



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN DESARROLLO RURAL



#### TESIS

**CAPACIDAD DE REMOCIÓN DEL ARSÉNICO EN EL AGUA DE POZO DE  
LA COMUNIDAD ESCURI CORIHUATA EMPLEANDO FILTROS DE  
ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA) EN CONDICIONES  
CONTROLADAS**

**PRESENTADA POR:**

**ROXANA MILAGROS ESCARCENA FLORES**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

**2023**

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**CAPACIDAD DE REMOCIÓN DEL ARSÉNICO EN EL AGUA DE POZO DE LA COMUNIDAD ESCURI CORIHUATA EMPLEANDO FILTROS DE ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA) EN CONDICIONES CONTROLADAS**

AUTOR

**ROXANA MILAGROS ESCARCENA FLORES**

RECUENTO DE PALABRAS

**10838 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**54282 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**63 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**862.9KB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 10, 2023 3:43 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 10, 2023 3:44 PM GMT-5**

● **11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

  
Dr. Graciela Martín Mamani  
E.P. ARQUITECTURA Y URBANISMO  
C.A.P. 14636



  
Dr. Benjamin Velazco Reyes  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN DESARROLLO RURAL**

**TESIS**



**CAPACIDAD DE REMOCIÓN DEL ARSÉNICO EN EL AGUA DE POZO DE  
LA COMUNIDAD ESCURI CORIHUATA EMPLEANDO FILTROS DE  
ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA) EN CONDICIONES  
CONTROLADAS**

**PRESENTADA POR:**

**ROXANA MILAGROS ESCARCENA FLORES**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE**

**MAESTRO EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE**

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

  
.....  
Dr. JULIO MALAGA APAZA

PRIMER MIEMBRO

  
.....  
M.Sc. LUIS ALBERTO MAMANI HUANCA

SEGUNDO MIEMBRO

  
.....  
M.Sc. CARLOS ANTONIO ESPINOZA ZEVALLOS

ASESOR DE TESIS

  
.....  
Dr. GROVER MARIN MAMANI

Puno, 20 de enero de 2023

**ÁREA:** Gestión de Recursos Naturales

**TEMA:** Remoción de Arsénico en el Agua

**LÍNEA:** Manejo Sustentable de Recursos Naturales



## DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme brindado un día más de vida para lograr mis objetivos, siempre cuidó de mí, en tierras lejanas nunca me desamparó y en mis peores momentos supo guiarme y conducirme por el buen camino, todo lo que tengo y lo que soy se lo debo a mi padre y gracias a Él estoy cumpliendo una de mis metas más anheladas.

Dedico a mis queridos padres David y Ana por su amor infinito e incondicional, han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles; son los ángeles que Dios puso en mi vida, gracias por su comprensión y apoyo constante, esta tesis es un logro más.

A mi hermano Elvis por su apoyo moral, por la fuerza que le pone a la vida, por ser ejemplo en valentía y mi admiración constante hacia él, gracias hermano.



## AGRADECIMIENTOS

- Hacer extensible mi gran sincero agradecimiento a la Escuela de Post grado de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en especial medida a la Maestría en Desarrollo Rural.
  
- Agradezco además a todos y cada uno de aquellos quienes pusieron un granito de arena colaborando para culminar con éxito este proyecto: Dr. Grover Mari Mamani, por su orientación y tiempo donado generosamente en cada una de las etapas dentro del desarrollo y avances de este trabajo de investigación.
  
- Al Dr. Julio Málaga Apaza, por su orientación constante en el desarrollo de este proyecto de investigación.
  
- Asimismo mi agradecimiento y consideración especial a los jurados Msc. Luis Alberto Mamani Huanca y al Dr, Carlos Antonio Espinoza Zevallos por su valioso aporte en el desarrollo del proyecto de investigación.



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

### CAPITULO I

#### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	2
1.1.1 Aguas Subterráneas	2
1.1.2 Arsénico	3
1.1.3 Arsénico en el agua	3
1.1.4 Arsénico y efecto a la salud	4
1.1.4.1 Efectos agudos	4
1.1.4.2 Efectos a largo plazo	5
1.1.5 Método de eliminación de arsénico	5
1.1.6 Las zeolitas	6
1.1.7 Estructura geométrica de la zeolita	6
1.1.8 Tipos de zeolita	7
1.1.9 Propiedades de la zeolita	8
1.1.10 Zeolita clinoptilolita	10
1.1.11 Principales usos de la zeolita	11



1.1.12	Importancia de la zeolita como material filtrante	11
1.2	Antecedentes	12
1.2.1	A nivel internacional	12
1.2.2	A nivel nacional	13
1.2.3	A nivel local	14

## **CAPITULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1	Identificación del problema	15
2.2	Enunciado del problema	15
2.2.1	Enunciado general	15
2.2.2	Enunciados específicos	16
2.3	Justificación	16
2.4	Objetivos	16
2.4.1	Objetivo general	16
2.4.2	Objetivos específicos	17
2.5	Hipótesis	17
2.5.1	Hipótesis general	17
2.5.2	Hipótesis específicas	17

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	Lugar de estudios	18
3.2	Población	19
3.3	Muestra	19
3.4	Método de investigación	19
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	20
3.5.1	Determinar la concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata	20



3.5.2 Determinar el tiempo y dosis óptima de remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita).	20
3.5.3 Determinar la cantidad óptima de zeolita natural (Clinoptilolita) para la remoción de arsénico del agua de pozo.	21

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 Concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata.	23
4.2 Tiempo óptimo de remoción del arsénico en agua de pozos	24
4.3 Cantidad óptima de zeolita natural (Clinoptilolita) para la remoción de arsénico del agua de pozo.	25
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31
ANEXOS	35





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Tipos y características de zeolita	7
2. Propiedades de las zeolitas en función de su composición química	9
3. Características de la Clinoptilolita	10
4. Niveles de arsénico en agua de pozos de consumo humano de la comunidad de Escuri Corihuata.	23
5. Concentración de arsénico en agua de los pozos empleando filtro de Zeolita natural según el tiempo.	24
6. Concentración de arsénico en agua de los pozos empleando cantidad de zeolita.	26
7. Concentración de arsénico en agua de pozos según cantidad de zeolita y tiempo de remoción.	27



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Estructura de la zeolita, configuración atómica entre silicio y oxígeno (izquierda) y estructura geométrica tridimensional (derecha)	7
2. Ubicación de la Urbanización Escuri Corihuata	18
3. Mapa de densidad de kernel de la Urbanización Escuri Corihuata	19
4. Procedimiento para la determinación de la cantidad y tiempo optimo en la remoción de arsénico	21
5. Concentración de As en agua según filtro de zeolita medido en tiempo	24
6. Concentración de As en agua según cantidad de zeolita	26
7. Concentración de arsénico en agua según combinación zeolita/tiempo	27
8. Recolección de la muestra 01	37
9. Recolección de la muestra 02 y 03	37
10. Recolección de la muestra 04	38
11. Recolección de la muestra 05 y 06	38
12. Recolección de las muestras 07 y 08	39
13. Recolección de la muestra 10	39
14. Pesado de las 200g de zeolita	40
15. Pesado de las muestras de zeolita 400 g	40
16. Pesado de la zeolita para la primera muestra	41
17. Pesado de la zeolita para la segunda	41
18. Realización del filtro de zeolita	42
19. Filtración de las aguas subterráneas	42
20. Muestras de agua de acuerdo a la cantidad de	43
21. Muestra de agua de acuerdo al tiempo de retención	43
22. Regresión lineal en 20 minutos	46
23. Regresión lineal en 40 minutos	46



<b>24.</b> Regresión lineal en 60 minutos	47
<b>25.</b> Regresión lineal con 200 g	47
<b>26.</b> Regresión lineal con 400 g	48



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Matriz de consistencia	36
2. Panel Fotográfico	37
3. Panel fotográfico de la filtración de las aguas de pozo	40
4. Resultados de la concentración inicial de arsénico en las diez muestras	44
5. Resultado de la concentración de arsénico después de pasar por el filtro de zeolita	45
6. Panel fotográfico de la aplicación de la regresión lineal	46
7. Declaración jurada de autenticidad de tesis	49
8. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional	50



## RESUMEN

En las últimas décadas, la contaminación del agua se ha convertido en uno de los problemas más desafiantes; la presencia de metales pesados en las fuentes de agua tiene efectos perjudiciales en el medio ambiente y en la salud humana. El estudio tuvo los siguientes objetivos de cuantificar la concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata; determinar el tiempo óptimo de remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita) y determinar la cantidad optima de zeolita natural para la remoción de arsénico de agua de pozo. Se utilizó 10 muestras para cuantificar la concentración de arsénico de las aguas de pozo. Para determinar la capacidad de remoción de arsénico fueron en un tiempo de retención de 20, 40 y 60 min, y así mismo se utilizó una cantidad de 200 g y 400 g de zeolita. Los datos se han analizado mediante medidas de tendencia central y de dispersión; y la capacidad de remoción de arsénico mediante el filtro de zeolita natural (clinoptilolita) se utilizó la “t” de student. En el resultado obtenido, se registra valores de  $0,22 \pm 0.028$  y  $0,35 \pm 0.028$  ppm/litro de agua de pozos, tratadas con 200 y 400 gramos de zeolita en 20 minutos ( $p < 0.05$ ), estas reflejan diferencias estadísticas a través de la prueba de “t” student ( $p < 0.05$ ); esta diferencia por efecto cantidad de zeolita es que con 200 gr en un tiempo de 20 minutos actúa 0.22 mg/L. comparado a la de 400 gramos.

**Palabras clave:** Arsénico, Contaminación, Remoción, Tiempo optimo y Cantidad optima.



## ABSTRACT

In recent decades, water contamination has become one of the most challenging problems; the presence of heavy metals in water sources has detrimental effects on the environment and human health. The study had the following objectives: to quantify the concentration of arsenic in the well water of the community of Escuri Corihuata; to determine the optimum arsenic removal time using the natural zeolite filter (Clinoptilolite) and to determine the optimum amount of natural zeolite for the removal of arsenic from well water. Ten samples were used to quantify the concentration of arsenic in the well water. To determine the arsenic removal capacity were in a retention time of 20, 40 and 60 min, and likewise an amount of 200 g and 400 g of zeolite were used. The data were analyzed by means of measures of central tendency and dispersion; and the arsenic removal capacity by means of the natural zeolite filter (clinoptilolite) was determined by Student's t-test. In the result obtained, values of  $0.22 \pm 0.028$  and  $0.35 \pm 0.028$  ppm/liter of well water are recorded, treated with 200 and 400 grams of zeolite in 20 minutes ( $p < 0.05$ ), these reflect statistical differences at through the student "t" test ( $p < 0.05$ ); This difference due to the amount of zeolite effect is that with 200 gr in a time of 20 minutes, 0.22 mg/L acts. compared to that of 400 grams.

**Keywords:** Arsenic, Contamination, Removal, Optimum Time and Optimum Quantity.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso inadecuado de las aguas subterráneas causa una serie de problemas a la sociedad y a la comunidad local. Como es el caso de la contaminación por arsénico provenientes de fuentes naturales, presenta una amenaza en las aguas subterráneas o aguas de pozo (Escalera & Ormachea, 2014) . El arsénico se encuentra presente en el agua debido a la disolución de minerales, por efluentes industriales y por degradación atmosférica. Se calcula que unos 150 millones de personas en todo el mundo están afectadas, y se espera que esta cifra siga creciendo a medida que se descubran continuamente nuevas zonas contaminadas (Escalera & Ormachea, 2014). El consumo de arsénico a lo largo del tiempo provoca una intoxicación crónica porque se acumula en el cuerpo humano, y la exposición prolongada a altas concentraciones de arsénico daña el sistema nervioso central, el corazón y la piel, lo que provoca la aparición de diversos tipos de cáncer, como el cáncer de piel, el cáncer pulmonar y la hiperqueratosis (OMS, 2022). Frente a esto, la presente investigación tiene la finalidad de evaluar la capacidad de remoción de arsénico en el agua de pozo de la comunidad Escuri Corihuata empleando la zeolita natural (Clinoptilolita) en condiciones controladas. Donde primero se tomó una muestra inicial, posteriormente se tomó las muestras de acuerdo a la cantidad y tiempo de contacto de las cuales se determinó la cantidad y tiempo óptimo de remoción de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita).El trabajo de investigación está constituido por cuatro capítulos, que a continuación se menciona: el capítulo I corresponde a la introducción, especifica el problema de estudio, con la formulación del problema, hipótesis, justificación y estableciendo los objetivos trazados que puntualiza la importancia del estudio. Así mismo el capítulo II, establece temas relacionados al estudio, antecedentes del estudio, marco teórico y los términos básicos, continuando el capítulo III, aquí se detalla la metodología planteada para la investigación, precisando el tipo y diseño de investigación, técnicas e instrumentos, población y muestra, procedimientos y procesamientos de datos y el capítulo IV, muestra los resultados logrados en el presente trabajo de investigación con el análisis y discusión que corresponde. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones más importantes de la investigación.

## CAPITULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

##### 1.1.1 Aguas Subterráneas

La mayor parte de los acuíferos poseen altos contenidos de arsénico son el resultado de procesos geoquímicos naturales. Una de las particularidades que destacada más de la cuestión del arsénico de procedencia natural en las aguas subterráneas es que no generalmente existe una correlación clara entre altos niveles de arsénico en el agua y los altos niveles de arsénico en los materiales que conforman dicho acuífero. No se dispone ningún modelo geoquímico o hidrogeológico que pueda explicar todas las apariciones observadas, ya que las aguas que contienen arsénico se encuentran en una amplia gama de entornos, incluyendo condiciones reducidas y oxidativas, regiones áridas y húmedas, acuíferos confinados superficiales y profundos, y acuíferos sobreexplotados. La diversidad de escenarios está denominada por las situaciones y procedimientos únicos que existen en cada instancia o, dicho de otra manera, la presencia de arsénico en cada instancia es el resultado de un ambiente geoquímico y una condición hidrogeológica particular (Alarcón & Leal, 2013).

A diferencia de la contaminación antropogénica, que tiene un efecto localizado, la aparición de niveles elevados de arsénico de origen natural puede tener un impacto en una zona amplia. Los cuantiosos casos naturales de "contaminación" de aguas subterráneas por arsénico que se han registrado en todo el mundo incluyen metasedimentos con capas mineralizadas, formaciones volcano-sedimentarias, formaciones volcánicas, sistemas hidrotermales, distritos mineros, humedales aluviales terciarios y cuaternarios, etc.



El principal factor que regula la cantidad de arsénico en las aguas subterráneas son la relación agua-roca en el núcleo del acuífero. En circunstancias naturales, los valores difieren sustancialmente de un ambiente a otro

### **1.1.2 Arsénico**

El elemento arsénico es un metal natural que puede encontrarse en el ambiente en una variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos, como en forma sólida como líquida. Sin embargo, su concentración puede ser mayor en algunas zonas geográficas, su concentración media en la corteza terrestre se conforma de 5 gramos por tonelada, y suele aparecer en combinación con más de 150 distintos elementos (como el cobre, el cromo, el azufre, el niobio, el hierro, el cobalto y el zinc) (Aragónés & Palacios, 2001). La toxicidad de un componente de arsénico para el ser humano viene determinada principalmente por su estructura química, que varía entre dos tipos de compuestos: inorgánicos y orgánicos.

Los más tóxicos son los inorgánicos y se encuentran sobre todo en el agua (su forma principal de transportarse en el medio ambiente), donde suelen encontrarse en forma de pentóxido de arsénico ( $As_2O_5$ ) o trióxido de arsénico ( $As_2O_3$ ).

Suelen ser el resultado de la disolución de minerales, no obstante, además podrían ser causados por la contaminación industrial, el uso de pesticidas o la deposición atmosférica. La mayoría de los compuestos orgánicos están en los alimentos y representan la principal fuente de exposición de la población al arsénico, ya que son mucho menos tóxicos que los compuestos inorgánicos 4,5. No obstante, la exposición al arsénico inorgánico por ingestión es mínima, con la excepción de las zonas en las que el arsénico inorgánico provoca una contaminación del agua que puede dar lugar a eventos catastróficos (Aragónés & Palacios, 2001)

### **1.1.3 Arsénico en el agua**

En la naturaleza pueden hallarse formas tanto orgánicas como inorgánicas de arsénico; las aguas naturales suelen incluir este último tipo. El arsénico existe en cuatro estados de oxidación en circunstancias normales, de los cuales los más frecuentes son el As (III) trivalente (arsenitos) y el As (V) pentavalente (arsenatos). El arsénico pentavalente As(V) suele encontrarse en aguas superficiales en circunstancias aeróbicas, mientras que el arsénico trivalente As (III) suele

encontrarse en fluidos profundos o de pozos en condiciones anaeróbicas. El As(V), que expresa una mayor eficacia en los sistemas de eliminación que el As (III), que, a estos valores de pH, no tiene carga, se carga negativamente en el agua con un pH entre 4 y 10. Debido al estado pentavalente del arsénico, que beneficia la oxidación en los sistemas químicos y biológicos, y a su estado trivalente, que beneficia la disminución en el equilibrio (Ordoño & Mendoza, 2020). Castillo & Medina (2022) mencionan que el agua contiene arsénico debido a la descomposición de los minerales, los efluentes industriales y el deterioro atmosférico. El arsénico es un metal que se encuentra diseminado por la corteza terrestre en formas comunes como el sulfuro de arsénico o los arseniatos metálicos. El arsénico (V) es el más prevalente en fluidos de tipo superficial con fuertes cualidades de oxigenación, mientras que el arsénico (III) predomina en circunstancias observadas en lagos profundos o aguas subterráneas. Se ha demostrado que el aumento de los niveles de pH puede elevar la cantidad de arsénico disuelto en el agua.

#### **1.1.4 Arsénico y efecto a la salud**

El arsénico supone un grave riesgo para la salud humana cuando está presente en aguas subterráneas contaminadas. Las aguas subterráneas de varios países, entre ellos Bangladesh, Argentina, China, Chile, India, Estados Unidos y México, presentan altas concentraciones de arsénico inorgánico de forma natural. El agua potable contaminada, los sistemas de riego contaminados y los productos alimenticios contaminados son las tres principales fuentes de exposición. Existen tanto formas orgánicas como inorgánicas de arsénico. Las mezclas de arsénico extremadamente tóxicas, como las que se encuentran en el agua, se contraponen a las mezclas de arsénico orgánico menos dañinos para la salud, como las que se hallan en el pescado y el marisco, que se encuentran en los alimentos pesqueros (OMS, 2022).

##### **1.1.4.1 Efectos agudos**

Los vómitos, el dolor de estómago y la diarrea son algunos de los primeros signos de una intoxicación grave por arsénico. Luego aparecen otros efectos secundarios, como calambres en los músculos de los pies y mano, incremento de la dimensión del corazón o la muerte en casos extremos (OMS, 2022).

#### **1.1.4.2 Efectos a largo plazo**

Cambios en la pigmentación, raspaduras, quemaduras y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies son los primeros síntomas de la exposición continuada a elevadas cantidades de arsénico inorgánico. El consumo de agua y alimentos contaminados también puede provocar estos síntomas (hiperqueratosis). Estos efectos aparecen tras un tiempo mínimo de exposición de 5 años y podrían ser precursores del cáncer de piel (OMS, 2022).

#### **1.1.5 Método de eliminación de arsénico**

Existen por lo menos 14 métodos para mover arsénico del agua con eficiencia alrededor de 70-90%. Dentro los que encontramos intercambio iónico, empleo de alúmina activada, ósmosis inversa, nanofiltración y electrodiálisis inversa, coagulación- floculación y otros métodos que no sólo remueven arsénico, sino otros metales en el agua, las técnicas de remoción pueden ser clasificadas como biológicas y las fisicoquímicas (Quijano & Gutiérrez, 2021). Entre las fisicoquímicas encontramos:

**Coagulación/Filtración:** es un método de tratamiento implica la adición de materiales insolubles en agua para neutralizar las cargas eléctricas de las sustancias coloidales disueltas o en suspensión, lo que permite el desarrollo de partículas o aglomerados más grandes que pueden retirarse por sedimentación o filtración.

**Alúmina activada:** es una forma de intercambio iónico en la que los iones del agua se adsorben en la superficie oxidada de la alúmina activada. Es eficaz en aguas con una elevada concentración total de sólidos disueltos y muy selectivo para la eliminación de  $As^{+5}$ .

**Ósmosis inversa:** es un método para filtrar los materiales disueltos en el agua que consiste en empujar el agua contra una membrana semipermeable a una presión superior a la presión osmótica.

**Intercambio iónico:** es un proceso fisicoquímico en el que otros iones en solución desplazan iones de una especie específica de un medio de intercambio insoluble (resina).

Nanofiltración: es un método de separación de líquidos que hace pasar disolventes, sales monovalentes, iones metálicos y moléculas orgánicas diminutas a través de membranas que se presionan bajo presión.

Ablandamiento con cal: es una técnica que consiste en añadir cal al agua para eliminar la dureza. Con este método se puede eliminar  $As^{3+}$  o  $As^{5+}$ , y la eficacia de la eliminación depende del pH.

### **1.1.6 Las zeolitas**

Son cristales de sílice de aluminio hidratado que incluyen cationes alcalinos o alcalinotérreos y tienen una elevada capacidad de interconversión catiónica sin cambiar su estructura porosa tridimensional (Barreto, 2021).

La formación de zeolitas naturales es el resultado de la precipitación de los fluidos que contiene los poros, similar a los eventos hidrotermales, o de la alteración del vidrio volcánico.

Condiciones como la presión, la temperatura, la actividad de las especies iónicas y la presión parcial del agua son factores clave en la formación de diversas especies de zeolita. Se conocen más de 40 especies naturales de zeolita; sin embargo, sólo unas pocas se utilizan ampliamente. Dentro de esas se incluyen: mordenita, clinoptilolita, heulandita, phillipsita, eroinita y chabazita (Curi & Granda, 2006).

### **1.1.7 Estructura geométrica de la zeolita**

Las zeolitas muestran una estructura molecular cristalina, cuya conformación geométrica está formada por una red cuyos átomos de silicio se ubican en los vértices de la estructura. La formación de los cristales propicia la generación de cavidades en la estructura proporcionando características porosas, el tamaño de estas cavidades varía de acuerdo al tipo de zeolita, así como de la proporción de Si/Al y el tipo de cationes metálicos presentes en la conformación (Sancho, 2021).

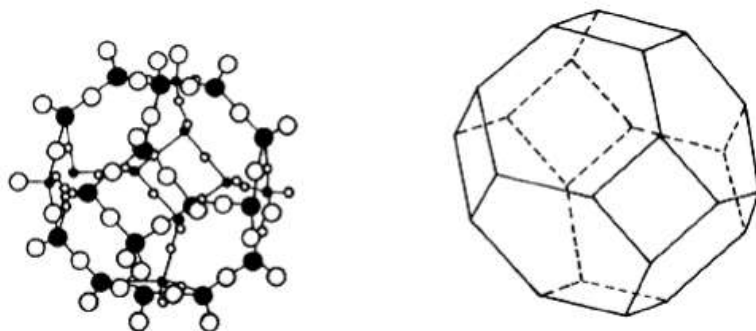


Figura 1. Estructura de la zeolita, configuración atómica entre silicio y oxígeno (izquierda) y estructura geométrica tridimensional (derecha)

Fuente: (Sancho, 2021)

### 1.1.8 Tipos de zeolita

Las zeolitas se diversifican según su composición de elementos: estructura geométrica, dimensión de sus cavidades, gravedad específica, medida de canales, estabilidad térmica y capacidad de intercambio iónico

Tabla 1

*Tipos y características de zeolita*

Zeolita	Sistema cristalino	Volumen de poro	Gravedad específica	Dimensión de canales	Estabilidad térmica	Capacidad de intercambio iónica
Analcima	Cúbico	18	2.24 – 2.29	2.6	Alta	454
Chabazita	Hexagonal	47	2.05 – 2.10	3.7 x 4.2	Alta	381
Clinoptilolita	Monoclínico	39	2.16	3.9 x 5.4	Alta	254
Erionita	Hexagonal	35	2.02 – 2.08	3.6 x 5.2	Alta	312
Faujasita	Cúbico	47	1.91 – 1.92	7.4	Alta	339
Ferrierita	Ortorrómico	-	2.14 – 2.21	4.3 x 5.5	Alta	233
Heulandita	Monoclínico	39	2.10 – 2.20	4.0 x 5.5	Baja	291
Laumontita	Monoclínico	34	2.20 – 2.30	4.6 x 6.3	Baja	425
Mordenita	Ortorrómico	28	2.12 – 2.15	2.9 x 5.7	Alta	229

Natrolita	Ortorrómico	23	2.20 – 2.26	6.7 x 7.0	Baja	526
Phillipsita	Ortorrómico	31	2.15 – 2.20	4.2 x 4.4	Baja	387
Wairakita	Monoclínico	20	2.26	-	Alta	461
Linde A	Cúbico	40	1.99	4.2	Alta	548
Linde X	Cúbico	50	1.93	7.4	Alta	473

Fuente: Sancho (2021)

- Sancho (2021) hace referencia a que las zeolitas se dividen de acuerdo a su estructura tridimensional en los siguientes:

*Ortosilicatos:* Tetraedros independientes entre sí y unidos por cationes.

*Nesosilicatos:* De 2 a 6 tetraedros juntos entre sí.

*Ciclosilicatos:* Redes en cadena con disposición de tetraedros en serie

*Inosilicatos:* Redes en cinta generados por alianza simétrica de 2 cadenas dispuestas como un objeto y su retrato reflejado.

*Filosilicatos:* Estructuras en hojas diferenciadas por anillos séxtuples de tetraedro juntos en planos de forma consecutiva.

*Tectosilicatos:* Forman redes con uniones tridimensionales, gran parte de las zeolitas pertenecen a este grupo

- Sancho (2021) menciona que las zeolitas se clasifican conforme a su comportamiento con relación al agua en:

*Hidrofílicas:* Están de manera natural y poseen afinidad por el agua, realizando la adsorción de la misma.

*Hidrofóbicas:* Son sintéticas, repelen el agua, pero poseen afinidad por los compuestos orgánicos

### 1.1.9 Propiedades de la zeolita

Sancho (2021) refiere las siguientes propiedades de la zeolita:

*Intercambio iónico:*

Debido a la naturaleza poco ligada de los cationes monovalentes o divalentes de las zeolitas, que los hace intercambiables con otros cationes del medio, son eficientes aceptores de cationes metálicos o no metálicos.

*Tamiz molecular:*

Esta propiedad está asociada a la estructura cristalina porosa permitiendo que la zeolita funciones como tamiz molecular impidiendo el paso a sustancias grandes. La capacidad del funcionamiento del tamiz molecular se asocia con la temperatura y del catión en la zeolita.

*Hidratación:*

Las zeolitas son usadas como material desecante debido a que presentan cavidades que pueden ser ocupadas por el agua, esta propiedad se incrementa con la temperatura.

*Adsorción:*

Siempre que las moléculas tengan el tamaño adecuado para adherirse a ella, la zeolita puede retener moléculas dentro de los agujeros que componen su estructura

Tabla 2

*Propiedades de las zeolitas en función de su composición química*

<b>Composición química</b>	<b>Propiedades</b>
Aluminosilicatos con baja relación Si/Al	Polar Mayor capacidad de intercambio catalítico Catolicismo de actividad Acidez reducida en forma H Baja estabilidad térmica
Aluminosilicatos con alta relación Si/Al	menor polaridad menor capacidad de intercambio catalítico Catolicismo de la actividad mayor acidez en forma H

	relativa alta estabilidad térmica e hidrotérmica
Puramente silíceas y libre de defectos estructurales	Apolar
(Alumino) silicatos con sustitución de (Al)Si por otros heteroátomos	Sin capacidad catalítica
	Sin capacidad catalítica
	Sin acidez ni basicidad
	Mayor estabilidad térmica e hidrotérmica
	Actividad que depende de la hterotopía

Fuente: Cumplido (2022)

### 1.1.10 Zeolita clinoptilolita

Este tipo de zeolita pertenece a la familia de las heulanditas, y es un aluminosilicato hidratado de sodio, calcio y potasio. La familia de las heulanditas tiende a cambiar su estructura bajo condiciones de deshidratación, puesto que si la deshidratación se da por debajo de los 130 °C absorberán H<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub>, y si se deshidratan a temperaturas más elevadas no se logrará ninguna adsorción (Sancho, 2021).

Tabla 3

#### *Características de la Clinoptilolita*

Propiedades generales	
Categoría	Mineral Tectosilicato Zeolita
Clase	9, GR, 05 (STRUNZ)
Fórmula química	(Ca, K, Na) <sub>6</sub> (Si <sub>30</sub> Al <sub>6</sub> )O <sub>72</sub> 20H <sub>2</sub> O
Propiedades físicas	
Color	Blanco – rojizo (muy variable de acuerdo a los iones)
Raya	Blanca
Lustre	Vitreo
Transparencia	Traslucido
Sistema cristalino	Monocíclico
Dureza	3,5 – 4 (Mohs)

Fuente: (Iquise & Calapuja, 2022)



Los usos de la clinoptilolita son muy variados, como el tratamiento de aguas residuales, la potabilidad del agua, separación de gases y la purificación, la manipulación de residuos nucleares y el control de la contaminación de las aguas residuales mineras (Ordoño & Mendoza, 2020).

#### **1.1.11 Principales usos de la zeolita**

Yzquierdo (2017), hace referencia a que los principales usos de la zeolita en las actividades productivas son las siguientes:

- En la *acuicultura* se usa para filtrar el amonio.
- En la *agricultura* se utiliza para el control de olores, control medioambiental de animales confinados, así como para la alimentación.
- En la *producción industrial* se utiliza para absorber aceites y separar gases.
- En la *generación de residuos radioactivos* se aplica para descontaminar y remediar.
- En *el tratamiento de agua* se aplica para la filtración y remoción de metales pesados.
- En *el tratamiento de aguas servidas* se usa para la remoción de amonio, fósforo y metales presente en aguas residuales y lodos

#### **1.1.12 Importancia de la zeolita como material filtrante**

Debido a sus características químicas, que incluyen intercambio iónico, selectividad, adsorción, deshidratación y rehidratación, las zeolitas naturales tienen una amplia gama de usos. Dichas características se basan en la estructura de cada especie (Magallanes, 2019).

Las características físicas de las zeolitas se han de tener en cuenta desde dos perspectivas diferentes: en primer lugar, desde el punto de vista de su caracterización mineralógica desde la perspectiva de sus propiedades naturales y, en segundo lugar, desde la perspectiva de su rendimiento físico como producto para una aplicación determinada. Tanto las leyes estequiométricas como las cristaloquímicas intervienen en la determinación de la fórmula cristaloquímica, y su adsorción depende de ambas.

El potencial de una determinada zeolita para ser empleada como materia prima en procesos físicos de separación, purificación y eliminación viene determinado en gran medida por sus características químicas y estructurales. Las características de selección de la estructura molecular aplicadas a las moléculas o iones de un fluido concreto, ya sea gaseoso o líquido, dan lugar a estos y otros procesos. Las dimensiones de las moléculas o iones del fluido que desean difundirse dentro o fuera de los canales y cavidades del mineral zeolítico, así como el tamaño y la forma de dichos canales y cavidades, determinan la estructura molecular. Por consiguiente, el conocimiento de las estructuras porosas del mineral es un requisito previo para comprender los procesos de adsorción o absorción implicados (Magallanes, 2019).

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 A nivel internacional

Loya (2022) con el objetivo determinar la efectividad de la remoción de arsénico y cadmio presentes en un agua, empleando zeolitas como adsorbentes. Para mejorar las capacidades de adsorción de la zeolita se emplearon distintos tratamientos. Un tratamiento elaborado fue con HNO<sub>3</sub> a concentración de 3, 6 y 9 M con respecto 1:10. Los tres casos mostraron un aumento de la adsorción de cadmio, que alcanzó el 98%, pero una reducción del 20% de la capacidad de adsorción de arsénico. Mediante la aplicación de la prueba estadística ANOVA, no existió diferencia significativa en los tres tratamientos, pero si en el porcentaje de remoción.

Medina & López (2020) El objetivo fue observar las propiedades de dos arcillas y una zeolita natural disponibles en Ecuador para la remoción de arsénico (III) en soluciones acuosas sintéticas. Su máxima capacidad de adsorción de As se conformó por zeolita (5-6 ( $\mu\text{g}_{\text{As}}$ )/ $\text{g}_s$ ). Pese a que estas cifras son inferiores a las de la bibliografía, los sólidos investigados tenían la ventaja de requerir poca preparación y de ser una materia prima barata y abundante en el país.

Bilbao & Campos (2018) Utilizaron zeolitas naturales para eliminar el arsénico del agua (0,025 ppm). Mientras que, tras el proceso de filtrado, la concentración era inferior al nivel máximo permitido especificado en la Norma Oficial Mexicana de Agua para Uso y Consumo Humano (0,01 ppm, 60% de eliminación). En consecuencia, la zeolita natural del estado de Chihuahua se considera un adsorbente

natural esencial, viable y asequible que reduce el nivel de contaminación por arsénico en el agua.

Palma (2017) estudio la remoción de arsénico de agua contaminada utilizando una zeolita natural mexicana y los factores que reducen la efectividad de la remoción de arsénico. Donde se ha obtenido una concentración de arsénico de 1 a 3 ppm en un periodo de contacto de 1 a 24 horas y un sistema de remoción (columna o tanque agitado).

Mejía & Valenzuela (2009) el objetivo era evaluar el arsénico adsorbido en la zeolita natural pretratada con óxido de magnesio. Según los resultados del ensayo, más del 90% del As+5 se absorbió eficazmente en el transcurso de cinco minutos. Los resultados sugieren que la concentración inicial de As y la relación sólido-líquido (S/L) son las dos variables clave que afectan a la asimilación del As+5. La isoterma de Freundlich es la que mejor se ajusta a los datos experimentales, obteniéndose como resultado una capacidad de adsorción de 20,17 mg/g.

### **1.2.2 A nivel nacional**

Condori & Cordova (2020) utilizaron zeolita natural (Clinoptilolita) combinada con óxido de hemo como adsorbente con el objetivo de evaluar la remoción de arsénico de aguas subterráneas en el distrito de Sabanda, provincia de Arequipa. De igual forma, se caracterizó zeolita natural (clinoptilolita) influenciada por ozono para evaluar el potencial impacto de la matriz de composición en el proceso adsorptivo donde se obtuvieron concentraciones de arsénico de 0,049 mg/l, manteniéndose dicho parámetro constante entre 2018 y 2019. Se concluye que el filtro de zeolita natural fue exitoso en la remoción de todos los contaminantes con un rango de pH de 5,46 a 6,62, un tiempo de contacto de 5 a 10 minutos y una capa adsorbente de 40 a 60 cm de altura.

Reyes & Chaupis (2020) Con la intención de proponer un tratamiento de zeolita natural activada con cloruro férrico como adsorbente eficaz para la eliminación de metales de las aguas superficiales que abastecen a la población de San Mateo de Huanchor Los resultados del diseño experimental muestran una eficiencia superior al 90%. La capacidad de adsorción se ensayó utilizando diversos parámetros, como el tamaño de las partículas (malla # 20 y # 40), el tiempo de contacto (5, 15, 30, 180,

360 y 480 min), la masa del adsorbente (2, 5 y 10 g) y la concentración de la solución contaminada (0, 1, 1, 1, 5, 10, 50 y 100 mg/L). La capacidad de adsorción se estableció mediante experimentos de tamaño de lote en 1,668 mg de arsénico por gramo de zeolita.

Barreto (2021) con el objetivo de determinar la capacidad de remoción de la zeolita natural peruana utilizada como filtro en el tratamiento de aguas plomo-contaminadas. Los resultados revelaron que las zeolitas aluminosilicato naturales de la región de Yura-Arequipa son extremadamente porosas, con una relación Si/Al de 3,347, y tienen una capacidad de interconversión catiónica de 0,293 meq metal/g zeolita. Estas propiedades hacen de este adsorbente un agente fiable para la eliminación de plomo de aguas superficiales contaminadas. Las isotermas de adsorción se ajustaron al modelo de Langmuir con una constante de correlación de  $R^2 = 0,9825$ , una capacidad de adsorción de 3,5 mg Pb<sup>2+</sup>/gramo de zeolita, un pH óptimo para la eliminación de 5, y un potencial de eliminación del 98%.

### 1.2.3 A nivel local

Quispe & Ccama, (2022) el objetivo del estudio era evaluar un método de tratamiento para filtrar y eliminar el arsénico de las aguas subterráneas utilizando zeolitas naturales. Se realizó un diseño de bloques completos con asignación triple.

La relación entre la solución y el adsorbente se utilizó para investigar la eliminación del arsénico. De acuerdo con la composición química de la zeolita de Atuncolla, que contiene 83,22% de carbonato de calcio, la zeolita de Ocuvi, que contiene 54,88% de aluminosilicato cálcico y sódico, y la zeolita comercial, que contiene 62,87% de silicato sódico, magnesio y almina hidratada, los respectivos porcentajes de eliminación fueron 47,56, 23,38.

Ordoño & Mendoza (2020) evaluaron la capacidad de absorción de arsénico de las aguas residuales mineras en la pasivación de la presa de relaves del distrito minero de Limón Verde, Lampa. La dosis ideal de adsorbente y el tiempo ideal de agitación se evaluaron con As a una concentración de 0,326 mg/L; cada evaluación se realizó en ocho muestras de 100 mL c/u. La cantidad óptima de adsorbente para As fue de 2g/L, y el tiempo ideal de adsorción fue de 370 minutos, como resultado.

## CAPITULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

El problema de la contaminación de las aguas subterráneas por arsénico está muy extendido; muchas zonas presentan altos niveles de consumo de agua contaminada. Desde que se descubrió que el arsénico se encuentra ampliamente en el agua de los pozos en la década de 1970, el elemento ha ganado una importante popularidad en Bangladesh (UNICEF, 2023). Desde entonces, se han realizado mejoras significativas, y el número de personas expuestas al arsénico a niveles superiores a los permitidos por las normas nacionales de calidad del agua potable ha disminuido aproximadamente un 40%. A pesar de estos esfuerzos, se calcula que hay 20 y 45 millones de personas en Bangladesh que corren el riesgo de estar expuestas a niveles de arsénico superiores a la norma nacional de 50 g/l e inferiores a la directriz de la OMS de 10 g/l, respectivamente (OMS, 2022). Es por eso que en la presente investigación se plantea evaluar la capacidad de remoción de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata empleando filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), en condiciones controladas.

#### 2.2 Enunciado del problema

##### 2.2.1 Enunciado general

¿Cuánto es la capacidad de remoción de arsénico de las aguas de pozo de la ciudad de Juliaca empleando filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), en condiciones controladas?

### 2.2.2 Enunciados específicos

- ¿Cuánto será la concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata?
- ¿Cuál será el tiempo óptimo de remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita)?
- ¿Cuál será la cantidad optima de zeolita natural (Clinoptilolita) para la remoción de arsénico del agua de pozo?

### 2.3 Justificación

La contaminación de las aguas subterráneas por arsénico es un problema muy resaltante que viene aconteciendo. Esto se debe a la disolución de minerales, por efluentes industriales y por degradación atmosférica (Escalera & Ormachea, 2014). Teniendo en cuenta lo mencionado, en la presente investigación, respecto a lo técnico, se determinó una metodología para construir el diseño del filtro de zeolita natural para la remoción de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad Escuri Corihuata. Desde el punto de vista económico, fue posible obtener zeolitas naturales para utilizarlas en filtros, y el material resultante demostró ser fiable y rentable para su uso en el tratamiento del agua contaminada. Para evitar enfermedades y el consumo de agua contaminada con arsénico, la sociedad pudo suministrar agua limpia y potable a la población. Ambiental, es una alternativa sostenible para el medio ambiente, por la aplicación y aprovechamiento de la zeolita natural para la reducción de arsénico presentes en las aguas de pozo de la comunidad Escuri Corihuata. Metodológica, se determinó la capacidad de adsorción de arsénico del filtro de zeolita natural.

### 2.4 Objetivos

#### 2.4.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad de remoción de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata empleando filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), en condiciones controladas

### 2.4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata.
- Determinar el tiempo óptimo de remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita).
- Determinar la cantidad óptima de zeolita natural (Clinoptilolita) para la remoción de arsénico del agua de pozo.

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

El filtro de zeolita natural (clinoptilolita) tiene la capacidad de remoción de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata

### 2.5.2 Hipótesis específicas

- Las consecuencias de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata sobrepasa los límites máximos permisibles.
- El tiempo de contacto óptimo para la remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), es 20 min.
- La cantidad óptimo para la remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), es 200 g.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de estudios

El lugar de estudio estuvo conformado por las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata. La figura 2 nos muestra la ubicación de donde se recolectó las muestras de agua de pozo para posteriormente ser puesta en experimentación empleando el filtro de la zeolita.



Figura 2. Ubicación de la Urbanización Escuri Corihuata

Fuente: Google Maps



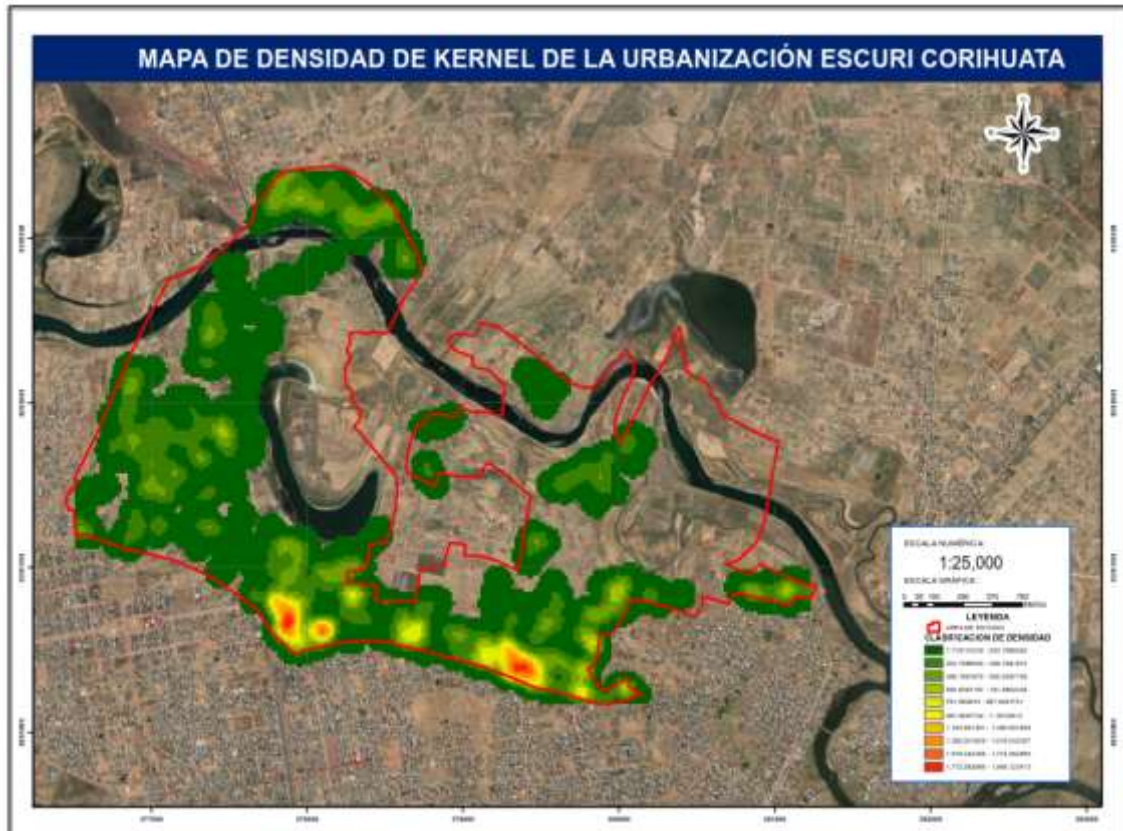


Figura 3. Mapa de densidad de kernel de la Urbanización Escuri Corihuata

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Población

La población estuvo conformada por las aguas de pozo de la comunidad Escuri Corihuata, distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno.

### 3.3 Muestra

La muestra estuvo conformada por las aguas de los 10 pozos de la comunidad de Escuri Corihuata, distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno

### 3.4 Método de investigación

El **tipo** de estudio de investigación utilizada es **cuantitativo** puesto que según el autor Hernández & Mendoza (2018) nos señala que “es cuando se quiere estimar las ocurrencias o magnitudes de los fenómenos”. Del mismo modo, **el diseño** de investigación es **experimental** según el autor Hernández & Mendoza, (2018) indica que “Se manipula deliberadamente las variables y observando los fenómenos, en su ámbito natural, para después estudiarlos”.

### **3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos**

#### **3.5.1 Determinar la concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata**

Para la recolección de las muestras se aplicó el muestreo no probabilístico, es decir por conveniencia (Hernández & Mendoza, 2018), donde se seleccionó 10 viviendas que consume agua de pozo de la comunidad Escuri Corihuata. Para determinar la concentración de arsénico se tomó una muestra inicial para posteriormente ser enviada al laboratorio de Tecnología de Aguas y Laboratorio de control de Calidad. Esto se realizó con la finalidad de determinar el contenido de arsénico en las aguas de pozo antes de pasar por el filtro de zeolita natural.

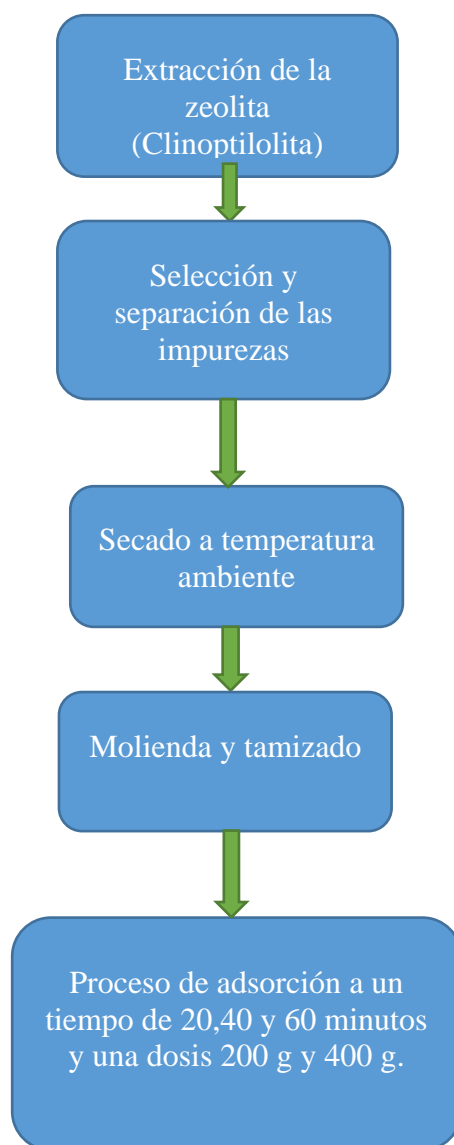
Para determinar la variación de la concentración de arsénico de los 10 pozos de la vivienda. Se utilizó el estadístico de media, moda, desviación estándar y varianza.

#### **3.5.2 Determinar el tiempo y dosis óptima de remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita).**

Las zeolitas naturales fueron extraídas del centro poblado de Llungo del distrito de Atuncolla, provincia de Puno y del yacimiento de Ocuvi, distrito Ocuvi provincia de Lampa, ambos ubicados en la región Puno.

Se tomaron muestras de la solución acuosa en 03 matraces Erlenmeyer, cada uno con un volumen de 100 mL, con contenido de mezcla de arsénico con concentración inicial; seguidamente a 3 matraces se les adicionó 200 g y los demás 400 g del adsorbente óptimo de zeolita acondicionada (Zac) predeterminada, a una velocidad de agitación a 120 RPM, para diferentes tiempos de agitación de (t) (min): 20; 40 y 60. Al finalizar el proceso de adsorción se enviaron 01 muestra de cada matraz (total 06 muestras) para análisis de arsénico; de los resultados se elegirá la muestra de mayor porcentaje de adsorción (%A) y su correspondiente tiempo (t), al cual se le asigna como el tiempo óptimo (t) de adsorción.

Para determinar el tiempo óptimo en la remoción de arsénico de las aguas de pozo. El estadístico de regresión lineal, donde se determinó la variación y se utilizó la comparación de los mismos.



*Figura 4.* Procedimiento para la determinación de la cantidad y tiempo óptimo en la remoción de arsénico

### **3.5.3 Determinar la cantidad óptima de zeolita natural (Clinoptilolita) para la remoción de arsénico del agua de pozo.**

Se tomaron muestras de la solución acuosa en 03 matraces Erlenmeyer, cada uno con un volumen de 100 mL, con contenido de mezcla de arsénico con concentración inicial ; seguidamente a 3 matraces se les adicionara 200 g y los demás 400 g del adsorbente óptimo de zeolita acondicionada (Zac) predeterminada, a una velocidad de agitación a 120 RPM, para diferentes tiempos de agitación de (t) (min): 20; 40 y 60. Al finalizar el proceso de adsorción se enviaron 01 muestra de cada matraz (total 03 muestras) para análisis de arsénico; de los resultados se eligio la muestra de mayor



porcentaje de adsorción (%A) y su correspondiente tiempo (t), al cual se le asigna como el tiempo óptimo (t) de adsorción.

Para determinar la cantidad óptimo en la remoción de arsénico de las aguas de pozo. El estadístico de regresión lineal, donde se determinó la variación y se utilizó la comparación de los mismos.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata.

En la tabla 4, se evidencia estadísticos como medidas de tendencia central y de dispersión de los niveles de arsénico en agua de pozos de la comunidad de Escuri Corihuata; la cual se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 4

*Niveles de arsénico en agua de pozos de consumo humano de la comunidad de Escuri Corihuata.*

n	Prom. ± Desv. estandar	Variancia	V. E.
10	0,344±0,16	0.027	0.20 – 0.80

En la tabla anterior se observa medidas de tendencia central y de dispersión de los niveles de arsénico en agua de pozos, en donde se encontró  $0,344 \pm 0,16$  ppm/litro de agua de pozos; este valor comparado con los LMP, sobrepasan según normativa DS N° 031-2010-SA.

El valor encontrado en el presente estudio es superior al de (Mamani, 2019) quién reporta 0,165 mg de As/lit de agua como el valor más alto en la investigación y la concentración media de 0,089 mg de As/lit de agua. Sin embargo, (Guevara & Verona, 2014) registra nivel inicial de 0,024 mg de As/lit de agua subterránea en la provincia de San Román; y posteriormente disminuyo a un valor de 0,006 mg As/lit de agua y otro a 0,008 mg de As/lit, y la disminución fueron de 75% y el otro en 67% por efecto del tratamiento; de tal

forma que el agua tratada cumplía el LMP (0,010 mg/L), cuyos valores están por debajo del valor máximo permitido y puede considerarse apta para el consumo humano.

#### 4.2 Tiempo óptimo de remoción del arsénico en agua de pozos

En la tabla 5, refleja medidas de tendencia central y de dispersión de los niveles de arsénico en agua de pozos de la comunidad de Escuri Corihuata por efecto del tiempo de remoción; la que se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 5

*Concentración de arsénico en agua de los pozos empleando filtro de Zeolita natural según el tiempo.*

Tiempo	n	Prom. ± DE	V. E.
20 min	4	0,29 <sup>a</sup> ±0,078	0.20 – 0,3
40 min	4	0,32 <sup>a</sup> ±0,074	0.21 – 0,34
60 min	4	0,36 <sup>a</sup> ±0,064	0.30 – 0,44

(p>0.05)

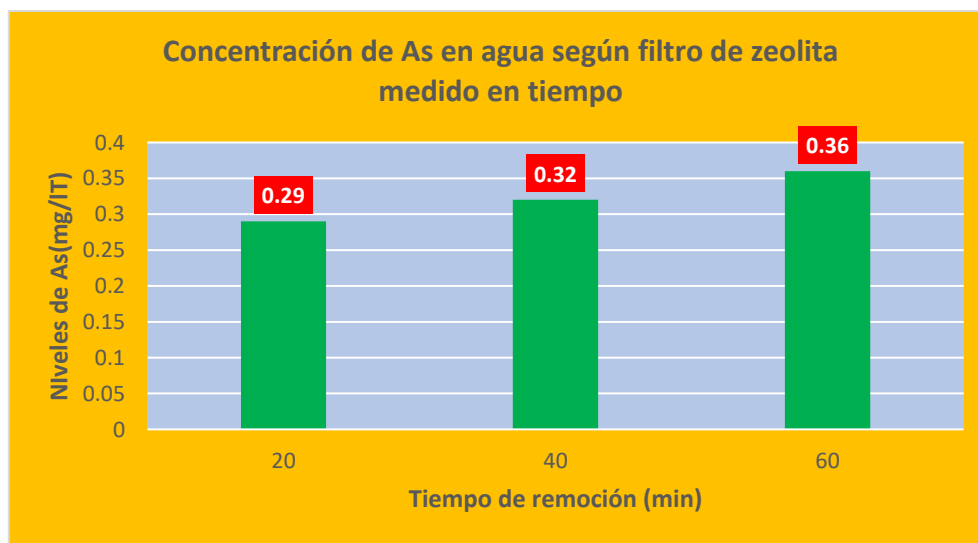


Figura 5. Concentración de As en agua según filtro de zeolita medido en tiempo

En la tabla 5 y figura 5, se presenta medidas de tendencia central y de dispersión de los niveles de arsénico en agua de pozos, utilizando filtro de Zeolita natural (Clinoptilolita) medido en tiempo de remoción; en el cual se encontró valores de  $0,29 \pm 0,078$ ;  $0,32 \pm 0,074$  y  $0,36 \pm 0,064$  ppm/litro de agua de pozos, a los 20, 40 y 60 min de remoción,

respectivamente; los mismos que estadísticamente no reflejan diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ), lo que indica que los tiempos de remoción no influye en la reducción del As.

No obstante que, a los 20 minutos empleando el filtro de zeolita refleja el promedio inferior que a 40 y 60 minutos de acción; por lo tanto, sería el tiempo óptimo de remoción empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita). Ordoño y Mendoza (2020) evaluaron la capacidad de adsorción de arsénico en aguas residuales, que en su resultado obtuvieron 0,326 mg de As/IL, con un tiempo óptimo de adsorción de 70 minutos. Por otra parte, Reyes y Chaupis (2020) obtuvieron 1.668 mg de Arsénico por gramo de Zeolita, con la capacidad de adsorción a un tiempo de contacto de 5, 15, 30, 180, 360 y 480 min. El resultado de la capacidad de adsorción obtenida en las pruebas en lotes, fue el de (Condori, 2020) que ha obtenido 0.049 mg de As/IT de agua, con tiempo de contacto de 5-10 minutos. Mientras, (Palma, 2017) obtuvo concentración de arsénico de 1 a 3 ppm ó mg, en un tiempo de contacto de 1 o 24 horas con el sistema de remoción a columna o tanque agitado; y referente al porcentaje de remoción en la presente investigación se ha obtenido un 75% de remoción de la concentración de arsénico de acuerdo al tiempo de contacto. Estos resultados comparados al de (Loya, 2022) quién en su investigación obtuvo un porcentaje de remoción de arsénico menor al 20 %.

De otra parte (Bilbao & Campos, 2018) lograron obtener un porcentaje de remoción de 60%, concentración por debajo del límite máximo permisible señalado por la Norma Oficial Mexicana de Agua para uso de consumo humano. Y (Zamusio y Valenzuela, 2009) en sus resultados registran porcentaje superior a 90 % de As adsorbido en un tiempo de cinco minutos empleando zeolita natural

#### **4.3 Cantidad óptima de zeolita natural (Clinoptilolita) para la remoción de arsénico del agua de pozo.**

La tabla 6, muestra medidas de tendencia central y de dispersión de los niveles de arsénico en agua de pozos de la comunidad de Escuri Corihuata por efecto de la cantidad de zeolita empleada; la cual se presenta siguiente tabla.

Tabla 6

*Concentración de arsénico en agua de los pozos empleando cantidad de zeolita.*

Cantidad de zeolita	n	Prom. $\pm$ DE	V. E.
200 gramos	6	0,28 <sup>a</sup> $\pm$ 0,072	0.20 – 0,39
400 gramos	6	0,37 <sup>b</sup> $\pm$ 0,046	0.32 – 0,37

( $p < 0.05$ )

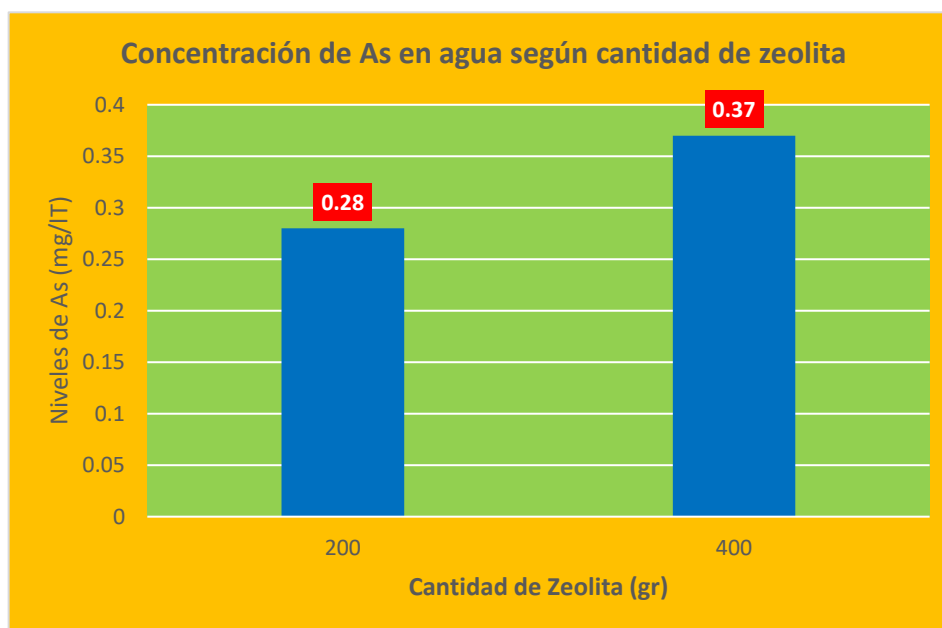


Figura 6. Concentración de As en agua según cantidad de zeolita

En la tabla 6 y la figura 6, se observan niveles de arsénico en agua de pozos, según cantidad de zeolita empleada para la remoción en el agua; en donde registran valores de  $0,28 \pm 0.072$  y  $0,37 \pm 0.046$  ppm de As/litro de agua de pozos, cuando fueron aplicado con 200 y 400 gramos de zeolita, respectivamente; las mismas que refleja diferencia estadística a través de la prueba de “t” student ( $p < 0.05$ ); esta diferencia por efecto de cantidad de zeolita, es que la de 200 gramos redujo a menor nivel de As, que la de 400 gramos de zeolita que sobrepasa a la del promedio 0. 344 mg de As/ litro de agua. Además, sigue siendo superior al límite máximo permisible (LMP) según normativa DS N° 031-2010-SA.



Tabla 7

*Concentración de arsénico en agua de pozos según cantidad de zeolita y tiempo de remoción.*

Zoelita	Tiempo	n	Prom. ± DE
200 gramos	20	2	0,22 <sup>a</sup> ± 0,028
	40	2	0,26 <sup>a</sup> ± 0,071
	60	2	0,34 <sup>a</sup> ± 0,064
400 gramos	20	2	0,35 <sup>b</sup> ± 0,028
	40	2	0,37 <sup>a</sup> ± 0,042
	60	2	0,32 <sup>a</sup> ± 0,084

(p<0.05) a los 20 min entre 200 y 400 gr. (p>0.05) las otras variables

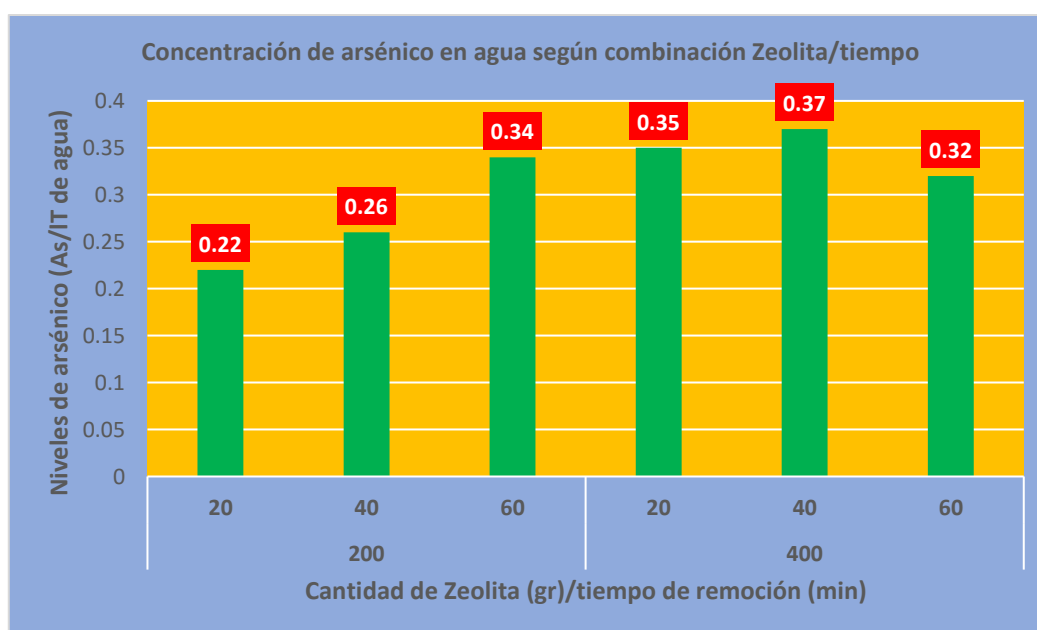


Figura 7. Concentración de arsénico en agua según combinación zeolita/tiempo

En la tabla 7 y figura 7, muestra niveles de arsénico por litro de agua de pozos, según cantidad de zeolita y tiempo de remoción; en el cual se registra valores de  $0,22 \pm 0,028$  y  $0,35 \pm 0,028$  ppm/litro de agua de pozos, tratadas con 200 y 400 gramos de zeolita en 20 minutos ( $p < 0,05$ ), estas reflejan diferencias estadísticas a través de la prueba de “t” student ( $p < 0,05$ ); esta diferencia por efecto cantidad de zeolita es que con 200 gr en un tiempo de 20 minutos actúa 0.22 mg/L. comparado a la de 400 gramos.

Los valores encontrados por efecto de gramos de zeolita, evidencia que la cantidad optima de zeolita natural (Clinoptilolita), es de 200 g en la remoción de arsénico en las aguas de pozo y menor tiempo. Reyes y Chaupis (2020) en su estudio con 2, 5 y 10 gramos de zeolita; de las cuales obtuvieron una concentración de 1.668 mg de Arsénico, lo que



representa una remoción 73.8 % de la concentración de arsénico por litro de agua por efecto de la cantidad de zeolita empleada.

Los valores encontrados en el presente estudio difieren con la de Loya, (2022) que en su estudio obtuvo un porcentaje de remoción de arsénico  $< 20\%$ . Y (Bilbao y Campos, 2018) lograron obtener un porcentaje de remoción de 60%, concentración por debajo del límite máximo permisible señalado por la Norma Oficial Mexicana de Agua para uso y consumo humano. Mientras, (Zamusio y Valenzuela, 2009) en su estudio obtuvo una adsorción de arsénico en zeolita natural, una proporción superior a 90 % de As adsorbido en un tiempo de cinco minutos. De acuerdo a los resultados que se ha obtenido son diferentes, respecto a otras investigaciones que se realizaron, puesto que incluyeron más tiempo y cantidades, para determinar el tiempo y cantidad óptima; reflejan un buen resultado, puesto que el porcentaje de remoción es superior a 20 %, es decir que el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita) remueve la concentración de arsénico presente en las aguas de pozo.

## CONCLUSIONES

- Los niveles de concentración de arsénico que se encontró fue  $0,344 \pm 0.0,16$  ppm/litro de agua de pozos; este valor comparado con los LMP, sobrepasan según normativa DS N° 031-2010-SA.
- El tiempo óptimo de remoción de arsénico/litros de agua empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), fue de 20 minutos que representa el 75 %.
- La dosis óptima de la cantidad de zeolita fue de 200 gramos para la remoción de arsénico en agua de pozos, que representa un porcentaje de remoción de 73.8 %.



## RECOMENDACIONES

- Implementar la utilización del filtro de zeolita para la remoción de As, para que sea consumo de agua saludable de los pozos.
- Utilizar cantidades Zeolita menores a 200 gramos para la remoción del As, para que el agua de los pozos sea con bajos niveles de arsénico.
- Investigar con mayor cantidad de muestras para que el resultado sea generalizado en el ámbito de la región

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, T., & Leal, L. (2013). Arsénico en Agua Presencia, cuantificación analítica y mitigación. *CIMAV*, 85. [www.indautor.sep.gob.mx](http://www.indautor.sep.gob.mx)
- Aragónés, N., & Palacios, M. (2001). Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la Comunidad de Madrid. *Revista Española de Salud Pública, ISSN-e 1135-5727, Vol. 75, Nº. 5, 2001, Págs. 421-432, 75(5), 421–432.*  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4630823&info=resumen&idioma=ENG>
- Barreto, C. (2021). *Potencial de remoción de la zeolita natural peruana en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo* [Universidad Nacional Federico Villarreal].  
<https://hdl.handle.net/20.500.13084/4732>
- Bilbao, M., & Campos, M. (2018). Remoción de arsénico en agua mediante zeolita natural proveniente del Estado de Chihuahua, México. *Septiembre, 4, 7–12.*  
[www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain)
- Castillo, E., & Medina, R. (2022). *Agua potable un derecho de la humanidad: características fisicoquímicas, bacterias y metales pesados.*  
<http://isbn.bnpp.gob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=128478>
- Condori, S., & Cordova, V. (2020). *Evaluación de la remoción de arsénico del agua subterránea del distrito de Sabandía, provincia de Arequipa, utilizando como adsorbente zeolita natural (clinoptilolita) acondicionada con óxido de hierro* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].  
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/12084>
- Cumplido, P. (2022). *Síntesis de zeolitas como catalizadores para la optimización de procesos químicos de interés industrial* [Universitat Politècnica de Valencia].  
<http://hdl.handle.net/10251/181697>
- Curi, A., & Granda, W. (2006). Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros. *Información Tecnológica, 17(6), 111–118.*  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642006000600017>

- Escalera, R., & Ormachea, M. (2014). *Presencia de arsenico en aguas de pozos profundos y su remoción usando un prototipo piloto basado en colectores solares de bajo costo*. 2(14), 83–91.  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312014000200006](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312014000200006)
- Guevara, A., & Verona, A. (2014). *El Derecho Frente a la Crisis del Agua en el Perú. Cambio climático, crisis hídrica y Derechos de agua*.  
<http://jornada.pucp.edu.pe/derecho-de-aguas/wp-content/uploads/sites/8/2013/07/El-Derecho-frente-a-la-crisis-del-agua-en-el-Perú.pdf>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.  
[http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología de la investigación.pdf](http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología%20de%20la%20investigación.pdf)
- Iquise, R., & Calapuja, J. (2022). *Análisis comparativo en la utilización de zeolita (Liparita y clinoptilolita) para disminuir la concentración de DQO y DBO en efluentes industriales lácteos de majes pedregal-Arequipa*.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14697>
- Loya, J. (2022). *Remoción de arsénico y cadmio en agua usando zeolitas como material adsorbente*. 10–12.  
[https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2459/1/Jesús Daniel Loya Ramírez - Maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental - 2022.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2459/1/Jesús%20Daniel%20Loya%20Ramírez%20-%20Maestría%20en%20Ciencia%20y%20Tecnología%20Ambiental%20-%202022.pdf)
- Magallanes, B. (2019). *Evaluación de la remoción de arsénico en agua con zeolita natural mediante sistema batch y lecho empacado* [Universidad Autónoma de Chihuahua]. <http://repositorio.uach.mx/id/eprint/283>
- Mamani, W. (2019). *Determinación de la concentración de arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8865>

- Mejía, F., & Valenzuela, J. (2009). Adsorción de arsénico en zeolita natural pretratada con oxido de magnesio. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 25(4), 217–227. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992009000400002#:~:text=La zeolita pretratada es un,en la adsorción de arsénico.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000400002#:~:text=La zeolita pretratada es un,en la adsorción de arsénico.)
- OMS. (2022). *Arsénico*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Ordoño, J., & Mendoza, A. (2020). *Remoción de cobre Cu (II) y arsenico As (V) de aguas residuales de mina, por adsorción con zeolita natural en proceso batch* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14311>
- Palma, F. (2017). Estudio de la remoción de arsénico en agua con zeolita natural mexicana [Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco. Coordinación de Servicios de Información.]. In *Exploraciones, intercambios y relaciones entre el diseño y la tecnología*. <https://doi.org/10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS>
- Quijano, A., & Gutiérrez, S. (2021). *Remoción de cadmio y plomo en un efluente minero de Ticapampa-Recuay, Ancash con biomasa seca de Serratia marcescens M8a-2T*. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1788/2318>
- Quispe, I., & Ccama, J. (2022). Ingeniería de tratamiento para la filtración y remoción del arsénico en las aguas subterráneas mediante zeolitas naturales. *Campus*, 27(33), 43–56. <https://doi.org/10.24265/campus.2022.v27n33.03>
- Reyes, G., & Chaupis, R. (2020). Remoción de arsénico en agua con zeolitas naturales con cloruro férrico. *Scielo*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.1168>
- Sancho, G. (2021). *Efecto de zeolita clinoptilolita en la calidad del agua con fines de uso en acuicultura ornamental* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://secure.arkund.com/view/136177449-406670-978387#/details/findings/matches/-1>
- UNICEF. (2023). *La lucha contra el arsénico en Bangladesh* | UNICEF. <https://www.unicef.es/noticia/la-lucha-contra-el-arsenico-en-bangladesh>
- Yzquierdo, E. (2017). Incorporación de filtros de zeolita en la calidad del agua en las



captaciones del sistema de agua potable del Barrio Serafinpampa [Universidad Privada del norte]. In *Ucv*. <https://hdl.handle.net/11537/14791>





## ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE
<p><b>GENERAL:</b> ¿Cuánto es la capacidad de remoción de arsénico de las aguas de pozo de la ciudad de Juliaca empleando filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), en condiciones controladas?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Evaluar la capacidad de remoción de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata empleando filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), en condiciones controladas.</p>	<p><b>GENERAL:</b> El filtro de zeolita natural (Clinoptilolita) tiene la capacidad de remoción de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata.</p>	<p><b>V.I</b> Concentración de arsénico</p>	Remoción de arsénico	Arsénico	%
<p><b>ESPECÍFICOS:</b> ¿Cuánto será concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata?  ¿Cuál será el tiempo óptimo de remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita)?  ¿Cuál será la cantidad óptima de zeolita natural (Clinoptilolita) para la remoción de arsénico del agua de pozo?</p>	<p><b>ESPECÍFICO:</b> Cuantificar la concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata.  Determinar el tiempo óptimo de remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita).  Determinar la cantidad óptima de zeolita natural (Clinoptilolita) para la remoción de arsénico del agua de pozo.</p>	<p><b>ESPECÍFICO:</b> La concentración de arsénico de las aguas de pozo de la comunidad de Escuri Corihuata, sobrepasa los límites máximos permisibles.  El tiempo de contacto óptimo para la remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), es 20 minutos.  La cantidad óptima para la remoción de arsénico empleando el filtro de zeolita natural (Clinoptilolita), es 200 g.</p>	<p><b>V.D.</b> Filtro de zeolita natural (Clinoptilolita)</p>	<p>Concentración de arsénico</p> <p>Tiempo de contacto</p> <p>Cantidad óptima</p>	<p>Arsénico</p> <p>20 40 60</p> <p>200</p> <p>400</p>	<p>mg/L</p> <p>Minutos</p> <p>g</p> <p>g</p>

## Anexo 2. Panel Fotográfico



Figura 8. Recolección de la muestra 01



Figura 9. Recolección de la muestra 02 y 03



Figura 10. Recolección de la muestra 04



Figura 11. Recolección de la muestra 05 y 06



*Figura 12.* Recolección de las muestras 07 y 08



*Figura 13.* Recolección de la muestra 10

**Anexo 3.** Panel fotográfico de la filtración de las aguas de pozo



*Figura 14.* Pesado de las 200g de zeolita



*Figura 15.* Pesado de las muestras de zeolita 400 g



*Figura 16.* Pesado de la zeolita para la primera muestra



*Figura 17.* Pesado de la zeolita para la segunda



*Figura 18.* Realización del filtro de zeolita



*Figura 19.* Filtración de las aguas subterráneas





Figura 20. Muestras de agua de acuerdo a la cantidad de



Figura 21. Muestra de agua de acuerdo al tiempo de retención

**Anexo 4.** Resultados de la concentración inicial de arsénico en las diez muestras



Universidad Nacional del Altiplano  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS  
LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA  
N° 38-LA136

ASUNTO: Análisis del metal pesado As (Arsénico) por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES

CDIGO DE LABORATORIO: 1051A136  
N° ORDEN: (MEA-4210-MP-AES)  
FECHA DE INGRESO: 18/10/2022  
TIPO DE SERVICIO: Único  
REPRESENTANTE: Rosana Escarvera Flores

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS AGUA

EMPALME PRIMARIO: Botella de vidrio color ámbar  
TIPO DE MUESTRA: Agua  
DESCRIPCIÓN DEL SOLUCIONANTE: Análisis de Metales Pesados

TEMPERATURA DEL RECIPIENTE:

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 28/10/2022

Ambiente  
No refrigerado

Código de muestra	ANÁLISIS	As [ppm]	METODO DE ENSAYO	% RID
M_01	Agua	0.20	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	30.26
M_02	Agua	0.24	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	10.32
M_03	Agua	0.38	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	46.28
M_04	Agua	0.25	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	28.30
M_05	Agua	0.32	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	18.34
M_06	Agua	0.29	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	33.72
M_07	Agua	0.34	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	15.22
M_08	Agua	0.33	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	26.73
M_09	Agua	0.28	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	36.58
M_10	Agua	0.27	Método de ensayo por digestión multiacida ICP-AES	53.89

Rosana Escarvera Flores  
INGENIERA DE MINAS  
LABORATORIO DE MONITOREO  
Y EVALUACION AMBIENTAL DEL FIM UNA

**Anexo 5.** Resultado de la concentración de arsénico después de pasar por el filtro de zeolita



Universidad Nacional del Altiplano  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS  
LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA  
N° 40-LA136

ASUNTO: Análisis del metal pesado Arsénico (As) por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136  
N° ORDEN: LIMEA - 4210 - MP - AES  
FECHA DE INGRESO: 21/11/2022  
TIPO DE SERVICIO: Único  
REPRESENTANTE: Roxana Escaramia Flores

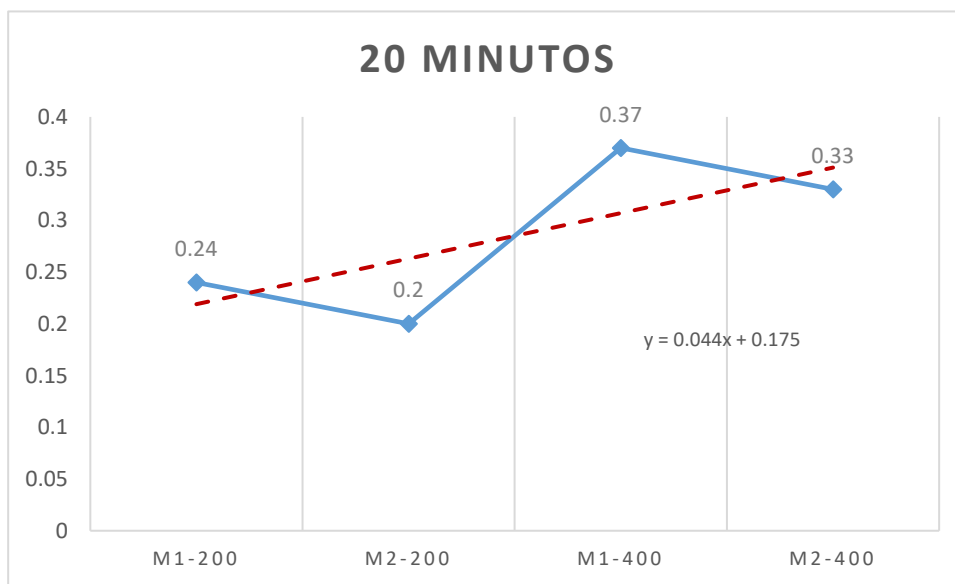
INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS AGUA

EMPAQUE PRIMARIO: Botella De Vidrio  
Código Ambiental: TEMPERATURA DEL RECORRIENTE: Ambiente Refrigeración  
TIPO DE MUESTRA: Agua  
DESCRIPCIÓN DEL SUCEDENTE: Análisis de Metales Pesados  
FECHA DE ENVÍO DE ANÁLISIS: 25/11/2022

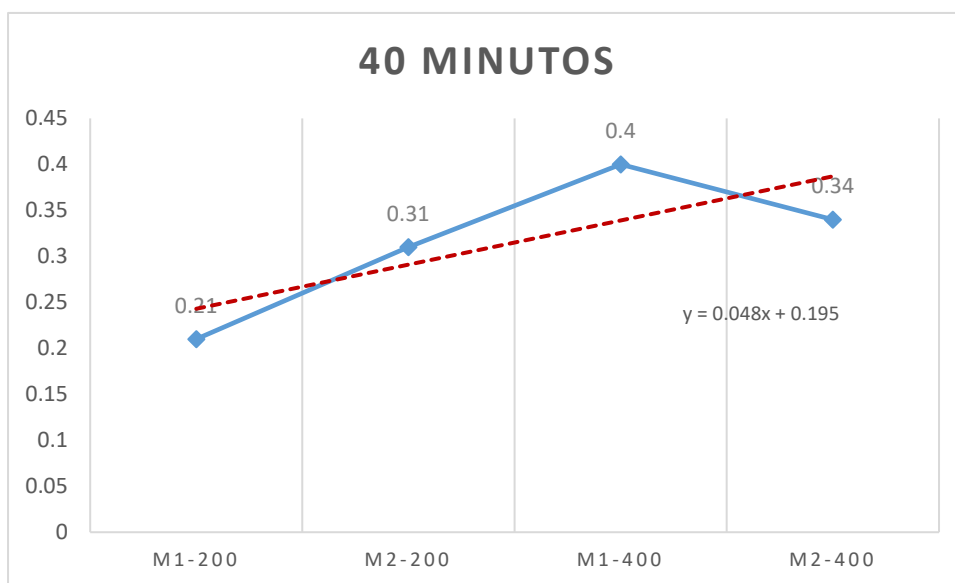
CÓDIGO DE MUESTRA	CANTIDAD EN (g)	ANÁLISIS	As (ppm)			MÉTODO DE ENSAYO	% RSD
			TIEMPO (20 min)	TIEMPO (40 min)	TIEMPO (60 min)		
M_01	200	Agua	0.24	0.21	0.39	Método de ensayo por digestión multiácida -ICP-AES	41.92
M_01	400	Agua	0.37	0.4	0.44	Método de ensayo por digestión multiácida -ICP-AES	56.79
M_02	200	Agua	0.2	0.31	0.3	Método de ensayo por digestión multiácida -ICP-AES	54.94
M_02	400	Agua	0.33	0.34	0.32	Método de ensayo por digestión multiácida -ICP-AES	42.11

M.Sc. Fisel Huasa Maman  
JEFE DEL LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FM UNA.

**Anexo 6.** Panel fotográfico de la aplicación de la regresión lineal



*Figura 22.* Regresión lineal en 20 minutos



*Figura 23.* Regresión lineal en 40 minutos

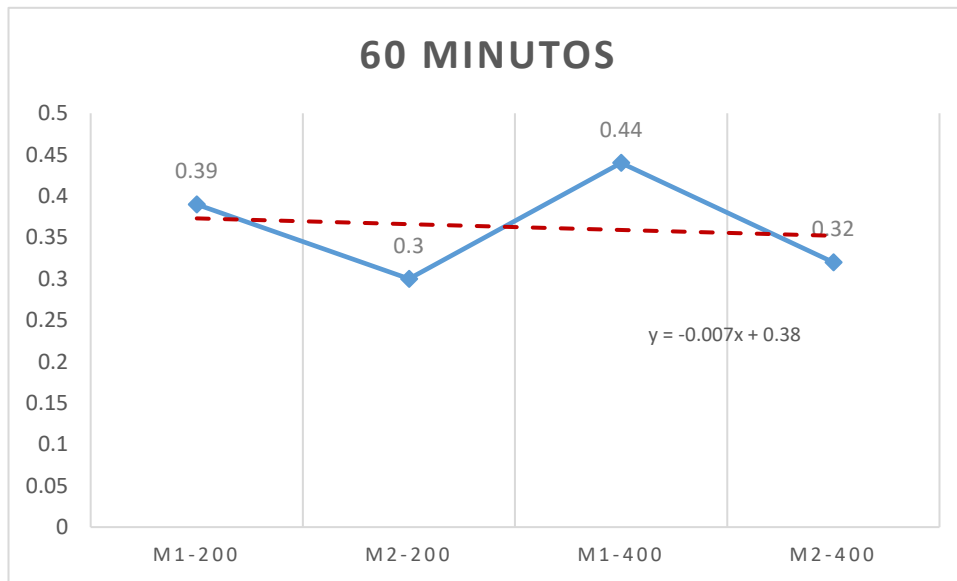


Figura 24. Regresión lineal en 60 minutos

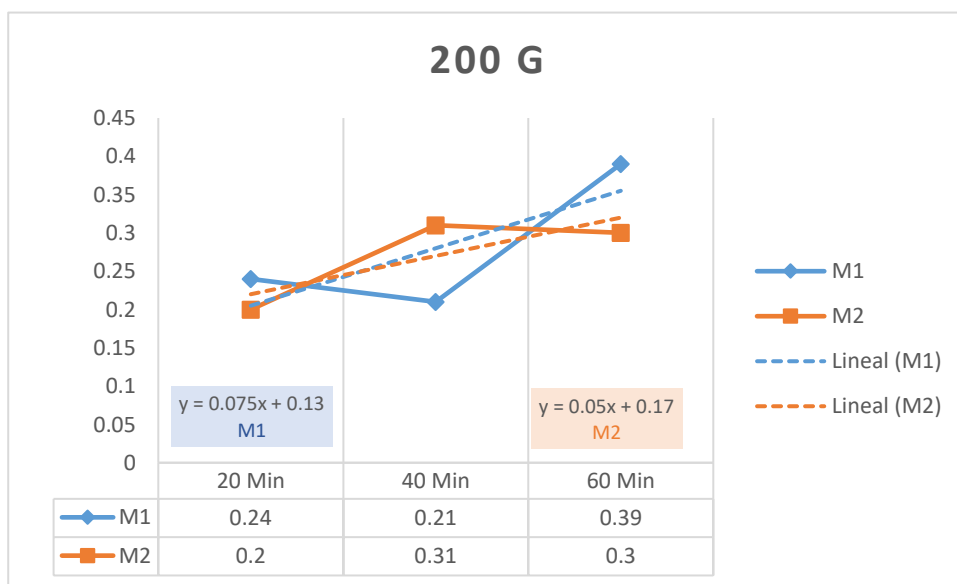


Figura 25. Regresión lineal con 200 g

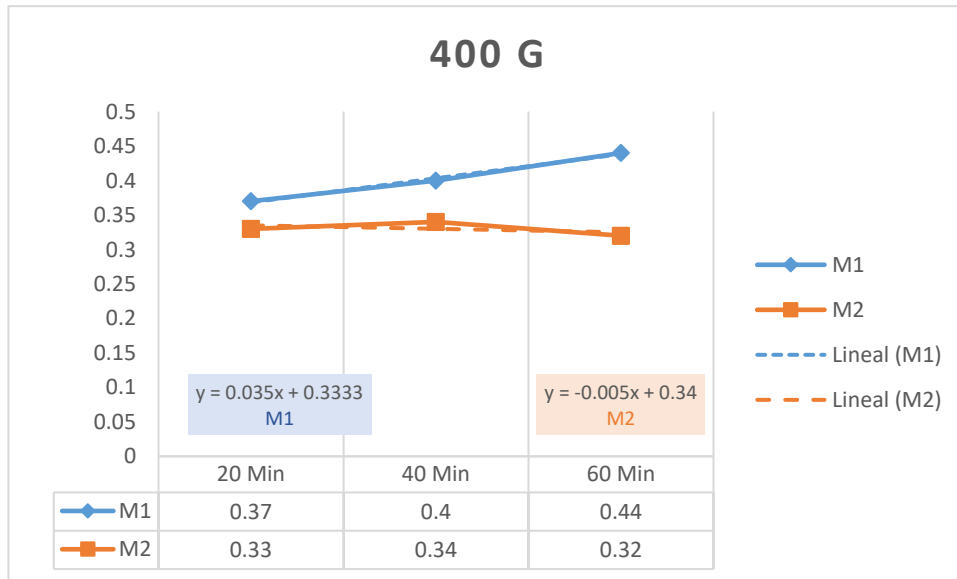


Figura 26. Regresión lineal con 400 g

## Anexo 7. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ROXANA MILAGROS ESCARCENA FLORES  
identificado con DNI 47089509 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
MAESTRIA EN DESARROLLO RURAL, MENCION ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE,

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" CAPACIDAD DE REMOCIÓN DEL ARSÉNICO EN EL AGUA DE POZO DE LA COMUNIDAD  
ESCURI CORIHUATA EMPLEANDO FILTROS DE ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA)  
EN CONDICIONES CONTROLADAS "

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.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de ABRIL del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella

## Anexo 8. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional

Universidad Nacional  
del Altiplano PunoVicerrectorado  
de InvestigaciónRepositorio  
Institucional

---

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ROXANA MILAGROS ESCARCENA FLORES  
identificado con DNI 47089509 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRIA EN DESARROLLO RURAL, MENCION ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"CAPACIDAD DE REMOCIÓN DEL ARSÉNICO EN EL AGUA DE POZO DE LA COMUNIDAD  
ESCURI CORIHUATA EMPLEANDO FILTROS DE ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA)  
EN CONDICIONES CONTROLADAS

---

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de ABRIL del 2023

  
FIRMA (obligatoria)

  
Huella