agua para consumo humano.

En calidad del agua; los parámetros establecidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la norma de calidad de agua.

Por lo tanto se desecha la H<sub>a</sub>, entonces podemos manifestar que la reducción de los niveles de contaminación por arsénico del agua es bueno para agua apta consumo humano.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** El análisis de investigación hecho muestra claramente que el agua subterránea recolectada por los habitantes tiene un grado que sobrepasa los límites permisibles más altos fijados por las normas de calidad de agua para ser consumida por las personas; esto es, tres veces más grande que el límite máximo permisible de Arsénico, que es de 0.03 miligramos por litro.

**SEGUNDA:** El sistema de tratamiento de agua para consumo humano existente en la ciudad de Juliaca y su sistema de distribución hacia los habitantes se encuentra deteriorado hace varios años, de manera que impidiera proveer de agua para consumo humano a poblaciones que están fuera del ámbito de actuación de la empresa suministradora de servicios, además debido a la aumento de población el agua que se reparte no se encuentra dentro de los límites de la empresa, de modo que la población se encuentra expuesta a diferentes tipos de enfermedad intestinal y, como prueba del presente estudio, se expone a contraer cáncer ya que la agua consumida sin tratamiento posee una gran cantidad de metales como el Arsénico, estando este entre las más altas amenazas para contraer cáncer.

**TERCERA:** El análisis de investigación evidencia que una alternativa factible para disminuir los niveles de contaminación por Arsénico presentes en las aguas subterráneas es la utilización de un sistema para tratar este mineral, los componentes de este sistema se exponen en el presente estudio. Mostrando que es posible la eliminación de Arsénico de aguas subterráneas, consiguiendo resultados que están dentro de los límites más permisibles para el Arsénico, que son de 0.01 miligramos por litro. En consecuencia, se



alcanzan las cifras que determinan la calidad del H<sub>2</sub>O, apto para ser consumido por personas. En el fin, la supresión de Arsénico a través del procedimiento propuesto genera una sesenta por ciento de capacidad de supresión de Arsénico, consiguiendo llegar a las cifras permisibles de acuerdo a las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las normas de Brasil D.S. – El decreto número 031 del 2010, que establece como objetivo 0.01 miligramos por litro.



## RECOMENDACIONES

- Escarbar a la población la toxicidad del Arsénico en H<sub>2</sub>O para beber que provenga de manantiales subterráneos, a fin de evitar la intoxicación que se puede generar al no tener ningún tratamiento.
- The service provider is in charge of putting remedial measures in place, such treating water for human consumption within LMPs and putting in place a water quality management system. These measures should be expanded in accordance with population expansion.
- - In order to comply with Peruvian legislation (D.S. 031-2010-S.A.) and international standards, such as those set by the WHO, the water treatment facility must make sure that the water it receives and treats falls within the Maximum Permissible Limits.
- - Last but not least, the water service provider, not the government, is in charge of administration. Should the treatment and distribution system be extended to accommodate the city of Juliaca's growing population, it will be their duty to manage and forecast water demand in order to supply the residents' water requirements.



## BIBLIOGRAFÍA

AGUAS, C. (OCTUBRE de 2017). ENSAYO DE COAGULACION JAR-TEST. Obtenido de:

[http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/14\\_Ensayo\\_de\\_coagulacion.pdf&ved=2ahUKEwj0pf6p57DaAhVH2lMKHRQPBGKQFjAAegQIBhAb&usg=AOvVaw07KtTX2xRohRYnXWbfbwfaz](http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/14_Ensayo_de_coagulacion.pdf&ved=2ahUKEwj0pf6p57DaAhVH2lMKHRQPBGKQFjAAegQIBhAb&usg=AOvVaw07KtTX2xRohRYnXWbfbwfaz)

ALVARADO ESPEJO, P. (2013). Estudio de diseño del sistema de agua potable. Ecuador.

BUNDSCHUH, J. (2006). distribución del arsénico en las Regiones Ibérica e Iberoamericana.

Buenos Aires: CYTED.

Caminati Briceño, Alessandra María Caqui Febre y Rocío Catherine. (2013). análisis y Diseño de Sistemas de Tratamiento de Agua para Consumo Humano y su distribución en la Universidad de Piura. Piura.

CARABALLO, M. P. (2012). Manual de Agua subterránea. Montevideo, Uruguay: Denad Internacional S.A.

CEPIS, M. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoria tomo 1. Lima.

CHENG, R. (1994). Enhanced Coagulation for Arsenic Removal. JAWWA.

CRISANTO PERRASO, T. P. (2012). Tesis: caracterización de los Residuos Generados en el Tratamiento de Aguas Arsenicales por el método coagulación - adsorción. Buenos Aires, Argentina.

da. (adssd). ads. ad: ad.

D'AMBROSIO, M. C. (2005). Evaluación Y Selección De Tecnologías Disponibles Para Remoción De Arsénico. Argentina.



DINESH, M., CHARLES, U. and PITMAN Jr. (2007). Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents - A critical review. Science Direct.

DOROTEO CALDERON, F. (2014). diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano Los Pollitos, Ica. Lima.

Dra. ALARCON HERRERA, M. L. (2014). arsénico en agua. México: Centro de investigación en materiales avanzados S.C. (607-8272).

EPS. SEDA JULIACA S.A. (2016). Plan Maestro Optimizado. Juliaca.

GALINDO. (2005). Remoción de arsénico y flúor mediante coagulación con cloruro de poli aluminio y doble filtración. Argentina.

GEORGE, C. M. (5 de June de 2014). Arsenic Exposure In Drinking Water: An Unrecognized Health Threat. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.13.128496>

iberoarsen. (2008).

Iberoarsen, I. (2008). Experiencias en Argentina con plantas basadas en Procesos de coagulación - adsorción. Curso/Taller Remoción de arsénico en Aguas Sede IATA. Valencia - España.

INEI. (2007). Censos Nacionales de población y Vivienda.

KAMATAKIS, G. (2010). Criterios Y políticas Urbanas Para El Tratamiento Y Uso Sostenible Del Agua Potable En Las Ciudades. El Caso De Nueva York. Cataluña.

M.L. CASTRO DE ESPARZA. (2006). Presencia De arsénico En El Agua De Bebida En América Latina Y Su Efecto En La Salud Publica. MEXICO CITY.



MINSA. (2011). Reglamento De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano. Lima: J.B.

GRAPIC E.I.R.L.

MINSA. (2010). Reglamento De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano. (Ds N° 031-2010-Sa). Lima.

MOLERO, J. A. (2008). 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.

MUNICIPALIDAD, S. R. (OCTUBRE de 2017). CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS. Obtenido de <http://www.munijuliaca.gob.pe>

NORMAS DE DISEÑO SSA. (1988). Normas De Diseño SSA.

OMS. (2016). ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

RAMÍREZ, J. L. (2012). Remoción De arsénico Del Agua Para Uso Y Consumo Humano Mediante Diferentes Materiales De Adsorción. México, DF.

SANCHA A.M., O'RYAN R., MARCHETTI Y FERRECCIO C. (1998). análisis de Riesgo en la regulación Ambiental de tóxicos. Lima-Perú: Congreso Interamericano de ingeniería Sanitaria y Ambiental.

SERQUIMSA INGENIERIA TRANSPARENTE. (2017). Serquimsa ingeniería Transparente/Equipos. Obtenido de <http://www.serquimsa.com/equipos/>

SMITH, E. N. (1999). Chemistry of arsenic in soils: In Sorption of arsenite by four Australian soils. Australian: J. Environ Qual.

SORG, TJ. and LOGSDON, GS. . (1978). Treatment technology to meet the interim primary drinking water regulations for inorganics.



TADIPOL. (2017). Decantadores. Obtenido de

<http://www.tadipol.com/producto/decantadores-espesadores-poliester-para-fangos/3>

TADIPOL. (2017). Filtros a presión. Obtenido de <http://www.tadipol.com/producto/filtros-a-presion/>

TEJERO, I., & SUAREZ, J. (2014). Tratamiento De Aguas. Coagulación - Floculación.

TENNY, R. (2001). tecnologías de Remoción de arsénico.

valoración cuantitativa del ciclo hidrológico. (2017). Obtenido de

[http://knowledge.allianz.com/en/media/galleries/worldmapper\\_water.html](http://knowledge.allianz.com/en/media/galleries/worldmapper_water.html). Datos de

2000

VIDONI, R. P. (2010). Remoción de arsénico, hierro y manganeso en agua subterránea en planta piloto ubicada en una escuela rural. Argentina.

WEGELIN, M. G.-a. (1998). Soras - a simple arsenic removal process.

WILKIE, J. H. (1996). Arsenic Removal by ferric chloride J. Am Water Works assoc.



# ANEXOS

## ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Título: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE AYABACAS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
<p><b>GENERAL:</b></p> <p>¿Qué herramientas tecnológicas tiene que tener un establecimiento de depuración de agua para disminuir los grados de As presentes en el agua subterráneo de la Zona de Ayabacas?</p>	<p><b>GENERAL:</b></p> <p>Evaluar la tecnología que requiere un establecimiento de depuración de agua para disminuir el recuento de As en el H<sub>2</sub>O de la Zona de Ayabacas.</p>	<p><b>GENERAL:</b></p> <p>La tecnología se basa en el uso de policloruro de aluminio dentro de una planta de tratamiento implica reducir los grados de contaminación por Arsénico presentes en el H<sub>2</sub>O que se provee a los habitantes de la Zona de Ayabacas.</p>	<p><b>V. INDEPENDIENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad del agua subterránea.</li> </ul>	<p>Adecuación de las condiciones óptimas</p> <p>Dosis óptima de policloruro de aluminio</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LMP</li> <li>- Coagulación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (ml/L)</li> </ul>
<p><b>ESPECÍFICO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es calidad del H<sub>2</sub>O recuillis para los distintos sistemas de suministro de agua para el consumo de los humanos?</li> <li>- ¿Cuál es la fiabilidad del H<sub>2</sub>O que se provee a los habitantes del municipio de Juliaca?</li> <li>- ¿De qué forma debe ser el prototipo de la planta de depuración con un volumen de Q= 2 l/s, con el fin de disminuir la contaminación por Arsénico del H<sub>2</sub>O recolectado?</li> <li>- ¿De qué magnitud es el Arsénico en los cursos de agua subterráneos del área en análisis?</li> </ul>	<p><b>ESPECÍFICO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigar la fiabilidad del agua de suministro de los distintos sistemas de agua para el consumo de los humanos.</li> <li>- Evaluar la fiabilidad del agua que se reparte a los habitantes de específico a las normativas de calidad del agua de Perú.</li> <li>- Evaluar el diseño de un prototipo de depuración de agua con una capacidad de Q=2 l/s, con el fin de disminuir la contaminación por Arsénico del H<sub>2</sub>O.</li> <li>- Averiguar la magnitud del As en las aguas subterráneas del territorio en análisis.</li> </ul>	<p><b>ESPECÍFICO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los sistemas de abastecimiento de agua potable de la región Puno no operan eficientemente.</li> <li>- De acuerdo con las normas nacionales de calidad del agua, el acceso de la población al agua no satisface los PMA.</li> <li>- El diseño satisface las normas nacionales de calidad del agua y considera un sistema tradicional para la planta piloto de tratamiento con un caudal de Q=2 l/s.</li> <li>- Las aguas subterráneas de la zona de investigación presentan cantidades de arsénico superiores a la media.</li> </ul>	<p><b>V. DEPENDIENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Niveles de contaminación por arsénico.</li> </ul>	<p>Concentración</p> <p>Remoción</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- % As</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(mg/L)</li> </ul>

## ANEXO 2. NORMATIVA

DECRETOS SUPREMO N.º 031-2010-SA

MINISTERIO DE SALUD No. 031-2010-SA

REPUBLICA DEL PERU

*Decreto Supremo*

*Lima, ..... de ..... del .....*

**APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

**EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA**

**CONSIDERANDO:**

Que, el numeral 22 del artículo 2º concordante con el artículo 7º de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa;

Que, el artículo 107º de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;

Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar las normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;

Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual;

Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;

M. Arce R.

E. CRUZ S.

Olivera A.

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 26842 – Ley General de Salud, y la Ley N° 29158 – Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

### DECRETA:

#### Artículo 1°- Aprobación

Apruébese el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez (10) títulos, ochenta y un (81) artículos, doce (12) disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco (05) anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El presente Decreto Supremo con el texto del Reglamento y sus anexos deberán ser publicados en el Portal Institucional del Ministerio de Salud (<http://www.minsa.gob.pe>) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.



M. Alce R.

#### Artículo 2°- Derogación

A la entrada en vigencia del presente dispositivo legal, quedará derogada la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", así como toda aquella disposición que se le oponga.



E. CRUZ S.

#### Artículo 3°- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud y de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



W. Olivera A.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de septiembre del año dos mil diez.



D. León Ch.



ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE UBILLUZ  
Ministro de Salud

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

### ANEXO I LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml



### 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)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad



ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

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

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrin y dieldrin	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxiuro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1- Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Ácido Nitrotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estirano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Meccoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Clorpirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001



Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodlorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,07
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,1
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,05
73. Dicloroacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,02
74. Formaldehído	mgL <sup>-1</sup>	0,9
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,2

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0.5 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 3:** La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodlorometano}}}{LMP_{\text{Bromodlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L



#### ANEXO IV

#### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS RADIATIVOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2. Actividad global α	Bq/L	0,5
3. Actividad global β	Bq/L	1,0

**Nota 1:** Si la actividad global α de una muestra es mayor a 0,5 Bq/L o la actividad global β es mayor a 1 Bq/L, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.



Componente del sistema de abastecimiento	Registro		Autorización sanitaria		Aprobaciones	
	¿Requiere?	Entidad que registra	¿Requiere?	Entidad que autoriza	¿Requiere?	Entidad que autoriza
Fuente de abastecimiento de agua	SI	DIGESA, GRS, DUSA				
Sistemas de abastecimiento de agua	SI	DIGESA, GRS, DUSA				
Plantas de tratamiento de aguas potables			SI	DIGESA (1), DIGESA, GRS		
Plan de control de calidad (PCC)					SI	DIGESA (1), DIGESA, GRS
Planes de Adecuación sanitaria (PAS)					SI	DIGESA (1), DIGESA, GRS
Surtidores de agua			SI	DIGESA, GRS, DUSA		
Cambios sistema			SI	DIGESA, GRS		
Desinfectantes de agua	SI	DIGESA (1), DIGESA, GRS				

(1) Nota : De acuerdo a la última disposición transitoria, complementaria y final.

### ANEXO 3. NORMATIVA

#### OS. 020 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

#### OS.020 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

##### ÍNDICE

	PÁG.
<b>1. OBJETIVO</b>	<b>2</b>
<b>2. ALCANCE</b>	<b>2</b>
<b>3. DEFINICIONES</b>	<b>2</b>
<b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b>	<b>4</b>
4.1 OBJETIVO DEL TRATAMIENTO	4
4.2 GENERALIDADES	4
4.3 DETERMINACION DEL GRADO DE TRATAMIENTO	9
4.4 NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD	11
4.5 NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE INGENIERIA BASICA	12
<b>5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA DISEÑOS DEFINITIVOS</b>	<b>13</b>
5.1. GENERALIDADES	13
5.2 PRETRATAMIENTO	15
5.3 AERADORES	17
5.4 SEDIMENTADORES SIN COAGULACION PREVIA	18
5.5 PREFILTROS DE GRAVA	18
5.6 FILTROS LENTOS DE ARENA	20
5.7 COAGULANTES Y SUSTANCIAS QUIMICA	23
5.8 MEZCLA RAPIDA	26
5.9 FLOCULACION	28
5.10 SEDIMENTACION CON FLOCULACION PREVIA	30
5.11 FILTRACION RAPIDA	38
5.12 DESINFECCION	48
5.13 CONTROLES DE PLANTA FLOCULACION PREVIA	50



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 31/12/24

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Yhamil Armando Zamata Maldonado

Dirección: Jr : Ayaviri 1155

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71848687

Teléfono: 918524586 email: nervell439@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

Escuela Profesional o Mención: Escuela profesional de Ingenierías Sanitaria y Ambiental

Título o Grado Académico a optar: Ingeniero Sanitario y Ambiental

Asesor: Dr : Efraín Parillo Sosa

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: Evaluación de los niveles de arsénico del agua subterránea en la zona de Ayabacas

Palabras claves, (3 a 5 términos): Arsénico , agua potable y agua subterránea

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

2

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o 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

31 de diciembre 2024

Fecha