



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Juan Diego Saravia Linares

<https://orcid.org/0000-0001-9540-1410>

Asesor:

Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo

<https://orcid.org/0000-0002-9603-2845>

Co-asesor:

Ing. M.Sc. Oswaldo Reátegui García

<https://orcid.org/0000-0002-4479-9761>

Código N° 60510622

Moyobamba, Perú

2023



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Juan Diego Saravia Linares

Sustentado y aprobado el 13 de diciembre del 2023, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache
Liza

Secretario de Jurado

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez
Pérez

Miembro de Jurado

Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález

Asesor

Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo

Moyobamba, Perú

2023



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS CONDUCENTES
A TÍTULO PROFESIONAL N.º 021-2023-UNSM/EPIS/UI**

Jurado reconocido con Resolución N.º 461-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 31 de diciembre del 2021.

**FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA SANITARIA**

A las 09:00 horas del día miércoles 13 de diciembre del 2023, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: "Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín", para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, presentado por Juan Diego Saravia Linares, con la asesoría del Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo y como co-asesor: Ing. M. Sc. Oswaldo Reátegui García

Instalada la Mesa Directiva conformada por el Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza (Presidente del jurado), Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez (Secretario), Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález (Vocal) y acompañado por el Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Resolución N.º 373-2022-UNSM/CFT/FE, de fecha 02 de noviembre del 2022.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor. Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue *Dieciséis... (16)*, tal como se deja constar en la siguiente descripción.




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria



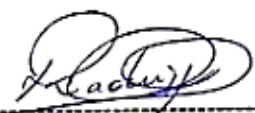
De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es APROBATORIA... y correspondiente a la calificación de... BUENO... Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la UNSM.


Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 10,20 horas, el mismo día 13 de diciembre del 2023.



Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
Presidente de Jurado



Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Secretario de Jurado



Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález
Vocal del Jurado



Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo
Asesor



Juan Diego Baravia Linares
Autor

Declaratoria de autenticidad

Juan Diego Saravia Linares, con DNI N° 71006690, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 13 de diciembre del 2023



Juan Diego Saravia Linares

DNI N° 71006690

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto:</p> <p>Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín</p>	<p>Área de Investigación: Ciencia y Tecnología Ambiental</p> <p>Línea de investigación: Saneamiento Ambiental</p> <p>Línea de investigación: Tratamiento del Agua</p> <p>Grupo de investigación: Tecnologías de Tratamiento del Agua – Resolución N°251-2022-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 01 de agosto 2022</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor:</p> <p>Juan Diego Saravia Linares</p>	<p>Facultad de Ecología</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria</p> <p>https://orcid.org/0000-0001-9540-1410</p>
<p>Asesor:</p> <p>Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo</p>	<p>Dependencia local de soporte:</p> <p>Facultad de Ecología</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria</p> <p>Unidad o Laboratorio Ingeniería Sanitaria</p> <p>https://orcid.org/0000-0002-9603-2845</p>
<p>Co-asesor:</p> <p>Ing. M.Sc. Oswaldo Reátegui García</p>	<p>Contraparte científica:</p> <p>Facultad o Institución: Ecología</p> <p>Unidad o Laboratorio: Ingeniería Sanitaria</p> <p>País: Perú</p> <p>https://orcid.org/0000-0002-4479-9761</p>

Dedicatoria

El estudio desarrollado está dedicado a Dios, por otorgarme la dicha de una familia maravillosa y la oportunidad de haber concluido satisfactoriamente mis estudios académicos superiores en esta prestigiosa casa de estudios.

De igual manera, está dedicado con mucho amor a mis padres, Pedro Pablo Saravia Tasayco y Lola Linares Camacho por el apoyo continuo y el amor que imparten en cada área de mi vida para desarrollar las emociones y virtudes requeridos en el campo profesional, e inculcándome los mejores valores y principios, ya que son mi constante inspiración para poder superarme.

A mi hermano Andres Saravia Linares, a quien me esfuerzo por ser un constante ejemplo en todo momento y a quién también amo grandemente.

Finalmente, A mis abuelitos, tíos y primos, por su alegría y motivación que comparten en cada escala profesional, quienes forman hacer ejes fundamentales en mi vida.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por brindarme la salud, fortaleza, capacidad y confianza para poder concluir satisfactoriamente esta inolvidable etapa en mi vida, y a quien le debo todo lo que soy y tengo.

A mis queridos y amados padres y hermanos, quienes son ejes primordiales de mi apoyo y motivación en toda circunstancia.

A la Universidad Nacional San Martín por brindarme el honor y la oportunidad de recibir mi educación académica en sus prestigiosas aulas. Mi gratitud se extiende a todos los profesores que dedicaron su tiempo, paciencia y esfuerzo para impartir sus valiosos conocimientos, contribuyendo así a mi formación como un profesional íntegro y capacitado, preparado para enfrentar las demandas del mundo contemporáneo. De manera especial a mi asesor de tesis, Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo y mi coasesor Ing. M.Sc. Oswaldo Reátegui García, quienes me han orientado y acompañado en la elaboración de la presente tesis.

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento	8
Índice General	9
Índice de Tablas	11
Índice de Figuras	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I.....	15
INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la Investigación:	18
2.2. Fundamentos Teóricos:.....	19
2.2.1. Agua Subterránea:	19
2.2.2. Características Físicas del Agua:	19
2.2.3. Características Químicas del Agua:	20
2.2.4. Remoción del Hierro:.....	20
2.2.5. Métodos de remoción del Hierro:.....	20
2.2.6. Parámetros de Calidad del Agua:.....	23
2.2.7. Límites Máximos Permisibles:	23
2.2.8. Zeolita:	23
2.2.9. Propiedades Físicas de la Zeolita:.....	23
2.2.10. Propiedades Químicas de la Zeolita:.....	24
2.2.11. Ventajas del uso de zeolita:.....	25
2.2.12. Filtración:	25
2.2.13. Metales pesados:	25
CAPÍTULO III.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación:.....	26
3.1.1. Contexto de la investigación:.....	26
3.1.2. Periodo de la ejecución:	26

3.1.3. Autorizaciones y permisos:.....	26
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad:	26
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales:	26
3.2. Sistema de Variables:.....	26
3.2.1. Variable Independiente:	26
3.2.2. Variable Dependiente:.....	26
3.3. Procedimientos de la investigación:.....	27
3.3.1. Objetivo específico 1	27
3.3.2. Objetivo específico 2.....	32
3.3.3. Objetivo específico 3.....	34
3.3.4. Objetivo específico 4.....	36
CAPÍTULO IV	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Medición de los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en la fuente de agua subterránea:	42
4.2. Diseño y construcción de los filtros de zeolita (Clinoptilolita) con diferentes concentraciones granulométricas y volumétricas:.....	42
4.3. Medición de los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en el agua donde se utilizaron los filtros de zeolita (Clinoptilolita):	43
4.4. Comparación de los resultados de las concentraciones de Hierro y Sulfatos obtenidos para conocer la eficiencia de los filtros de zeolita (Clinoptilolita):	43
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	58

Índice de tablas

Tabla 1 Consideración de la calidad del agua por familia.....	27
Tabla 2 Uso que las familias dan al agua que reciben	28
Tabla 3 Tecnologías para disposición de aguas residuales.....	28
Tabla 4 Monto a pagar por servicio de recolección de desagüe	28
Tabla 5 Maneras en que los pobladores participarían.....	29
Tabla 6 Maneras en que las familias eliminan sus residuos sólidos	29
Tabla 7 Frecuencia de eliminación de residuos sólidos	29
Tabla 8 Conciencia sobre escases del agua.....	30
Tabla 9 Efectos de arrojar basura.....	30
Tabla 10 Significado del agua para los pobladores.....	30
Tabla 11 Caracterización del agua de la fuente de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles.....	32
Tabla 12 Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°01	34
Tabla 13 Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°02	35
Tabla 14 Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°03	35
Tabla 15 Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°04	35
Tabla 16 Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°05	36
Tabla 17 Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°06	36
Tabla 18 Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°01	37
Tabla 19 Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°02	37
Tabla 20 Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°03	37
Tabla 21 Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°04	38
Tabla 22 Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°05	38
Tabla 23 Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°06	39
Tabla 24 Porcentaje de eficiencia de Filtros en remoción de Hierro y Sulfatos.....	39
Tabla 25 Prueba t para medias de dos muestras emparejadas con respecto Sulfatos	40
Tabla 26 Prueba t para medias de dos muestras emparejadas con respecto Hierro	41

Índice de figuras

Figura 1 Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°01.....	44
Figura 2 Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°01.....	44
Figura 3 Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°02.....	45
Figura 4 Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°02.....	45
Figura 5 Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°03.....	46
Figura 6 Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°03.....	46
Figura 7 Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°04.....	47
Figura 8 Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°04.....	47
Figura 9 Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°05.....	48
Figura 10 Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°05.....	48
Figura 11 Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°06.....	49
Figura 12 Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°06.....	49
Figura 13 Vista de perfil de Filtros de Zeolita clinoptilolita.....	70
Figura 14 Vista isométrica de Filtros de Zeolita clinoptilolita.....	70
Figura 15 Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°01.....	71
Figura 16 Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°02.....	71
Figura 17 Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°03.....	72
Figura 18 Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°04.....	72
Figura 19 Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°05.....	73
Figura 20 Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°06.....	73
Figura 21 Ubicación del Proyecto.....	84
Figura 22 Ruta desde salida de Tarapoto hacia Urbanización Los Ángeles.....	84
Figura 23 Entrada a Urbanización Los Ángeles.....	85
Figura 24 Ubicación de tanque elevado 2500 litros.....	85
Figura 25 Ubicación de pozo tubular para bombeo de agua subterránea.....	86
Figura 26 Realización de encuesta socioeconómica a pobladores de Urb. Los Ángeles.....	86
Figura 27 Envases donde se colocaron los filtros.....	87
Figura 28 Accesorios que se utilizaron para la elaboración de los filtros.....	87
Figura 29 Zeolita de granulometría 0.840 mm y 0.425 mm.....	88
Figura 30 Características y presentación de zeolita clinoptilolita.....	88
Figura 31 Elaboración de filtros.....	89
Figura 32 Vista panorámica de filtros y fuente de agua subterránea.....	89
Figura 33 Vista de filtros de zeolita clinoptilolita.....	90
Figura 34 Recolección de muestras de agua filtrada.....	90
Figura 35 Presupuesto referencial para aplicación de filtro de zeolite en vivienda.....	91

RESUMEN

Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín

El estudio fue realizado con la finalidad de conocer la eficiencia de los filtros de zeolita clinoptilolita para la remoción de concentraciones de Hierro y Sulfatos de una fuente de agua subterránea, en este caso ubicada en la Urbanización Los Ángeles-Cacatachi, Para cumplir con los objetivos propuestos, la investigación tuvo como periodo de ejecución del 02-11-2022 hasta el 02-07-2023, asimismo, el cumplimiento de actividades temáticas y metódicas que garanticen la fiabilidad del estudio. Como parte de los resultados primero se realizó la caracterización de la fuente de agua subterránea, cuyos resultados indicaron altas concentraciones de hierro y sulfatos presentes en el agua, adicional a ello se realizó una encuesta socioeconómica para conocer el grado de satisfacción de la población con respecto al agua, así como la situación real del líquido elemento y el uso que la población le da, posterior a ello se realizó el dimensionamiento, diseño y construcción de los filtros de zeolita clinoptilolita con diferentes concentraciones granulométricas y volumétricas para posteriormente medir nuevamente los parámetros de hierro y sulfatos presentes en el agua filtrada, para finalmente realizar la comparación de resultados con la muestra inicial, dando como resultados porcentajes de remoción mayores al 50%, estando los parámetros por debajo de los Límites Máximos Permisibles de acuerdo a la normativa vigente. En conclusión, la utilización de la zeolita clinoptilolita como medio en el proceso de purificación de agua potable ha demostrado ser altamente efectivo, una gran capacidad para adsorber y eliminar impurezas, tales como metales pesados y sales, mejorando significativamente la calidad del agua tratada.

Palabras clave: Zeolita clinoptilolita, Hierro, Sulfatos, Agua subterránea, Filtros.

ABSTRACT

Efficiency of zeolite (Clinoptilolite) for the removal of iron and sulphates from groundwater in Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín

The study was carried out with the purpose of determining the efficiency of clinoptilolite zeolite filters for the removal of iron and sulfate concentrations from a groundwater source, located in the Los Angeles-Cacatachi Urbanization. In order to meet the proposed objectives, the research was carried out from November 2, 2011 to July 2, 2013, in addition to the fulfillment of thematic and methodical activities that guarantee the reliability of the study. As part of the results, the first step was the groundwater source characterization, which results indicated high concentrations of iron and sulfates present in the water. In addition, a socioeconomic survey was conducted to determine the degree of satisfaction of the population regarding water, as well as the real situation of the liquid element and the use that the population gives to it. After that, the sizing, design and construction of the clinoptilolite zeolite filters with different granulometric and volumetric concentrations were carried out to subsequently measure again the parameters of iron and sulfates present in the filtered water, in order to finally compare the results with the initial sample. The results showed removal percentages higher than 50%, with parameters below the Maximum Permissible Limits according to current regulations. In conclusion, the use of clinoptilolite zeolite as a medium in the drinking water purification process has proven to be highly effective, with a great capacity to adsorb and remove impurities, such as heavy metals and salts, significantly improving the quality of the treated water.

Keywords: Zeolite clinoptilolite, Iron, Sulphates, Groundwater, Filters.



CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Un elemento primordial para la vida, es el agua, convirtiéndose en uno de los activos estrechamente vinculados al desarrollo de una nación, por ello en la actualidad, la preservación de este recurso ha adquirido una significancia crucial, esto se debe a la creciente escasez y a la disminución en su calidad, lo cual demanda una mayor atención, ya que podría albergar elementos físicos y/o químicos que la vuelven inapropiada para su utilización (Tapia, 2019). Por ejemplo, un caso ilustrativo de estas sustancias son los metales de elevada densidad y los sulfatos en concentraciones considerables que convierten al agua inadecuada para su uso y consumo (Azabache y Cachay, 2019).

La Amazonía peruana presenta una notable diversidad de vida vegetal y animal, junto con múltiples fuentes de agua que incluyen galerías filtrantes y manantiales de agua dulce, donde estas fuentes son utilizadas por individuos que habitan en los alrededores para cubrir sus necesidades básicas de alimentación y agua (Azabache y Cachay, 2019, en la Urbanización los Ángeles, ubicada en el distrito de Cacatachi, San Martín, los residentes recurren a los acuíferos cercanos para satisfacer sus requerimientos de agua, ya que principalmente, dependen del suministro de agua subterránea, dado que las plantas cercanas que tratan agua potable no les brindan este servicio, no obstante, es conveniente recalcar que el agua en algunos parámetros no cumple con los estándares de calidad ambiental preestablecidos.

Por consiguiente, la problemática radica en que estas aguas subterráneas emergen a la superficie sin haber pasado por procesos de purificación por lo tanto contienen concentraciones de metales pesados en su composición (Azabache y Cachay, 2019), presentando un color amarillento, que la hacen inadecuada para su uso y consumo. (Tapia, 2019). Además, estos metales pesados y sulfatos generan notables complicaciones en los sistemas de suministro, manifestándose en términos de aroma y sabor indeseables., asimismo, debido a su naturaleza metálica, existe el riesgo de corrosión en las conexiones (Azabache y Cachay, 2019); enfatizando así la urgente necesidad contemporánea de implementar procedimientos y etapas de purificación (Tapia, 2019). De modo que algunas alternativas para la eliminación de metales pesados y sulfatos involucran procesos de oxidación mediante aireación o reacciones químicas que emplean cloro o permanganato de potasio seguidos por la sedimentación para así remover los precipitados de hierro y sulfatos, y finalmente, se aplica la filtración utilizando zeolitas (Romero, 2004).

También se menciona que, las zeolitas de origen natural continúan destacándose como materiales óptimos en la selección para aplicaciones tecnológicas enfocadas en la eliminación de sustancias contaminantes, adicionalmente, ofrece la posibilidad de efectuar el tratamiento de aguas con mayor eficiencia y económicamente viable en comparación con otros materiales conocidos con propósitos similares (Vizcaino, 1998).

Teniendo en cuenta la información en mención, se tiene la siguiente interrogante: ¿Es la zeolita (Clinoptilolita) un medio filtrante eficiente para la remoción de Hierro y Sulfatos en el agua subterránea para consumo humano en la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, San Martín?

Respecto a la hipótesis, quedó constatado que utilizar filtros de zeolita natural es eficiente para la remoción de Hierro y Sulfatos en la fuente de agua subterránea para consumo humano de la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi; teniendo como variable independiente: La zeolita natural como medio filtrante y como variable dependiente La eficiencia en la remoción de Hierro y Sulfatos.

En consideración del problema planteado, se obtuvo como objetivo general evaluar la eficiencia de la zeolita (Clinoptilolita) como medio filtrante para la remoción de Hierro y Sulfatos en el agua subterránea para consumo humano en la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, San Martín, teniendo cuatro objetivos específicos:

Medir los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en la fuente de agua subterránea antes del uso de los filtros de zeolita (Clinoptilolita).

Diseñar y construir filtros de zeolita (Clinoptilolita) con diferentes concentraciones granulométricas y volumétricas.

Medir los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en el agua en donde se utilizaron filtros de zeolita (Clinoptilolita).

Comparar resultados de las concentraciones de Hierro y Sulfato obtenidos para conocer la eficiencia de la zeolita (Clinoptilolita) en la fuente de agua subterránea.

La tesis presentada posee cuatro capítulos siguientes:

El primer capítulo (Introducción a la investigación)

En el segundo capítulo (Marco teórico), se detallan los antecedentes y principios teóricos en relación a la cuestión de investigación.

En el tercer capítulo (Materiales y métodos), se brinda detalles sobre el contexto y condiciones, conjunto de variables y procedimientos del estudio.

En el cuarto capítulo (Resultados y discusión), se expone los resultados que se obtienen en relación con los objetivos planteados, además, se efectúa la discusión con diversos autores.

Para terminar, se presentó las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, junto con las fichas de recolección de datos, formato de encuesta socioeconómicas aplicadas, así como resultados de laboratorio y evidencias fotográficas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación:

Internacional

Rubio *et al.* (2021), se examinaron 04 enfoques de tratamiento, utilizando distintas dimensiones de zeolita: 70 mm (E1-grande); 30 mm (E2-intermedio); 500 μ m (E3-pequeño); mientras que el enfoque 4 (E4-combinado) se configuró con una mezcla de las tres dimensiones. En el T4, las partículas grandes fueron depositadas al fondo del filtro; luego las medianas y pequeñas se colocaron en la parte superior. Se tuvieron dos repeticiones en cada tratamiento, por lo que, se construyeron y empacaron 08 filtros en total. La zeolita se tamizó de acuerdo a los tamaños requeridos para cada tratamiento. Concluyendo que: 1) La zeolita puede emplearse para descontaminar metales alcalinos en agua, en particular en el siguiente orden de importancia: $Li > Mg > B > Na > K > Ca > As$; 2) El tratamiento con partícula pequeña de zeolita y el tratamiento mixto fueron mejores para la descontaminación de agua.

Guerrero *et al.* (2018), de modo que este estudio propone abordar la eliminación de la contaminación de amonio presente en las aguas contaminadas que fluyen hacia el río Portoviejo, en el cual, se verifica que la zeolita desempeña una función de purificación al reducir los agentes contaminantes asociados, lo que contribuye en la mejora de características físicas y químicas de parámetros relevantes. De esta manera, se consiguió habilitar el potencial de emplear la zeolita como agente depurador de aguas residuales vertidas en el río Portoviejo, lo que posibilita el avance de la comunidad y siendo una propuesta sostenible gracias a la naturaleza del recurso y los procedimientos utilizados.

Gadhban *et al.* (2020), se preparó nano-zeolita para la eliminación del azul del agua residual utilizando una columna de lecho empacado. El adsorbente preparado se caracterizó a través de Difracción de Rayos X (XRD) y Microscopía de Fuerza Atómica (AFM). El resultado de la caracterización muestra que el tamaño del diámetro era de 95 nm. Se observó que la nano-zeolita era activa para remoción del azul metileno del adsorbente. Se realizaron pruebas de flujo continuo para conocer los tiempos de ruptura. Examinando también la curva de ruptura para diferentes parámetros como el caudal (0,5-1-1,5 ml/min), la concentración inicial (15-25-35 mg/L) y la altura del techo (4-6-8 cm). Concluyendo que el tiempo de penetración aumenta con el incremento de la altura del techo y disminuye con el aumento de las concentraciones iniciales y los caudales.

Nacional

Belizario y Del Carpio (2018), la investigación se efectuó a través de la evaluación del suministro de agua potable en el distrito de Punta de Bombón, donde se identificaron niveles significativos de elementos disueltos contaminantes como Arsénico y Manganeseo en los pozos subterráneos que abastecen a esta comunidad. Por ello, se realizó un proceso de remoción de los metales a partir de zeolita natural y los resultados demostraron la reducción de los parámetros de cada metal. Logrando reducir las cantidades de arsénico en el rango de 0,002 a 0,004 mg/L, mientras que para el manganeso se obtuvieron disminuciones en el intervalo de 0.15 a 0,20 mg/L. Estos hallazgos revelaron que las zeolitas naturales presentan una gran capacidad para tratar aguas contaminadas con plomo de manera efectiva.

Regional

Vela y Tuesta (2018), esta investigación tuvo por finalidad elevar los estándares de calidad del agua en la quebrada Juninguillo, ya que presentó niveles significativos de metales tales como el hierro (1,00 mg/L) y el manganeso (0,04 mg/L), impidiendo su adecuación para ser consumido por los pobladores. Por lo tanto, se empleó una batería de filtros de zeolita (clinoptilolita) con el propósito de disminuir las concentraciones de metales. Los resultados del estudio indican que el uso de este método permite eliminar hierro y manganeso del agua utilizando dos tipos de filtros de zeolita cada uno con un tamaño de partícula diferente. El filtro con partículas de 2,36 mm de diámetro logra eliminar el 48,22% del hierro y el 67,50% del manganeso, mientras que el filtro con partículas de 4,75 mm de diámetro elimina el 30,89% del hierro y el 47,47% del manganeso. Por lo tanto, se concluye que el filtro de zeolita de 2,36 mm es más eficaz para reducir las concentraciones de estos metales pesados en el agua estudiada.

2.2. Fundamentos Teóricos:

2.2.1. Agua Subterránea:

Hace referencia al agua que está presente bajo la superficie de la tierra, específicamente ubicada debajo del nivel freático, ya que este tipo de agua impregna todos los espacios porosos y grietas existentes en el suelo (Boletín Geológico y Minero de España, 2009).

2.2.2. Características Físicas del Agua:

Son denominadas de esta manera debido a su capacidad para impactar en los sentidos (visión, olfato, etcétera), influyen directamente en las características visuales y en la

aceptabilidad del agua. Se otorga importancia a los siguientes aspectos: a) turbiedad; b) materiales disueltos e insolubles; c) tonalidad; d) olor y sabor e) temperatura (Barrenechea, 2004).

2.2.3. Características Químicas del Agua:

- Hierro: Este componente presente en una fuente de agua nace a partir de la erosión de rocas y minerales, además de los efluentes generadas a partir de la fabricación, ya sea de acero u otros; generalmente, se manifiestan en contexto y forma trino en las aguas superficiales naturales, con una sustancia oscilando típico de 0,01 mg/L y 0,30 mg/L. de modo que estos paralelismos no son superados debido a que en valores de pH cercanos a la neutralidad, ocurre la aceleración productiva de hidróxido de hierro, siendo la sal sumamente frecuente en entornos acuáticos ricos en oxígeno (Valencia, 2013).

- Sulfatos: La palabra latina "sulphur", que se traduce como "azufre", evolucionó hasta el término "sulfato". Este hace referencia a la sal, de origen orgánico o mineral, que constituye el ácido sulfúrico, por ende, se confirma que las sales que componen el ácido sulfúrico se denominan sulfatos, debido a que estas sales están compuestas por cuatro átomos de oxígeno que se encuentran alrededor de un átomo de azufre situado en un punto central (Pérez & Merino, 2014).

2.2.4. Remoción del Hierro:

Este factor está influenciado por la presente condición del mineral y la calidad del agua. En aguas subterráneas donde el oxígeno está ausente, las variaciones del hierro (específicamente, hierro ferroso) pueden surgir en un estado reducido ($+2$ de oxidación), manifestándose como iones metálicos libres Fe^{+2} o combinados de manera compleja con compuestos orgánicos naturales, asimismo este fenómeno también se observa en aguas superficiales, estos procesos pueden ser influenciados por la cantidad de iones y la concentración de sustancias disueltas que se encuentran en cada procedimiento de remoción. Estas sustancias actúan como ligandos, los cuales interactúan con el metal para formar compuestos de combinación u oscuros metálicos (Castañeda, 2015).

2.2.5. Métodos de remoción del Hierro:

Según las propiedades del agua sin tratar, podría requerirse un período de respuesta de hasta varias horas después de la oxigenación; en situaciones en las que los niveles de hierro total sean elevados, en ocasiones se opta por emplear depósitos de sedimentación que incluyan mecanismos para recolectar y eliminar los sedimentos en lugar de confiar en contenedores de retención básicos (Sommerfeld, 1999).

También se menciona que, la mayoría de los métodos convencionales utilizados para eliminar el hierro se fundamentan en inducir la oxidación del hierro mediante la incorporación de oxígeno o por medio de la oxidación química empleando cloro o permanganato de potasio; posteriormente, se procede a eliminar los sólidos precipitados de hierro a través de procesos de sedimentación y filtración (Romero, 2004).

- Aireación Presurizada y Filtración:

En el método de filtración mediante aireación se sugiere su aplicación en aguas con concentraciones elevadas de hierro (superiores a 5mg/L) con el propósito de optimizar la economía en la utilización de reactivos, así mismo los componentes esenciales en este procedimiento suelen comprender: un dispositivo de aireación, un sistema compuesto por un tanque de almacenamiento y filtros utiliza el oxígeno del aire para reaccionar con el hierro soluble (Fe^{+2}) que se encuentra en el agua sin tratar. Esta reacción produce óxidos de hierro (Fe^{+3}) que son menos solubles, ayudando así a purificar el agua; la velocidad de esta reacción está condicionada por el nivel de acidez de la solución, mostrando una aceleración a valores de pH más elevados, además este fenómeno contrasta con la oxidación más pausada que experimenta el manganeso en presencia de oxígeno. Entre las principales limitaciones del proceso de filtración mediante aireación, se destacan: a) un costo inicial significativo, b) la necesidad de retener el agua por un período prolongado y c) la eventualidad de requerir procedimientos que son necesario para incrementar sustancia de magneto para resaltar 1mg/L (Valencia, 2013).

La elección del método de tratamiento que más se adecue a las situaciones específicas se encuentra estrechamente vinculada a la condición del agua y es posible que se determine tomando en cuenta las características expuestas: a) Agua que únicamente contiene hierro, b) Agua que lleva consigo hierro conjuntamente con material orgánico, c) Agua que alberga tanto hierro como manganeso, pero sin una presencia significativa de ácidos orgánicos, d) Agua contenga hierro y manganeso, además presenta cantidades significativas de ácidos orgánicos, e) Agua que presenta solamente manganeso (Somerrfeld, 1999).

- Oxidación – Filtración:

Proceso que contiene un sistema compuesto por dosificadores químicos y dispositivos de filtrado, ya que, en ciertos casos, es necesario incorporar un tanque de retención junto con una estructura para ajustar el pH utilizando NaOH, $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 , por esta razón, como agentes oxidantes, es posible emplear tanto gas cloro como hipoclorito, este sistema funciona mejor cuando el pH es de 8.4 o más alto. Sin embargo, hay ciertas dificultades en el proceso de filtración, ya que se pueden formar precipitados coloidales, que son

pequeñas partículas que a veces logran pasar a través del sistema de filtrado (Romero, 2004).

- Destilación directa con la implementación de médulas artificiales:

Cuando el hierro se oxida, sus partículas se vuelven más pequeñas que no pueden ser atrapadas por los filtros que tienen granos o partículas más grandes, por ello, se agregan ciertas sustancias químicas llamadas coagulantes y floculantes que hacen que las pequeñas partículas oxidadas de hierro se unan y formen grupos más grandes, conocidos como flóculos, que son lo suficientemente grandes para ser retenidos por el filtro durante una actividad de filtración. Asimismo, los medios filtrantes granulares deben tener la capacidad de retener sólidos suspendidos (incluyendo el hierro oxidado) con dimensiones superiores a 10mm. Un filtro bien diseñado y operado correctamente puede eliminar la mayoría de las partículas que tienen un tamaño entre 5 y 10 mm; por otro lado, las sustancias con dimensiones inferiores a 5mm generalmente atraviesan el filtro, lo que resulta en concentraciones residuales de hierro en el agua filtrada (Piña y Rivera, 2013).

Los coagulantes constituyen sustancias químicas empleadas con el propósito de anular o perturbar las cargas eléctricas superficiales que rodean a las partículas sólidas, posibilitando así el proceso de floculación; por su parte, los floculantes son compuestos químicos que inducen la formación de flóculos, los cuales se componen tanto de los mismos floculantes como de otros materiales agregados, surgidos debido a la multiplicidad de colisiones entre las partículas previamente coaguladas. Los agregados flóculos generados pueden ser separados mediante sedimentación o filtración, asimismo estos agentes químicos son a menudo utilizados en conjunto para lograr una doble función que abarca tanto la coagulación como la floculación (Piña y Rivera, 2013).

- Filtración con medios preparados:

Estos tipos de materiales de filtración, que han sido especialmente tratados o preparados (como el greensand, birm, antrasand y pirolusita), destinados a la eliminación del hierro presentan propiedades comparables, y su habilidad para regenerarse, absorber y filtrar está sujeta a la distribución del tamaño de las partículas. Por lo general, se recurre al permanganato de potasio (KMnO_4) como oxidante, no obstante, su costo es considerable y su aplicación requiere una supervisión meticulosa debido a su notable toxicidad (Sommerfeld, 1999).

- Ablandamiento con zeolita:

Cuando la zeolita es empleada en el proceso de suavización tiene la capacidad de eliminar niveles elevados de hierro, ya que el agua cruda se dirige a un filtro a presión que contiene

zeolita cuidadosamente seleccionada; esta zeolita no solo reduce la dureza del agua, sino que también elimina los cationes de hierro, además la zeolita atrapa los iones de hierro debido a su propiedad de intercambio catiónico; asimismo para regenerar el medio, se realiza un enjuague a contracorriente con una solución de salmuera elaborada a partir de NaCl. Durante este proceso, los iones de hierro son liberados de la zeolita, dado que son sustituidos por iones de sodio; posteriormente, el medio es lavado con agua limpia antes de volver a ponerlo en funcionamiento, por otro lado, una limitación de este proceso es que no se debe introducir ningún agente oxidante en el agua, ya que podría ocasionar la oxidación de los iones de hierro (Piña y Rivera, 2013).

2.2.6. Parámetros de Calidad del Agua:

La consideración más relevante al elegir los métodos a emplear en el proceso de purificación del agua reside en la calidad, tanto de la fuente de agua cruda, es decir, aquella que ingresa a la instalación, como del resultado obtenido al concluir el tratamiento de purificación (Chinchilla *et al.*, 2013).

2.2.7. Límites Máximos Permisibles:

Hace referencia al examen del nivel o proporción de componentes, sustancias o aspectos físicos, químicos y biológicos que identifican a un vertido o liberación, cuyo sobrepaso ocasiona o podría ocasionar perjuicios para la salud, y en todo el entorno de habitad. Tal hecho puede ocasionar grandes cambios atmosféricos que a futuro genera diversos aspecto químicos y retroactivos (MINAM, 2005).

2.2.8. Zeolita:

Se trata de compuestos hidratados de aluminosilicatos que contienen metales alcalinos y alcalinotérreos (principalmente sodio, potasio, magnesio y calcio). Estos compuestos se organizan en estructuras cristalinas tridimensionales que involucran tetraedros formados por enlaces de SiO_4 y AlO_4 que se conectan mediante átomos de oxígeno (Fungaro y Borrely, 2012).

2.2.9. Propiedades Físicas de la Zeolita:

Dentro de los que se considera Acoua tecnología (S.F.) son los siguientes: tamaño: 1,18 mm; poro: entre 12 y 30; color: blanco; capacidad de retener agua: 31,4%; Porosidad: 35%; Área de la superficie: 25 m^2 ; absorción en la superficie: Hidrofílica; carga en la superficie: Negativa, con un valor de 36; densidad específica: 1830 kg/m^3 ; índice de variación: 2,45; (PVS): 725 kg/m^3 ; (PVVF): 780 kg/m^3 ; Dureza según la escala de Mohs: 3 (comparativamente suave). Estabilidad Térmica: Resiste hasta 500°

2.2.10. Propiedades Químicas de la Zeolita:

Según las utilidades industriales de las zeolitas se basan en sus características fisicoquímicas, que abarcan su habilidad para intercambiar iones, su capacidad de adsorción, su capacidad para deshidratar e hidratar, y su función como tamiz molecular, entre otros aspectos (Bascuñan, 1985).

- Adsorción: es un proceso que ocurre en condiciones normales del ambiente, donde el centro y los pasajes de ciertos materiales están llenos de moléculas de agua que toman una forma redonda y rodean a los cationes que pueden ser reemplazados. Esto significa que cuando el agua se retira a una temperatura específica, que depende del tipo de zeolita que se esté utilizando, se produce este proceso de adsorción. Estos cationes tienen la capacidad de capturar moléculas cuyo tamaño es menor al de la cavidad central, por lo tanto, esto implica que algunas moléculas son absorbidas, mientras que otras no son capaces de pasar a través del proceso (Bascuñan, 1985).

- Hidratación – Deshidratación: Se trata de un proceso físico sujeto a cambios bajo presión y temperatura, junto con la disposición interna de su estructura, además este proceso endotérmico se produce directamente durante la deshidratación, mientras que la rehidratación resulta en una liberación de calor (exotérmica), asimismo la relevancia de esta característica radica en que estos minerales pueden experimentar estos cambios sin que su estructura interna sufra alteraciones (Bascuñan, 1985).

- Intercambio iónico: surge gracias a su estructura molecular altamente definida, con poros que típicamente contienen agua y de los cuales establecen conductos y oquedades, ya que esto les permite retener y liberar agua de manera reversible, además de cambiar los cationes dentro de su esquema sin experimentar cambios significativos; dado a esta configuración, las zeolitas presentan un esquema con poros muy pequeños, lo que las hace excelentes para actuar como catalizadores, que ayudan a acelerar reacciones químicas sin consumirse en el proceso. Por esta razón, son muy útiles y adecuadas para una variedad de procesos en la industria química; además esta propiedad permite selectivamente el paso de ciertas moléculas mientras bloquea otras fue aprovechada en la década de los 90 para su introducción comercial como tamices moleculares en aplicaciones técnicas que lo requieren (Casals, 1998).

- Tamiz molecular: La característica más destacada de las zeolitas radica en su capacidad de funcionar en tamices moleculares; debido a su estructura porosa, poseen una extensa superficie interna, pero el acceso a estas cavidades está restringido únicamente a moléculas con dimensiones específicas que sean capaces de atravesar el tamiz. En algunas zeolitas, el volumen vacío puede alcanzar niveles tan elevados como el 47%

(como en el caso de las chabazitas); además, las dimensiones de los canales en diversas variedades de minerales zeolíticos permiten el tránsito de moléculas con diámetros efectivos particulares, en el rango de varios angstroms, por ello, estas moléculas son capturadas en los espacios vacíos, lo que justifica la utilización de ciertas zeolitas como adsorbentes en aplicaciones industriales (Casals, 1998).

2.2.11. Ventajas del uso de zeolita:

- Disminuye ligeramente la acritud del agua.
- Necesita de menores sustancias en comparación con la arena sílice debido a su ligereza y consistencia.
- Exhibe una plano y ligerezas más amplias.
- Incrementa la transparencia en el agua después de filtrar.
- La zeolita se destaca como el medio filtrante más perdurable mayor a un quinteto
- Para mantener su eficacia y rendimiento, solo se necesita realizar un simple retro lavado periódicamente en la zeolita.
- La zeolita supera 4 veces más su capacidad de flujo a los medios filtrantes comunes.
- Disminuye los costos gracias al ahorro en productos químicos.
- En comparación con los filtros de arena, la zeolita genera un aumento en el flujo de dispositivos que emplean sistemas de multimedia, de gravedad y presión (Alerman *et al.*, 2008).

2.2.12. Filtración:

La operación de filtración es una de las etapas más significativas dentro de actividades orientadas a tratar el agua para su respectivo uso. Su propósito fundamental radica en la desunión de partículas y microorganismos indeseables que no fueron capturados durante las etapas previas de coagulación y floculación (CEPIS, 1972).

2.2.13. Metales pesados:

Sustancias no susceptibles de degradación biológica que se acumulan en el cuerpo, resultando en enfermedades y disrupciones, lo que ha llevado a su clasificación como una categoría en ascenso de agentes carcinógenos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

El proyecto se efectuó en la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, Provincia y departamento de San Martín.

3.1.2. Periodo de la ejecución

Fue desde 02-11-2022 al 02-07-2023, de acuerdo a la Resolución N° 373-2022-UNSM/CFT/FE, de fecha 02 de noviembre del año 2022.

3.1.3. Autorizaciones y permisos

Para la realización del estudio se coordinó directamente de manera verbal y se recibió la autorización escrita por parte del presidente de la Urbanización Los Ángeles, el señor Juanito Altamirano Vásquez, identificado con DNI: 44566345, quien muy amablemente accedió a otorgar el permiso correspondiente para realizar las actividades necesarias.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Se emplearon instrumentos de protección e identificación (Casco de seguridad, gafas de seguridad, zapato de seguridad y bata), así como comunicando previamente a los representantes de la Urbanización acerca de las actividades que se realizarían, las mismas que no afectaron los recursos que involucran y participan en la esfera ambiental.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Se puso en práctica los principios éticos fundamentales, como: el respeto por los individuos, beneficencia y justicia, así como mantener la responsabilidad en los procedimientos que se ejecuta durante el proceso investigativo.

3.2. Sistema de Variables

3.2.1. Variable Independiente:

Zeolita tipo Clinoptilolita (Medio Filtrante)

3.2.2. Variable Dependiente:

Eficiencia en la remoción de Hierro y Sulfatos en el agua subterránea de la Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.

3.3. Procedimientos de la investigación

3.3.1. Objetivo específico 1: Medir los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en la fuente de agua subterránea antes del uso de los filtros de zeolita (Clinoptilolita)

3.3.1.1. Visita de campo a la Urbanización Los Ángeles

En primer lugar, se realizó la visita de campo a la Urbanización Los Ángeles para socializar el proyecto de tesis con el presidente del lugar, señor Juanito Altamirano Vásquez, a quien se solicitó el permiso verbal y escrito necesario para iniciar con el proceso de ejecución en dicho lugar.

Asimismo, se realizó un diagnóstico de la situación poblacional, para ello se recolectó información importante con respecto a los aspectos socioeconómicos de la Urbanización, utilizando el Formato de Encuesta Socioeconómica del MEF, descargada de la plataforma oficial, esto con la finalidad de contar con datos actualizados del presente lugar, para ello se encuestó a todas las viviendas, siendo éstas un total de 35, cuyos resultados obtenidos se muestran a continuación:

A) Sobre abastecimiento de agua:

1. La Urbanización Los Ángeles cuenta con un pozo tubular de donde realizan el bombeo del agua subterránea hacia un tanque elevado de Policloruro de vinilo (PVC) de capacidad 2500 litros, para su posterior distribución por la red de diámetro 1" hacia las viviendas, la profundidad de este pozo es de 20 metros; de acuerdo a estudios de calidad del agua y estudios hidrogeológicos para diseñar y ejecutar el proyecto del pozo tubular no existe información, ya que nunca se la hicieron llegar a los presidentes de la Urbanización en las diferentes gestiones que llevan; en cuanto a la continuidad del servicio, según las encuestas realizadas se tiene que existe una continuidad de 24 horas del servicio durante los 7 días de la semana, por lo cual la oferta hídrica satisface a la demanda poblacional.

2. De acuerdo a la encuesta realizada a los pobladores con respecto a cómo consideran la calidad del agua, se tiene que ninguna familia considera que es de buena calidad, el mayor parte considera que es mala calidad y la cantidad restante de una calidad regular, tal como se detalla a continuación:

Tabla 1

Consideración de la calidad del agua por familia

Nivel	Cantidad de familias
Buena	0
Regular	8
Mala	24

3. Con respecto al uso que las familias dan al agua, se tiene que en mayor proporción la utilizar sólo para lavar ropa, higiene personal y limpieza de la vivienda, ninguna familia la utiliza para beber y en su minoría para preparar alimentos debido a que la consideran de mala calidad:

Tabla 2

Uso que las familias dan al agua que reciben

Detalle del uso del agua	Cantidad de familias
Beber	0
Preparar alimentos	6
Lavar ropa	15
Higiene personal	25
Limpieza de la vivienda	23
Riego	6

B) Sobre disposición de aguas residuales:

1. Con respecto a las tecnologías de disposición de aguas residuales con el que cuentan las viviendas, se tiene que utilizan letrinas, pozos sépticos y biodigestores, tal como se detalla a continuación:

Tabla 3

Tecnologías para disposición de aguas residuales

Tecnología	Cantidad de familias
Pozo séptico	5
Biodigestor	3
Letrina	27

2. Asimismo, en la encuesta se consultó si es que las personas estarían dispuestas a realizar el pago mensual por un Proyecto de Alcantarillado que implique el tendido de redes de desagüe y el tratamiento de sus aguas residuales; 100% respondió que sí quisieran contar con este servicio, por lo que se da a conocer cuánto sería el monto que estarían dispuestos a pagar, a través del siguiente cuadro:

Tabla 4

Monto a pagar por servicio de recolección de desagüe

Monto (S/)	Cantidad de familias
5 soles	2
10 soles	11
15 soles	4
20 soles	15
25 soles	0
30 soles	3

3. A su vez, se consultó a los pobladores si estarían dispuestos a participar en el desarrollo de un programa que coadyuve a la ampliación y mejora del servicio de Agua Potable y Desagüe, y de ser así, de qué forma estuviera dispuesto a participar, cuyos resultados fueron los que muestran a continuación:

Tabla 5

Maneras en que los pobladores participarían

Forma de apoyo	Cantidad de familias
Mano de obra	23
Materiales	4
Herramientas	2
Dinero	25

C) Sobre disposición residuos sólidos:

1. Referente a la eliminación de los residuos sólidos de las viviendas, se tiene que la mayoría de los pobladores principalmente cuentan con el servicio del camión recolector de residuos sólidos, pagando una cuota de 10 soles mensualmente, pero a su vez, hay ciertas familias que no cuentan con este servicio debido a la inaccesibilidad de las calles de sus viviendas, por lo que optan por realizar el quemado o entierro de sus residuos sólidos, tal como se muestra a continuación:

Tabla 6

Maneras en que las familias eliminan sus residuos sólidos

Manera en que elimina basura	Cantidad de familias
Por recolector municipal	27
Quemado	13
Enterrado	3
En botadero	0

2. Asimismo, en la encuesta se consultó la frecuencia con la cual realizan la eliminación de la basura de la vivienda, consiguiendo los resultados:

Tabla 7

Frecuencia de eliminación de residuos sólidos

Veces que elimina basura	Cantidad de familias
Diaria	1
Cada 2 días	3
2 veces a la semana	17
1 vez a la semana	14

D) Conciencia ambiental:

1. Con respecto al ítem de Conciencia Ambiental, se consultó a los pobladores si es que eran conscientes que en algún momento el agua podría escasear, a lo que los resultados fueron los siguientes:

Tabla 8*Conciencia sobre escases del agua*

¿Cree que escaseará el agua algún día?	Cantidad de familias
Sí	35
No	0
No sabes / No opina	0

2. Asimismo, se consultó sobre los efectos que podrían producirse al eliminar basura en cualquier lugar, siendo el resultado que todos eran conscientes que producía contaminación, detallados de manera continua:

Tabla 9*Efectos de arrojar basura*

Efecto de arrojar basura	Cantidad de familias
Se contamina	29
No se contamina	30
No sabe / No opina	26

3. Finalmente, se hizo la siguiente pregunta a los pobladores: “¿Qué es el agua?”, dando algunas alternativas, donde la mayoría coincidió que es la fuente de vida y que no se puede vivir sin ella, además, cumple la finalidad de cubrir las necesidades vitales de la comunidad, para más detalle, se presentan los resultados:

Tabla 10*Significado del agua para los pobladores*

¿Qué es el agua para usted?	Cantidad de familias
La fuente de vida	29
Sin el agua no se puede vivir	30
Me sirve para cocinar, lavar, etc	26
Es sólo agua	0
No sabes / No opina	0

Con la obtención de estos datos de la encuesta, se puede tener información adicional relevante, tal es el caso de la densidad poblacional de este lugar, y con ello la demanda

hídrica por habitante por día; para obtener la densidad población se dividirá la cantidad total de habitantes entre el número de viviendas, siendo el total de habitantes 138 y la cantidad de viviendas 35, nos permite obtener que la densidad poblacional es 3,94 habitantes/vivienda, siendo posible redondear a 4 habitantes/vivienda.

Al mismo tiempo, realizando una estimación más minuciosa de los resultados, es importante acreditar que se puede conocer cuál es la cantidad de agua que cada habitante requiere, donde se tiene que de acuerdo a la norma la dotación es de 100 l/hab/día para climas cálidos; por lo que se puede calcular que el caudal de demanda por habitante es de 0,16 l/s, y la demanda para la población total sería de 13800 l/día o 13,8 m³/día. Estos datos son fundamentales en un proceso de evaluación.

3.3.1.2. Georreferenciación de la fuente de agua subterránea y del punto de muestreo:

1. La Urbanización Los Ángeles se encuentra ubicada políticamente en la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, Provincia y Departamento de San Martín; la distancia aproximada desde la salida del Distrito de Morales hacia el presente lugar es de 4 kilómetros, donde 3 kilómetros son carretera asfaltada (Carretera Fernando Belaunde Terry) y 1 kilómetro es camino de tierra (Camino Los Ángeles), a continuación, se muestra la ruta:

2. Se realizó la georreferenciación de la fuente de agua subterránea de la Urbanización Los Ángeles mediante GPS, encontrándose ubicada en las coordenadas UTM WGS84 18M Este: 342288,00 y Norte: 9284493,00, donde se encuentra ubicada una infraestructura de concreto soportando un tanque elevado de 2500 litros, el mismo donde se almacena el agua bombeada para posteriormente ser distribuida hacia las viviendas.

3.3.1.3. Medir los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en la fuente de agua subterránea antes del uso de los filtros de zeolita:

1. Se procedió a extraer una muestra de la fuente de agua subterránea, la cual fue llevada a un Laboratorio para que se le realice una caracterización previa, con la finalidad de conocer las concentraciones de Hierro y Sulfatos presentes, así como otros parámetros que son importantes, donde se obtuvo que: la turbiedad se encuentra con 3,20 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), el pH con un valor de 7,02, los Sólidos Totales Disueltos con 1878 mg/L, la Conductividad Eléctrica con 3753 μ mho/cm, los Sulfatos con 548 mg/L y finalmente el Hierro con 0,41 mg/L, de la misma forma en que se presenta enseguida:

Tabla 11

Caracterización del agua de la fuente de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles

Parámetro	Unidad	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250	548
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,30	0,41

Nota: Fuente: Laboratorio Pacific Control CMA S.A.C. (2023)

3.3.2. Objetivo específico 2: Diseñar y construir filtros de zeolita (Clinoptilolita) con diferentes concentraciones granulométricas y volumétricas

3.3.2.1. Definir granulometría a utilizar en Filtros de Zeolita:

Se realizó el análisis granulométrico de la zeolita clinoptilolita en un Laboratorio de Suelos para determinar tamaño y uniformidad del medio filtrante, por lo que se realizó el tamizaje del material filtrante para determinar los diámetros con los cuales se trabajarían, dando como resultado la elección para trabajar con 2 diámetros distintos, siendo el diámetro N°01 de 0,840 mm y el diámetro N°02 de 0,425 mm, los mismos que serían utilizados en los filtros con diferentes volúmenes.

3.3.2.2. Dimensionamiento, Diseño y Construcción de los Filtros de Zeolita:

1. Dimensionamiento:

Para poder realizar el dimensionamiento de los filtros se siguió la metodología de diseño que se encuentra en la Guía para Diseño de Sistemas de Tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas del CEPIS, donde nos indica que:

1.1. Se debe determinar en primer lugar el **Caudal de diseño** que se desea filtrar, la misma información que fue posible obtener gracias a la encuesta realizada, donde se tiene que el caudal es de 13,8 m³/día, siendo este dato la población total de la investigación, pero al trabajar en función a una muestra, se tomará el 0,2%, que viene a ser 20,7 litros para cada filtro.

1.2. Con respecto a la **Tasa de Filtración**, se tomó el valor de 150 m³/(m².día), que es de una tasa de infiltración normal.

1.3. Para el **Área del Filtro**, se considerará utilizar baldes de capacidad 20 litros, teniendo como Diámetro 35,5 cm y una Altura de 38,5 cm.

1.4. Para el **Lecho Filtrante**, se considerará utilizar:

- Zeolita Clinoptilolita de granulometría 0,840 mm y 0,425 mm, cada diámetro con una altura de 5cm, 10cm y 15cm respectivamente, siendo en total 6 filtros en donde se realizará el proceso de filtración.

- Arena tanto gruesa como fina, de granulometría 0,5 mm y 0,12 mm respectivamente.

- Grava de diámetro 3/8" (9,5 mm) y 1/2" (12,7 mm).

1.5. Con respecto a la **Altura del Lecho Filtrante**, se considerará una altura de 25 cm, para considerar un borde libre del agua de aproximadamente 10 cm.

2. Diseño:

2.1. Teniendo en cuenta la información anteriormente mencionada, se procedió a utilizar el programa AutoCAD para realizar el diseño de cada uno de los 06 filtros de zeolita clinoptilolita a ser utilizados, los mismos que se pueden visualizar en la parte de los anexos.

3. Construcción:

3.1. Los materiales que fueron utilizados para realizar el proceso constructivo de los filtros fueron:

- 6 baldes de capacidad 20 litros.
- 1 Tubo de 3/4"
- 1 Tubo de 1/2"
- 6 Reducciones de 3/4" a 1/2"
- 6 Uniones de 1/2"
- 6 piletas
- Soldadura de tubería
- Taladro
- Malla fina N°35
- 45,6 kg de Zeolita clinoptilolita
- 20 kg de arena gruesa y 20 kg de arena fina
- 20 kg de grava 3/8" y 20 kg de grava de 1/2"

3.2. Para el proceso de construcción de los filtros se realizó un agujero en la parte inferior de cada uno de los 6 baldes para colocar de manera transversal 35 cm de tubería perforada, para posteriormente colocar una reducción de 3/4" a 1/2" para colocar 5 cm de tubería de 1/2" que sería conectada con una unión de 1/2" a la pileta.

3.3. Con respecto a las capas del lecho filtrante:

- Para el Filtro N°01, se utilizó zeolita de 0,840 mm, arena fina, arena gruesa, grava fina, grava gruesa, todas con un espesor de 5 cm.

- Para el Filtro N°02, se utilizó zeolita de 0,840 mm con un espesor de 10 cm, por otro lado, la arena fina y gruesa, así como grava fina y gruesa, las mismas que contaron con un espesor de 4 cm.
- Para el Filtro N°03, se utilizó zeolita de 0,840 mm conteniendo un espesor de 15 cm, asimismo, arena y grava, ambas finas y gruesas, las cuales tuvieron un espesor de 3 cm.
- Para el Filtro N°04, se utilizó zeolita de 0,425 mm, arena y grava, tanto finas como gruesas, que contaron con un espesor de 5cm.
- Para el Filtro N°05, se utilizó zeolita de 0,425 mm con un espesor de 10 cm, además, arena y grava, ya sea fina y gruesa, las cuales tuvieron una capa de grosor de 4 cm.
- Para el Filtro N°06, se utilizó zeolita de 0,425 mm con un espesor de 15 cm, también, arena fina y gruesa, así como grava fina y gruesa con un espesor de 3 cm.

3.3.3. Objetivo específico 3: Medir los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en el agua en donde se utilizaron filtros de zeolita (Clinoptilolita)

Para poder realizar el muestreo de agua filtrada se empleó una Ficha de Recolección de Datos, en donde se tuvo que anotar: Número de muestra según filtro, Coordenadas, Fecha y hora, Tiempo en que el agua hizo el recorrido por el filtro, así como observaciones que se consideraron pertinentes. Una vez hecha la recolección de las muestras de agua filtrada, que fueron trasladadas al Laboratorio Pacific Control CMA S.A.C. (Laboratorio Acreditado por INACAL), donde para examinar los parámetros de hierro y sulfatos se utilizó un Equipo Multiparámetro, obteniendo los datos que se muestran a continuación:

1. Resultados de parámetros de Hierro y Sulfatos del agua subterránea, utilizando el Filtro N°01, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,840 mm y espesor de capa 5 cm:

Tabla 12

Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°01

Parámetro	Unidad	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250	220
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,30	0,19

Nota: Fuente: Laboratorio Pacific Control CMA S.A.C. (2023)

Se tiene que las concentraciones de Hierro es 0,19 mg/L y Sulfatos es 220 mg/L, asimismo, cabe resaltar que el filtro requirió un tiempo de 24 minutos para que el agua lo atravesara por completo.

2. Resultados de parámetros de Hierro y Sulfatos del agua subterránea, utilizando el Filtro N°02, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,840 mm y espesor de capa 10 cm:

Tabla 13*Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°02*

Parámetro	Unidad	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250	225
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,30	0,21

Nota: Fuente: Laboratorio Pacific Control CMA S.A.C. (2023)

Se tiene que las concentraciones de Hierro es 0,21 mg/L y Sulfatos es 225 mg/L, asimismo, cabe resaltar que el tiempo de duración que necesitó el filtro para que el agua lo atravesara por completo fue de 18 minutos.

3. Resultados de parámetros de Hierro y Sulfatos del agua subterránea, utilizando el Filtro N°03, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,840 mm y espesor de capa 15 cm:

Tabla 14*Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°03*

Parámetro	Unidad	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250	223
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,30	0,20

Nota: Fuente: Laboratorio Pacific Control CMA S.A.C. (2023)

Se tiene que las concentraciones de Hierro es 0,20 mg/L y Sulfatos es 223 mg/L, asimismo, cabe resaltar que el tiempo que le tomó al agua para atravesar el filtro fue de 12 minutos.

4. Resultados de parámetros de Hierro y Sulfatos del agua subterránea, utilizando el Filtro N°04, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,425 mm y espesor de capa 5 cm:

Tabla 15*Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°04*

Parámetro	Unidad	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250	227
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,30	0,23

Nota: Fuente: Laboratorio Pacific Control CMA S.A.C. (2023)

Se tiene que las concentraciones de Hierro es 0,23 mg/L y Sulfatos es 227 mg/L, asimismo, cabe resaltar que el filtro requirió un tiempo de 50 minutos para que el agua lo atravesara por completo.

5. Resultados de parámetros de Hierro y Sulfatos del agua subterránea, utilizando el Filtro N°05, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,425 mm y espesor de capa 10 cm:

Tabla 16*Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°05*

Parámetro	Unidad	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250	233
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,30	0,25

Nota: Fuente: Laboratorio Pacific Control CMA S.A.C. (2023)

Se tiene que las concentraciones de Hierro es 0,25 mg/L y Sulfatos es 223 mg/L, asimismo, cabe resaltar que el tiempo de duración que requirió el filtro para que el agua lo atravesara por completo fue de 25 minutos.

6. Resultados de parámetros de Hierro y Sulfatos del agua subterránea, utilizando el Filtro N°06, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,425 mm y espesor de capa 15 cm:

Tabla 17*Resultados de calidad de agua de Filtro de Zeolita N°06*

Parámetro	Unidad	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250	226
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,30	0,22

Nota: Fuente: Laboratorio Pacific Control CMA S.A.C. (2023)

Se tiene que las concentraciones de Hierro es 0,22 mg/L y Sulfatos es 226 mg/L, asimismo, cabe resaltar que el filtro requirió un tiempo de 20 minutos para que el agua lo atravesara completamente.

3.3.4. Objetivo específico 4: Comparar resultados de las concentraciones de Hierro y Sulfato obtenidos para conocer la eficiencia de la zeolita (Clinoptilolita) en la fuente de agua subterránea

Una vez obtenidos los datos de los parámetros de hierro y sulfatos del agua filtrada, se comparó la información obtenida con la primera caracterización de agua que no pasó por los filtros, con la finalidad de conocer la eficiencia de los mismos y ver si existe o no, un gran o pequeño porcentaje de remoción, siendo los resultados obtenidos los que detallan a continuación:

- FILTRO N°01:

Con respecto a la eficiencia de remoción de hierro y sulfatos de Filtro de Zeolita N°01, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,840 mm y espesor de capa 5 cm, se tienen los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 18*Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°01*

Parámetro	Unidad	Muestra Inicial	Agua con Filtro N°01	% de Remoción
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	548	220	59,85%
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,41	0,19	53,66%

Con los datos obtenidos se puede interpretar que, utilizando el Filtro de Zeolita N°01, existe una remoción del 59,85% de Sulfatos y 53,66% de Hierro presentes en el agua subterránea, lo que da una eficacia total de 56,76% al primer filtro.

- FILTRO N°02:

Con respecto a la eficiencia de remoción de hierro y sulfatos de Filtro de Zeolita N°02, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,840 mm y espesor de capa 10 cm se tienen los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 19*Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°02*

Parámetro	Unidad	Muestra Inicial	Agua con Filtro N°02	% de Remoción
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	548	225	58,94%
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,41	0,21	48,78%

Con los datos obtenidos se puede interpretar que, utilizando el Filtro de Zeolita N°02 existe una remoción del 58,94% de Sulfatos y 48,78% de Hierro presentes en el agua subterránea, lo que da una eficacia total de 53,86% al segundo filtro.

- FILTRO N°03:

Con respecto a la eficiencia de remoción de hierro y sulfatos de Filtro de Zeolita N°03, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,840 mm y espesor de capa 15 cm se tienen los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 20*Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°03*

Parámetro	Unidad	Muestra Inicial	Agua con Filtro N°03	% de Remoción
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	548	223	59,31%
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,41	0,20	51,22%

Con los datos obtenidos se puede interpretar que, utilizando el Filtro de Zeolita N°03 existe una remoción del 59,31% de Sulfatos y 51,22% de Hierro presentes en el agua subterránea, lo que da una eficacia total de 55,26% al tercer filtro.

- FILTRO N°04:

Con respecto a la eficiencia de remoción de hierro y sulfatos de Filtro de Zeolita N°04, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,425 mm y espesor de capa 5 cm se tienen los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 21

Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°04

Parámetro	Unidad	Muestra Inicial	Agua con Filtro N°04	% de Remoción
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	548	227	58,76%
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,41	0.23	43,90%

Con los datos obtenidos se puede interpretar que, utilizando el Filtro de Zeolita N°04 existe una remoción del 58,76% de Sulfatos y 43,90% de Hierro presentes en el agua subterránea, lo que da una eficacia total de 51,33% al cuarto filtro.

- FILTRO N°05:

Con respecto a la eficiencia de remoción de hierro y sulfatos de Filtro de Zeolita N°05, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,425 mm y espesor de capa 10 cm se tienen los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 22

Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°05

Parámetro	Unidad	Muestra Inicial	Agua con Filtro N°05	% de Remoción
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	548	233	57,48%
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,41	0.25	39,02%

Con los datos obtenidos se puede interpretar que, utilizando el Filtro de Zeolita N°05 existe una remoción del 57,48% de Sulfatos y 39,02% de Hierro presentes en el agua subterránea, lo que da una eficacia total de 48,25% al quinto filtro.

- FILTRO N°06:

Con respecto a la eficiencia de remoción de hierro y sulfatos de Filtro de Zeolita N°06, cuyas características son: Diámetro de zeolita 0,425 mm y espesor de capa 15 cm se tienen los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 23*Remoción de Hierro y Sulfatos con Filtro de Zeolita N°06*

Parámetro	Unidad	Muestra Inicial	Agua con Filtro N°06	% de Remoción
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	548	226	58,76%
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,41	0,22	46,34%

Con los datos obtenidos se puede interpretar que, utilizando el Filtro de Zeolita N°06 existe una remoción del 58,76% de Sulfatos y 46,34% de Hierro presentes en el agua subterránea, lo que da una eficacia total de 52,55% al sexto filtro.

En función a la información obtenida y analizada, se concluye que el filtro más eficiente fue Filtro N°01, cuyas características son: Zeolita clinoptilolita de 0,840 mm, arena fina y gruesa, grava fina y gruesa, todas con un espesor de 5 cm, con un porcentaje de eficiencia de remoción de Hierro y Sulfatos de 56,76%, seguida del Filtro N°03 con un porcentaje de eficiencia de remoción de 55,26. De manera continua, se presenta los porcentajes de eficiencia de cada filtro de zeolita clinoptilolita:

Tabla 24*Porcentaje de eficiencia de Filtros en remoción de Hierro y Sulfatos*

N° Filtro	Porcentaje de Eficiencia (%)
Filtro N° 01	56,76%
Filtro N° 02	53,86%
Filtro N° 03	55,26%
Filtro N° 04	51,33%
Filtro N° 05	48,25%
Filtro N° 06	52,55%

8. Para poder realizar la constatación de la hipótesis se planteó como:

- Hipótesis Nula: *“Utilizar un filtro de zeolita natural en la fuente de agua subterránea para consumo humano de la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, no es eficiente para la remoción de Hierro y Sulfatos”.*

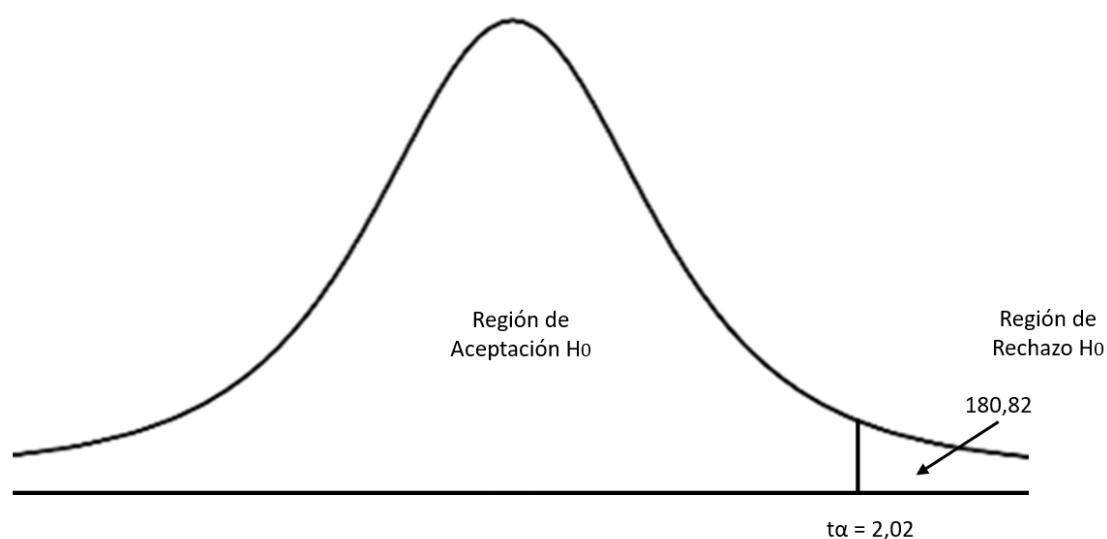
- Hipótesis Alterna: *“Utilizar un filtro de zeolita natural en la fuente de agua subterránea para consumo humano de la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, es eficiente para la remoción de Hierro y Sulfatos”.*

Para la determinación se realizó el análisis estadístico: “Prueba t de Student”, dando como resultados los siguientes datos que se detallan a continuación:

Tabla 25

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas con respecto a los Sulfatos

	Entrada	Salida
Media	548	225,67
Varianza	0	19,07
Observaciones	6	6
Hipótesis Nula (H_0)	$M_E \leq M_S$	
Hipótesis Alternativa (H_1)	$M_E > M_S$	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	180,82	
Valor crítico de t (una cola)	2,02	

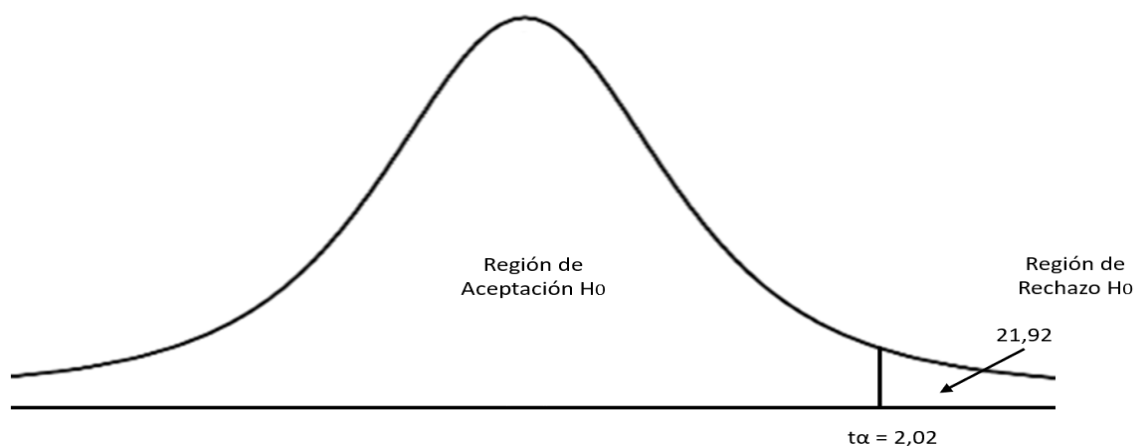


De acuerdo a los datos reflejados en la Tabla 25, se puede interpretar que, teniendo un porcentaje de confiabilidad de 95% y un nivel de significancia de 5%, se tiene que las concentraciones iniciales de Sulfatos es de 548 mg/L y de salida luego de pasar por los filtros es de 225,67 mg/L, representando una variación de 322,33 mg/L, siendo bastante significativo, puesto que el valor del estadístico t es 180,82 y éste es mayor que el valor crítico de t que es 2,02; es así como, se llega a la conclusión que se rechaza la hipótesis nula: "Utilizar un filtro de zeolita natural en la fuente de agua subterránea para consumo humano de la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, no es eficiente para la remoción de Hierro y Sulfatos", y aceptando la hipótesis alterna: "Utilizar un filtro de zeolita natural en la fuente de agua subterránea para consumo humano de la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, es eficiente para la remoción de Hierro y Sulfatos".

Tabla 26

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas con respecto al Hierro

	Entrada	Salida
Media	0,41	0,22
Varianza	0	0,00047
Observaciones	6	6
Hipótesis Nula (H_0)	$M_E \leq M_s$	
Hipótesis Alternativa (H_1)	$M_E > M_s$	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	21,92	
Valor crítico de t (una cola)	2,02	



De acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 26, se puede interpretar que, teniendo un porcentaje de confiabilidad de 95% y un nivel de significancia de 5%, se tiene que las concentraciones iniciales de Hierro es de 0,41 mg/L y de salida luego de pasar por los filtros es de 0,22 mg/L, representando una variación de 0,19 mg/L, siendo significativo, puesto que el valor del estadístico t es 21,92 y éste es mayor que el valor crítico de t que es 2,02; es por eso que se rechaza la hipótesis nula: "Utilizar un filtro de zeolita natural en la fuente de agua subterránea para consumo humano de la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, no es eficiente para la remoción de Hierro y Sulfatos", y aceptando la hipótesis alterna: "Utilizar un filtro de zeolita natural en la fuente de agua subterránea para consumo humano de la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, es eficiente para la remoción de Hierro y Sulfatos".

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Medición de los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en la fuente de agua subterránea:

Resultados: Se realizó la medición de los parámetros iniciales del agua subterránea, los mismos que estuvieron por encima del Límite Máximo Permisible (LMP), según el D.S N°031-2010-SA, estos resultados de laboratorio iniciales (Hierro = 0,41 mg/L y Sulfatos = 548 mg/L) fueron corroborados a través de la encuesta socioeconómica realizada, cuyos resultados muestran la disconformidad de las personas con el agua por la imposibilidad de uso tanto para cocinar los alimentos como para aseo personal, debido a que, al agregar lejía o hervir el agua, ésta reacciona conformándose lodo en el recipiente en el cual lo están utilizando, siendo prácticamente inutilizable para poder realizar las actividades diarias con el líquido elemento.

Discusión: La discusión se centra en la identificación de las fuentes de contaminación de hierro y sulfatos en el agua subterránea, analizando su impacto en la vida diaria de la comunidad. Se destaca la coherencia entre los resultados de laboratorio y las percepciones comunitarias, destacando la disconformidad debido a la inutilidad del agua para actividades esenciales. Además, se identificó un potencial riesgo para la salud asociado y se propone una evaluación de la viabilidad a largo plazo de las soluciones sugeridas, considerando aspectos económicos, ambientales y sociales. Se examina el papel crucial de la participación comunitaria y se fomenta la comparación con estudios similares para extraer lecciones relevantes. Finalmente, se sugieren direcciones para futuras investigaciones.

4.2. Diseño y construcción de los filtros de zeolita (Clinoptilolita) con diferentes concentraciones granulométricas y volumétricas:

Resultados: Se realizó el diseño, dimensionamiento y construcción de 06 filtros de zeolita clinoptilolita, siguiendo las recomendaciones dadas en la Guía para Diseño de Sistemas de Tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas del CEPIS; escogiendo 02 diferentes granulometrías de zeolita clinoptilolita (0,840 mm y 0,425 mm) de acuerdo al estudio realizado en el Laboratorio de Suelos; además, se realizó la construcción de 3 filtros con granulometría 0.840 mm con capas de 5 cm, 10 cm y 15 cm respectivamente, de igual manera se realizó la construcción de 3 filtros con granulometría 0.425 mm con capas de 5 cm, 10 cm y 15 cm, adicionando arena y grava.

Discusión: La discusión debe abordar la eficiencia esperada de estos filtros en la reducción de los niveles de contaminantes, considerando la variabilidad de las condiciones locales.

Se debe analizar también la viabilidad a largo plazo de esta solución, teniendo en cuenta factores como el mantenimiento de los filtros y la disponibilidad de recursos. Además, se puede explorar la comparación de esta intervención con otros métodos de tratamiento de agua utilizados en contextos similares. La monitorización continua de la calidad del agua después de la implementación de los filtros es esencial para evaluar su impacto y realizar ajustes según sea necesario.

4.3. Medición de los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en el agua donde se utilizaron los filtros de zeolita (Clinoptilolita):

Resultados: Se realizó la medición de los parámetros de Hierro y Sulfatos del agua que se pasó por cada uno de los 6 filtros, así como la medición del tiempo de recorrido del agua por todo el lecho filtrante, dando como resultado concentraciones menores al Límite Máximo Permisible (LMP), según el D.S N°031-2010-SA, cuyos resultados fueron los siguientes: Filtro N°01 (Hierro = 0,19 mg/L y Sulfatos = 220 mg/L), Filtro N°02 (Hierro = 0,21 mg/L y Sulfatos = 225 mg/L), Filtro N°03 (Hierro = 0,20 mg/L y Sulfatos = 223 mg/L), Filtro N°04 (Hierro = 0,23 mg/L y Sulfatos = 227 mg/L), Filtro N°05 (Hierro = 0,25 mg/L y Sulfatos = 233 mg/L) y Filtro N°06 (Hierro = 0,22 mg/L y Sulfatos = 226 mg/L), lo que demuestra la eficacia de la zeolita como medio filtrante para la remoción de metales pesados y sales presentes en el agua.

Discusión: La discusión debería abordar la consistencia de los resultados entre los diferentes filtros, evaluando si hay variaciones significativas y, de ser así, identificar posibles razones. Además, se puede explorar la comparación de estas concentraciones con estándares internacionales de calidad del agua. Esta fase de la investigación respalda la viabilidad de la implementación de los filtros de zeolita clinoptilolita como una solución exitosa para mejorar la calidad del agua en la comunidad estudiada.

4.4. Comparación de los resultados de las concentraciones de Hierro y Sulfatos obtenidos para conocer la eficiencia de los filtros de zeolita (Clinoptilolita):

Resultados: Se realizó la comparación de los parámetros de los resultados de agua que pasó por cada uno de los 6 filtros, dando éstos los siguientes porcentajes de eficiencia en cuanto a la remoción de las concentraciones de Hierro y Sulfatos: Filtro N°01 con un porcentaje de eficiencia de 56,76%, el Filtro N°02 con 53,86%, el Filtro N°03 con 55,26%, el Filtro N°04 con 51,33%, el Filtro N°05 con 48,25% y finalmente el Filtro N°06 con 52,55%, asimismo, se realizó el método estadístico de Prueba t Student con la finalidad de contar con certeza matemática en cuanto a la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas.

FILTRO N°01:

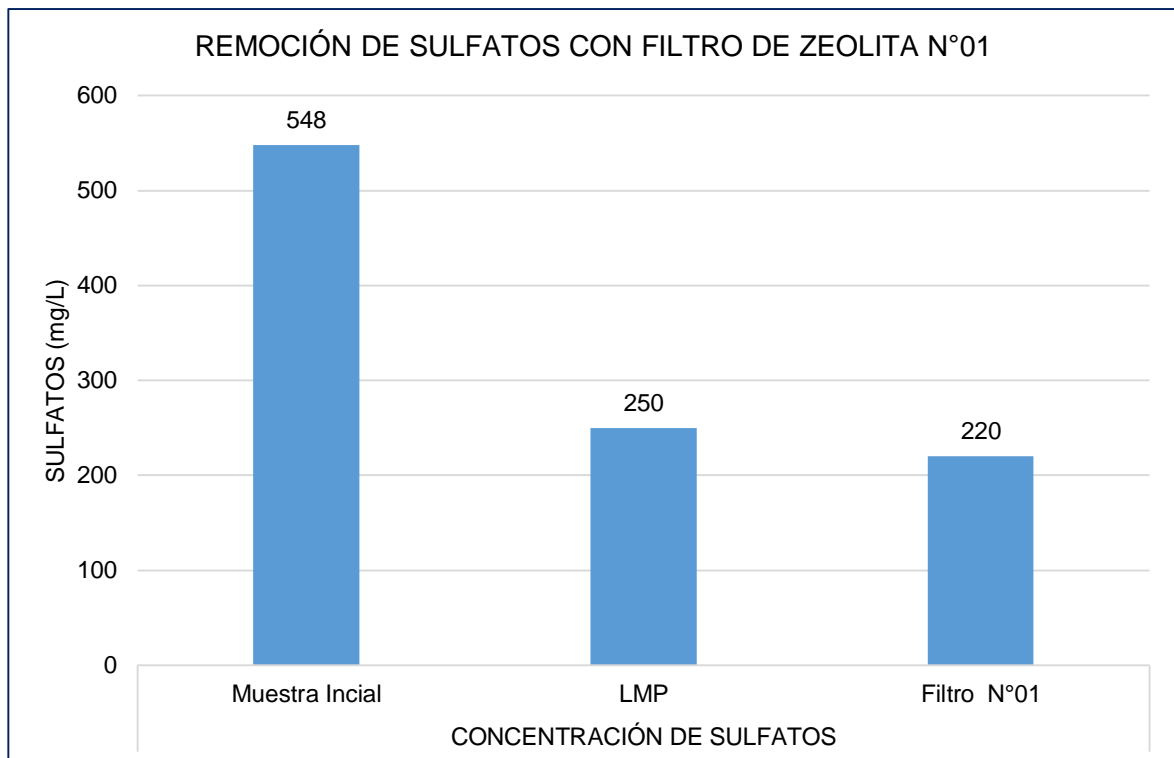


Figura 1

Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°01

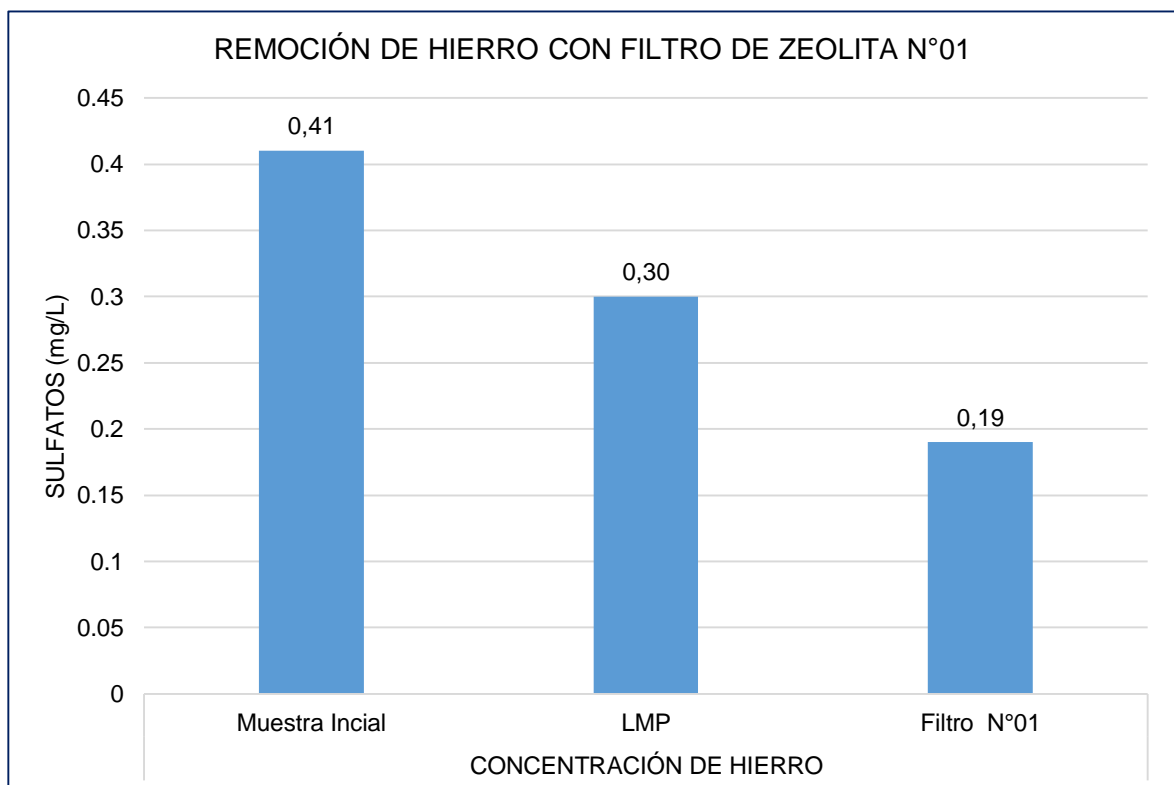


Figura 2

Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°01

FILTRO N°02:

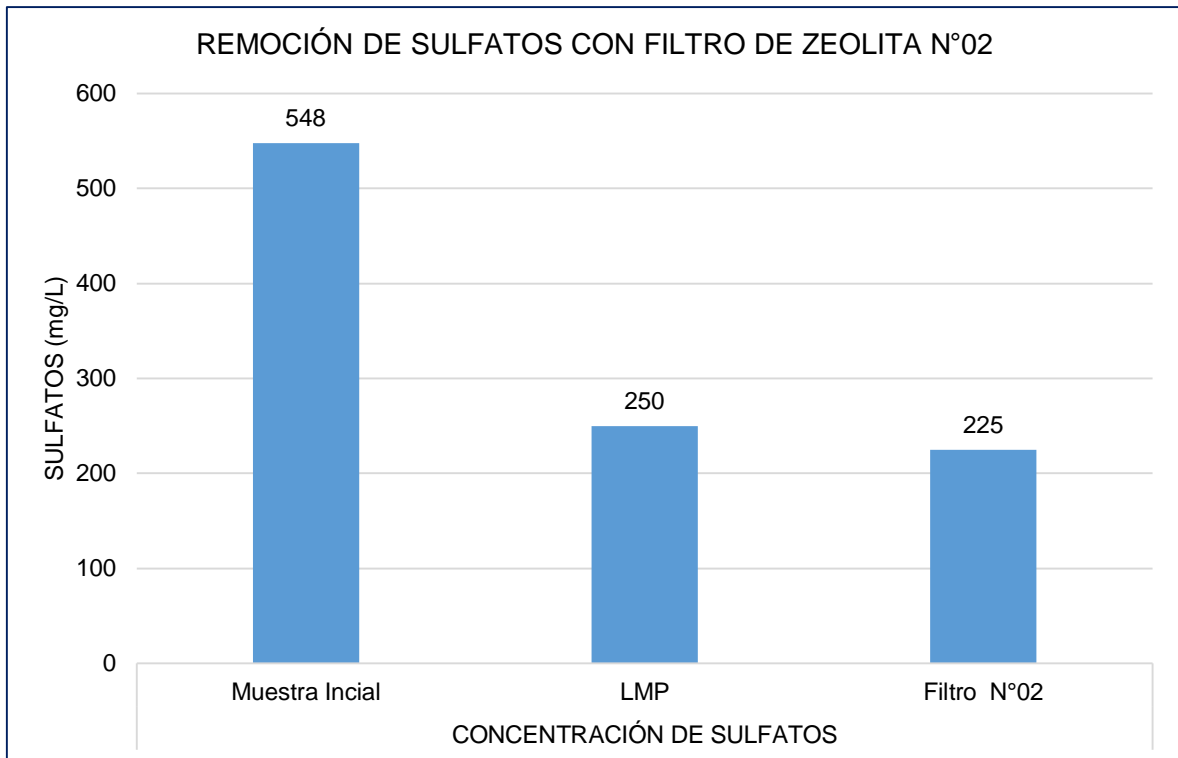


Figura 3

Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°02

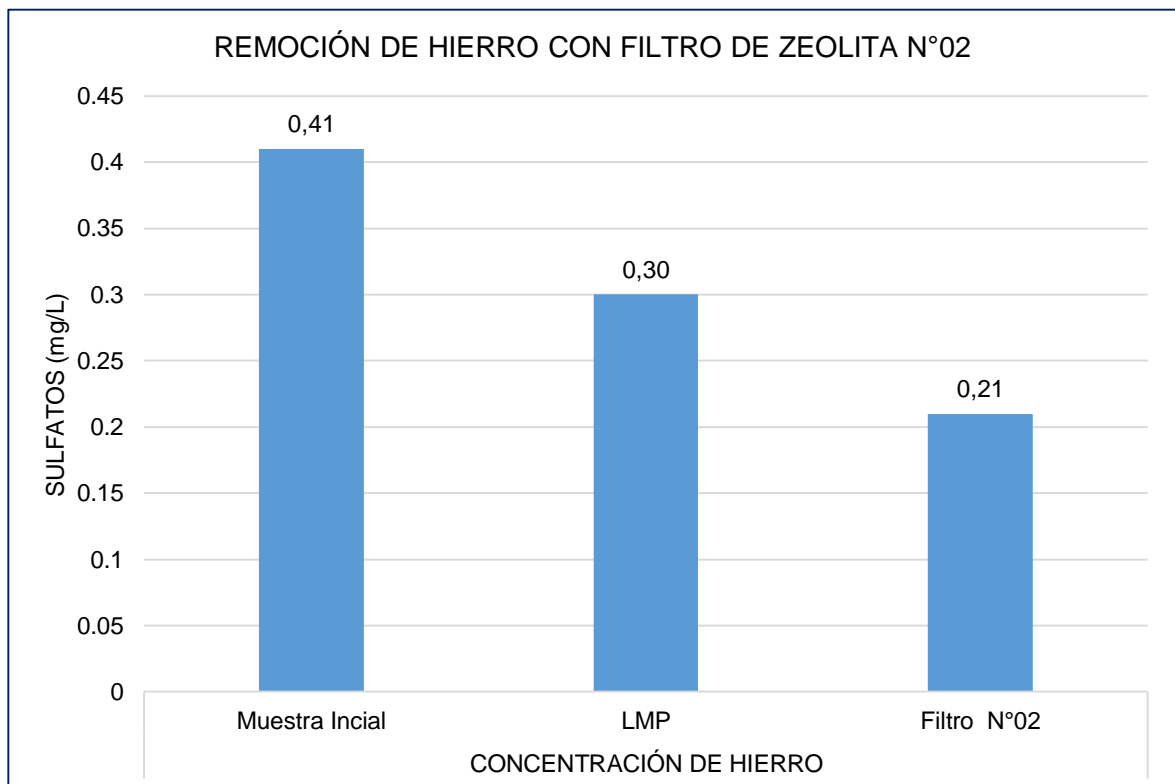


Figura 4

Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°02

FILTRO N°03:

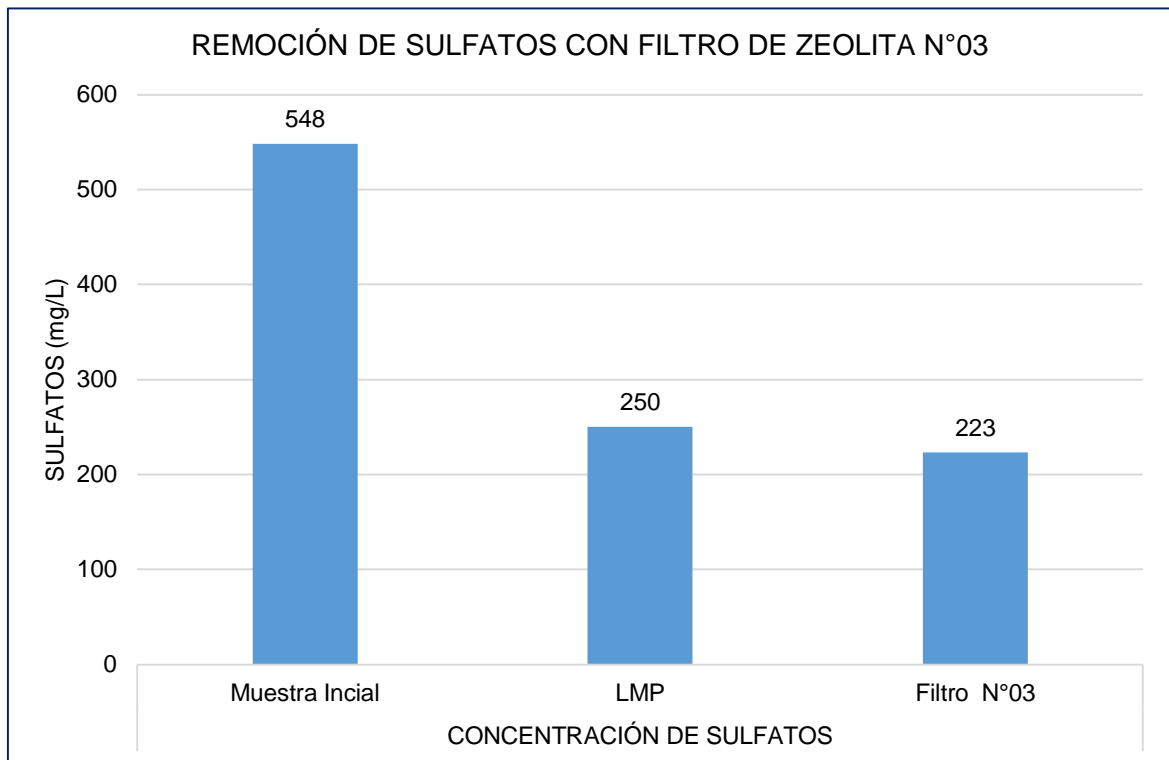


Figura 5

Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°03

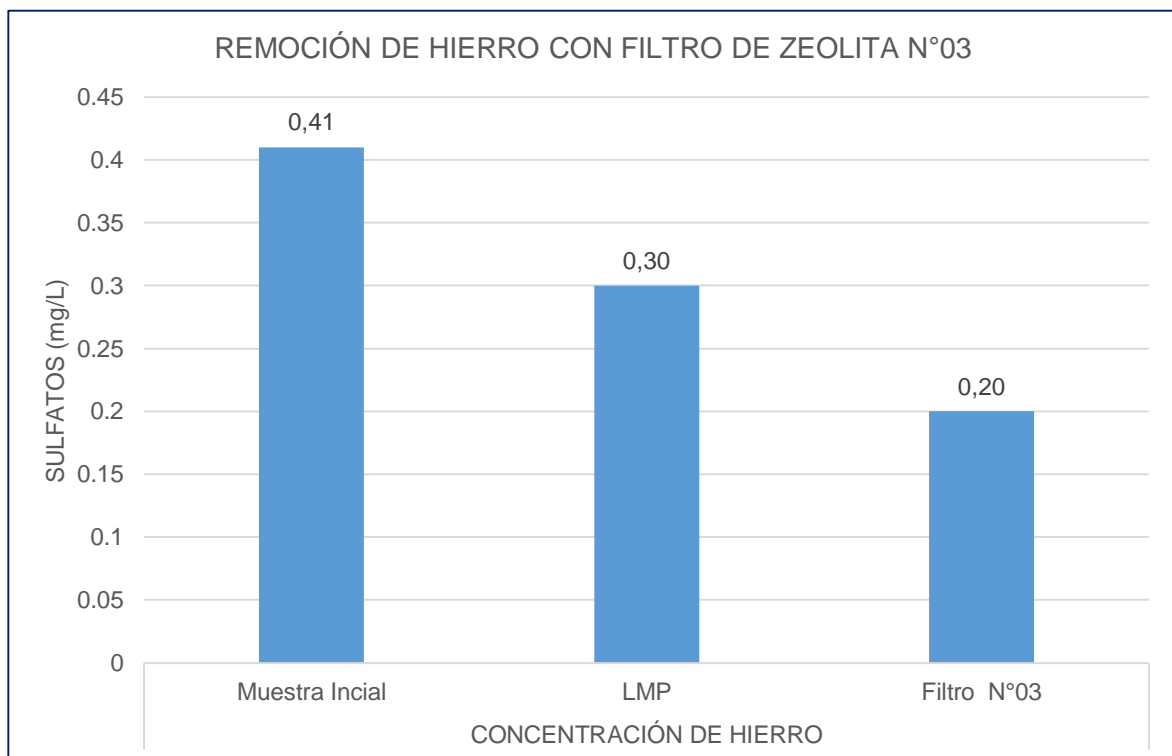


Figura 6

Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°03

FILTRO N°04:

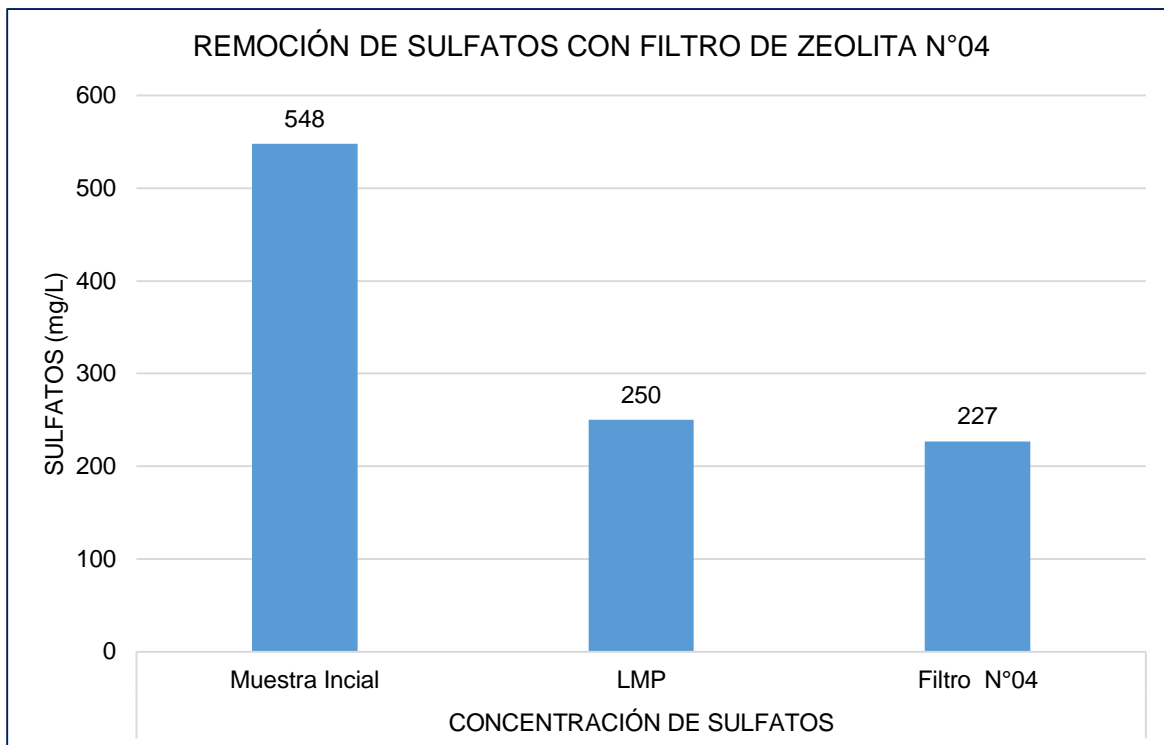


Figura 7

Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°04

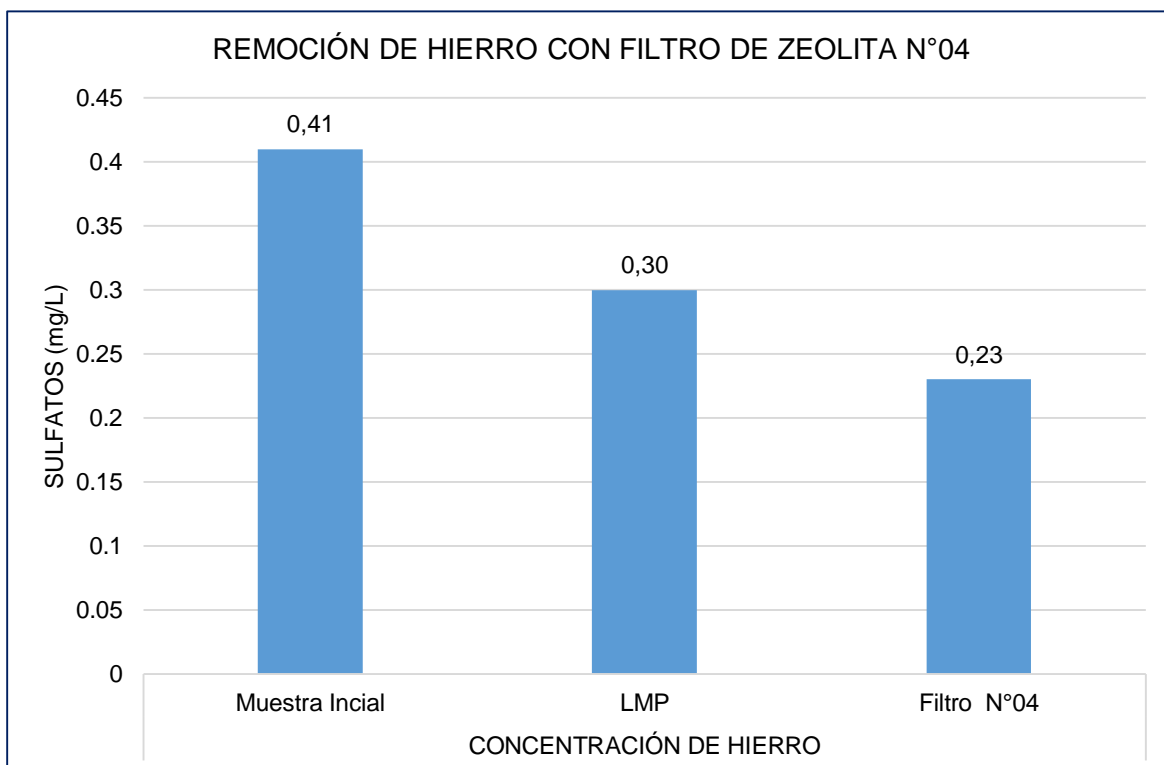


Figura 8

Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°04

FILTRO N°05:

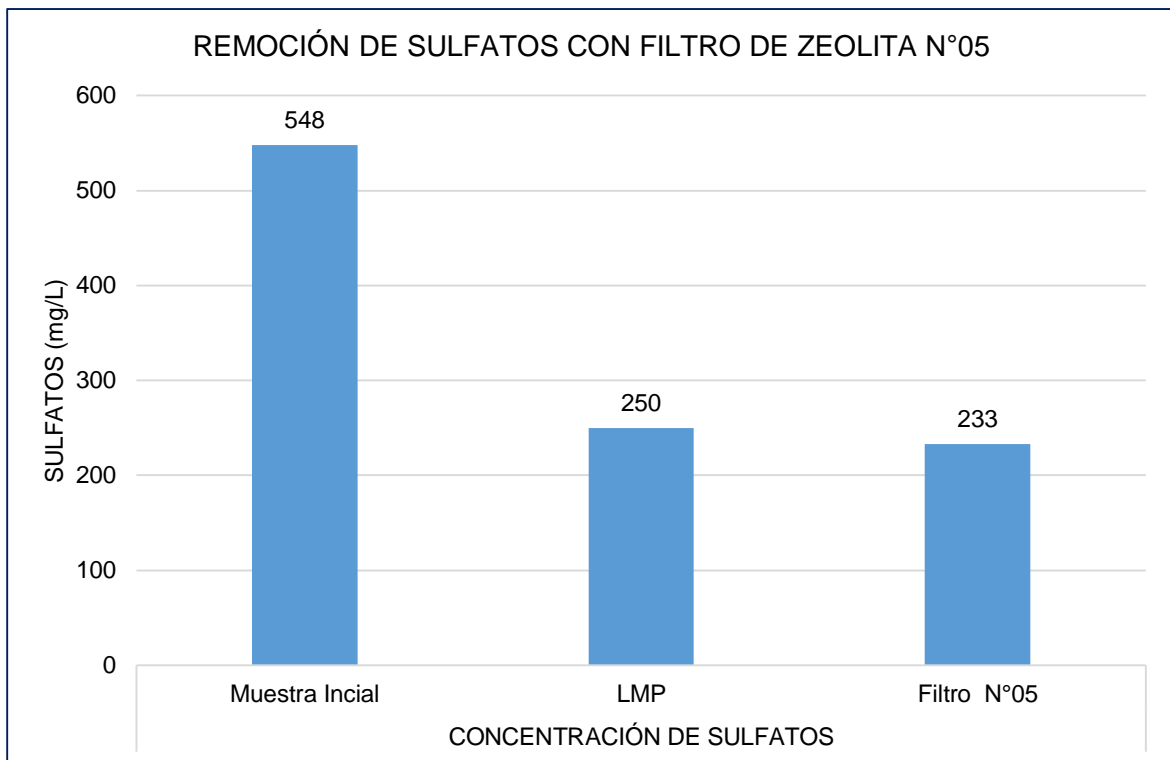


Figura 9

Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°05

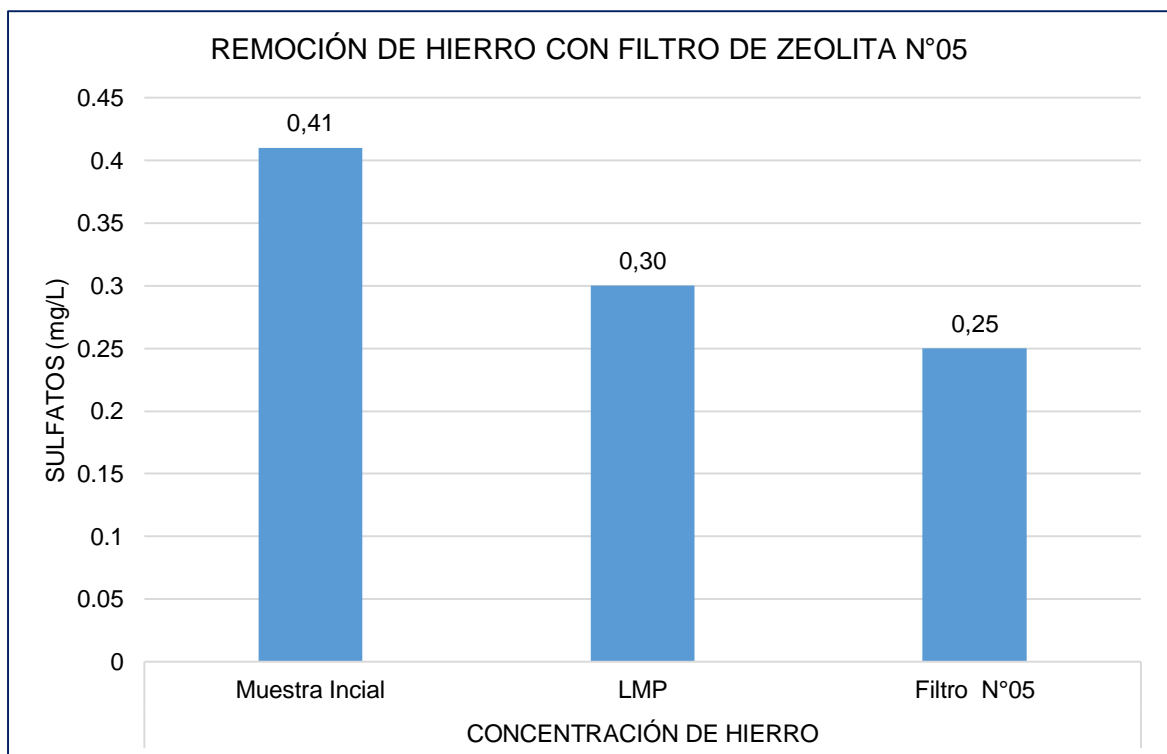


Figura 10

Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°05

FILTRO N°06:

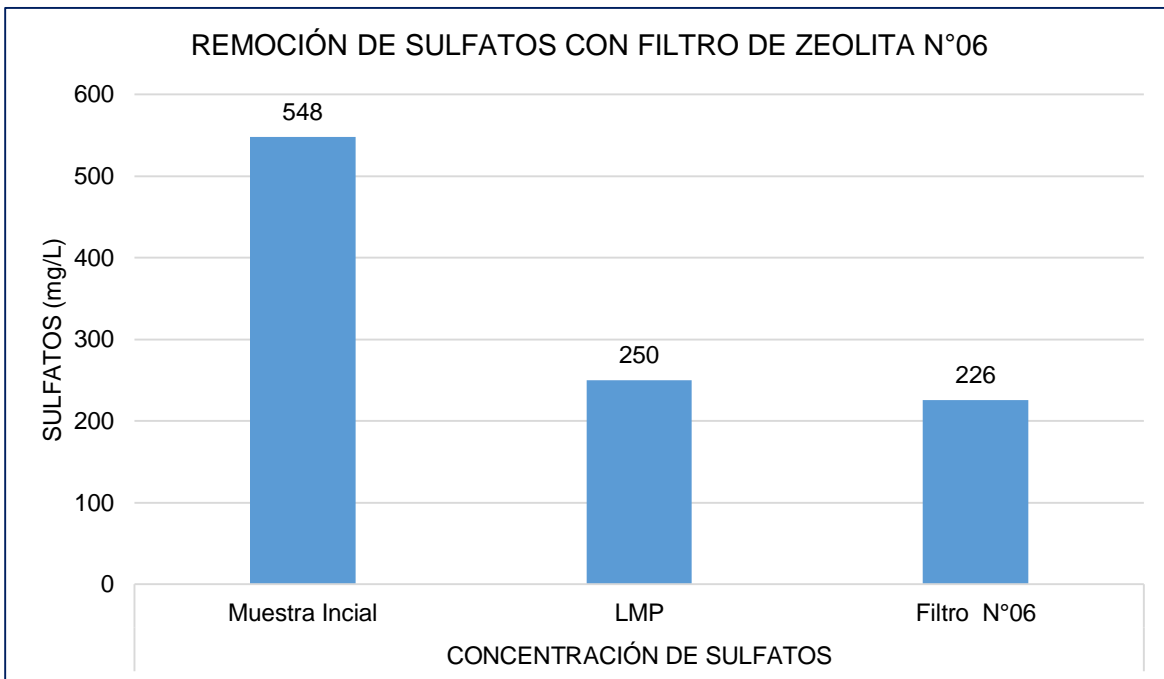


Figura 11
Remoción de concentración de Sulfatos con Filtro de Zeolita N°06

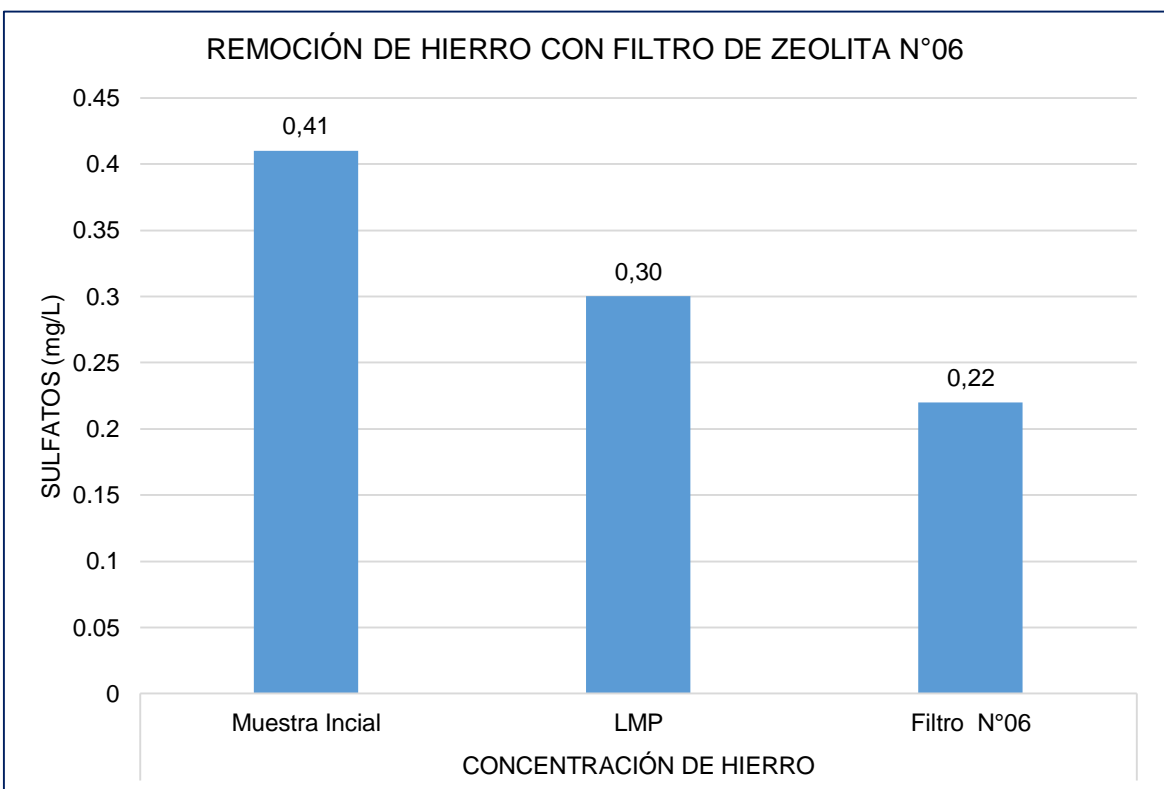


Figura 12
Remoción de concentración de Hierro con Filtro de Zeolita N°06

En función a la información obtenida y analizada, se puede inferir que el filtro más eficiente fue Filtro N°01, cuyas características son: Zeolita clinoptilolita de 0,840 mm, arena fina y gruesa, grava fina y gruesa, todas con un espesor de 5 cm, con un porcentaje de eficiencia de remoción de Hierro y Sulfatos de 56,76%, seguida del Filtro N°03 con un porcentaje de eficiencia de remoción de 55,26.

Discusión: La discusión debe abordar las posibles razones detrás de las variaciones en la eficiencia entre los filtros, considerando factores como la distribución de las capas de zeolita, la granulometría utilizada y el tiempo de recorrido del agua. Además, se puede explorar la comparación de estos resultados con estudios similares y la aplicabilidad de los hallazgos en contextos más amplios. La combinación de análisis estadísticos y porcentajes de eficiencia mejora la robustez de la evaluación, respaldando la validez de las conclusiones obtenidas.

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un estudio para determinar qué tan bien funciona la zeolita (Clinoptilolita) como filtro para eliminar el hierro y los sulfatos del agua subterránea que se usa para beber en una urbanización Los Ángeles, utilizando todas las metodologías planteadas en primera instancia, por lo que se concluye en que el trabajo de investigación ha sido exitoso durante su desarrollo, así como para la obtención de resultados.

La medición inicial de los parámetros del agua subterránea reveló resultados que superan el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido por el D.S N°031-2010-SA, con valores de Hierro y Sulfatos de 0,41 mg/L y 548 mg/L, respectivamente. Estos datos, respaldados por una encuesta socioeconómica, reflejan la insatisfacción de la población debido a la imposibilidad de utilizar el agua tanto para cocinar como para el aseo personal. En consecuencia, se concluye que el agua es inapropiada para llevar a cabo las actividades diarias básicas de la comunidad.

Se diseñaron, dimensionaron y construyeron 06 filtros de zeolita clinoptilolita, siguiendo las recomendaciones del CEPIS. Se emplearon dos granulometrías de zeolita (0,840 mm y 0,425 mm) tras estudios de laboratorio. La variación en la altura de las capas del lecho filtrante demostró que el tamaño de partícula de la zeolita es crucial para el rendimiento del sistema. La eficiencia de remoción de Hierro y Sulfatos fue mayor con granulometría de 0,840 mm. Mantener un tiempo de contacto adecuado entre el agua y el lecho de zeolita resultó fundamental para maximizar la capacidad de adsorción y asegurar una remoción efectiva de contaminantes.

Tras medir los niveles de Hierro y Sulfatos en el agua tratada por los 6 filtros, junto con el tiempo de recorrido del agua a través del lecho filtrante, se obtuvieron concentraciones inferiores al Límite Máximo Permisible (LMP), según el D.S N°031-2010-SA. Los resultados específicos de cada filtro (por ejemplo, Filtro N°01: Hierro = 0,19 mg/L, Sulfatos = 220 mg/L) respaldan la eficacia del sistema. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para la implementación de esta tecnología en otras áreas con miras a cumplir regulaciones ambientales y mejorar la calidad del agua en sus procesos. Además, el conocimiento adquirido sobre el rendimiento y diseño del sistema de filtración de zeolita puede ser valioso para futuras investigaciones en este campo.

La comparación de los resultados de agua tratada por los 6 filtros reveló eficiencias en la remoción de Hierro y Sulfatos, con porcentajes respectivos de 56,76%, 53,86%, 55,26%, 51,33%, 48,25% y 52,55%. La prueba t Student respaldó la hipótesis de que la zeolita es altamente efectiva como medio filtrante para la eliminación de metales pesados y sales,

demostrando una reducción significativa de más del 50% en estos elementos en el agua subterránea. Estos resultados respaldan la viabilidad de la aplicación de la zeolita clinoptilolita como una alternativa sostenible, económicamente viable y ambientalmente amigable para mejorar la disponibilidad de agua potable segura y de calidad.

RECOMENDACIONES

Aunque la zeolita clinoptilolita ha sido efectiva en la remoción de Hierro y Sulfatos en aguas subterráneas, se recomienda realizar estudios complementarios para evaluar su comportamiento frente a otros contaminantes presentes en este tipo de aguas. Investigar su capacidad para eliminar nitratos, fluoruros u otros elementos será fundamental para ampliar su aplicación en el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas.

La investigación contemplaba realizar la medición de los parámetros de Hierro y Sulfatos presentes en esta fuente de agua subterránea, pero se recomienda en posteriores investigaciones realizar la medición de otros parámetros tanto físicos como químicos y biológicos, para poder ampliar el margen de conocimiento de la eficiencia de la zeolita para medio filtrante.

Con base en los hallazgos sobre la granulometría y el tiempo de recorrido óptimo, se recomienda optimizar el diseño de los sistemas de filtración con zeolita clinoptilolita. Ajustar el tamaño de partícula y el volumen del lecho de zeolita respecto a las particularidades específicas del agua que se tratará, va a mejorar la eficiencia de remoción de contaminantes y reducirá los costos operativos

Tomando en cuenta que la zeolita clinoptilolita es muy eficaz como filtro para eliminar metales pesados y sales, se sugiere su uso en plantas que tratan agua para hacerla potable, así como también para purificar las aguas residuales, la utilización de zeolita clinoptilolita puede contribuir a reducir los niveles de contaminación y asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales, protegiendo así los cuerpos de agua receptores. Asimismo, se recomienda utilizar especialmente en áreas donde el acceso a infraestructuras de tratamiento centralizado es limitado. Estos sistemas podrían abordar problemas locales de contaminación y elevar la calidad del agua para su utilización en actividades agrícolas y en hogares.

Los porcentajes de efectividad de la zeolita al realizar la comparación de la eficiencia de cada uno de los filtros fue de más del 50%, por lo que recomienda la promoción de políticas y regulaciones ambientales que fomenten el uso de tecnologías de tratamiento sostenibles, como la zeolita clinoptilolita, tanto en las industrias y otras actividades potencialmente contaminantes. De igual manera, se recomienda realizar estudios adicionales para optimizar los parámetros de operación y evaluar la regeneración de la zeolita, centrándose en extender su durabilidad y asegurar una eficiencia constante en el procedimiento de purificación del agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acoua tecnología (s.f.) *Zeolita natural para tratamiento de agua*.
http://acquatecnologiaperu.com/pdf/Zeolita_Acoua_Tecnologia.pdf
- Alcívar, M. S. G., Pérez, A. V., y Gámez, M. R. (2018). *La zeolita en la descontaminación de aguas residuales*. Universidad Ciencia y Tecnología.
<https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/73/74>
- Azabache, Y. F., y Cachay, W. (2019). *Efecto del carbón activado, obtenido experimentalmente a partir de cáscara de café (Coffea Arábica L.), en la adsorción de metales pesados, en aguas del acuífero del distrito de Yantaló, Moyobamba, 2017*. [Informe de Investigación, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Martín. <http://hdl.handle.net/11458/3500>
- Barreto, C. E. (2021). *Potencial de remoción de la zeolita natural peruana en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/4732>
- Bascuñan, M. (1985). *Zeolitas y su uso en diferentes ramas de la industria*. Escuela de Ingeniería Química Benemérita – Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Belizario, L. F., y Del Carpio, I. E. (2018). *Evaluación de parámetros para la remoción de arsénico y manganeso de agua subterránea de la Punta de Bombón usando Zeolita natural (Clipnotilolita)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Agustín: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/27210262-f3da-4f8f-8b9f-7876dd7e0b31/content>
- Boletín Geológico y Minero (2009). *Propuesta de clasificación genético-geológica de humedales*.
- Casals, C. (1988). *La zeolita, mineral del siglo XX*.
- Castañeda, A. C. (2015). *Tratamiento de agua rica en hierro con almidón de maíz y alumbre*. [Tesis de Posgrado, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. Repositorio Institucional Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito). <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/331>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (1972). *Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua*. <https://es.ircwash.org/sites/default/files/250-73TE.pdf>

- Chaupis, R. F., y Reyes, G. C. (2018). *Remoción de arsénico de las aguas de San Mateo de Huanchor-Lima Con Zeolitas Naturales*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Callao. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/2762>
- Chinchilla, C. A., Pérez, R., y Solano, M. (2013). *Saneamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales en el Museo de Cultura Popular de la Universidad Nacional*. Universidad Nacional de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, págs. 63-71.
- Ecofluidos Ingenieros, S. A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>.
- Fungaro, D. A., y Borrely, S. I. (2012). Synthesis and characterization of zeolite from coal ashes modified by cationic surfactant. *Cerâmica*. (págs. 77-83). <https://www.scielo.br/j/ce/a/C3qBcNNtB4H8cNMVRVjkYXg/abstract/?lang=en>
- Gadhban, M. Y., Abdulmajed, Y. R., Ali, F. D., y Al-Sharify, Z. T. (2020). *Preparation of Nano Zeolite and its Application in Water Treatment*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 870, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.
- Lale, E. F., y Poma, M. M. (2020). *Remoción de plomo y zinc en aguas contaminadas utilizando zeolitas: Una revisión sistemática y metaanálisis*. [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63554>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., y Harriot, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. Séptima edición. The McGraw-Hill Companies.
- Ministerio de Salud (2010). *Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano*. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>
- Ministerio del Ambiente (2005). *Ley N° 28611 Ley General del Ambiente*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>
- Ministry of Environment Province of British Columbia (2013). *Ambient Water Quality Guideline for Sulphate*. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/water/waterquality/water-quality-guidelines/approved-wqgs/sulphate/bc_moe_wqg_sulphate.pdf
- Organización Mundial de la Salud (2006). *Guía para la calidad del agua potable*. Primer apéndice a la tercera edición (Volumen 1).

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OMS%202006.%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20calidad%20dl%20agua%20potable.pdf

Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría*. http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo1/ma1_tomo1_indice.pdf

Paredes, R., María, A., Osuna, E. S., Alamilla, P., y Mandujano, A. (2013). *Zeolita Natural - Alternativa ecológica y económica para la agricultura de temporal en México*. Centro de Investigación Regional Centro Campo Experimenta Bajío Celaya. https://www.researchgate.net/publication/336132417_Zeolita_Natural_Alternativa_ecologica_y_economica_para_la_agricultura_de_temporal_en_Mexico

Pérez J. y Merino M. (2014). *Definición de Sulfatos*. <https://definicion.de/sulfato/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20latino%20sulphur%2C%20que,reciben%20el%20nombre%20de%20sulfatos.>

Piña, M., y Rivera, M. D. L. (2013). *Lineamientos para la optimización del diseño, construcción y operación de la tecnología para remoción de hierro y manganeso en agua potable*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <https://docplayer.es/26731176-Lineamientos-para-la-optimizacion-del-diseno-construccion-y-operacion-de-la-tecnologia-para-remocion-de-hierro-y-manganeso-en-agua-potable.html>

Romero, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*. Escuela Colombiana de Ingeniería. https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_Rojas

Rubio, H. O., Ochoa, J. M., Villalba, M., Barrientos, E., Orozco, C. D. L. M., y Rocha, B. A. (2021). *Eliminación de metales pesados en agua utilizando filtros empacados con zeolita natural de diversos tamaños*. [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20660/1/CD%2010163.pdf>

Sánchez, H., Reyes, C., y Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma. Editorial: Bussiness Support Aneth S.R.L. (pág. 79). <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

Scavo, M., Rodríguez, O., y Luque, O. (2004). *Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales complementario, con pasto vetiver (Vetiveria zizanioides L.), provenientes de una planta de producción de gaseosas. Villa de Cura, estado*

Aragua. [Tesis de Maestría Universidad Central de Venezuela]. Repositorio Institucional Universidad Central de Venezuela. <https://www.vetiver.org/ICV4-ppt/BA17-PP.pdf>

Sommerfeld, E. O. (1999). *Iron and manganese removal handbook*. Amer Water Works Assn.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2000). *Glosario de términos en gestión de los servicios de Saneamiento*. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Glosario%20de%20t%C3%A9rminos%20Saneamiento%20Ambiental%20y%20Agua.pdf>

Tapia, L. O. (2020). *Efecto del carbón activado, a partir de la cáscara de "Cacao" (Theobroma cacao), en la adsorción del hierro presente en agua para consumo humano, distrito de Yantalo–Moyobamba*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Martín.

United Nations Children's Found (2008). *UNICEF Handbook on Water Quality*. <https://www.unicef.org/media/91301/file/Handbook-Water-Quality.pdf>

Valencia, C. E. (2013). *Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción*.

Vela, M., y Tuesta, M. (2018). *Aplicación de una batería de filtros empacados en zeolita (Clinoptilolita), para la remoción de hierro y manganeso del agua de la microcuenca Juninguillo la Mina a escala piloto Moyobamba-2016*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Martín. <http://hdl.handle.net/11458/2917>

Vizcaíno, B. E. (1998). *Identificación y caracterización de la zeolita natural tipo clinoptilolita*. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio Institucional, Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020124779.PDF>

ANEXOS

Anexo A: AUTORIZACIONES Y PERMISOS:

AUTORIZACIÓN PARA EJECUCIÓN DE PROYECTO DE TESIS

Por el presente documento, Yo **JUANITO ALTAMIRANO VÁSQUEZ**, identificado con **DNI N°44566345**, en mi calidad de Presidente de la Urbanización Los Ángeles, Distrito de Cacatachi, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

AUTORIZO:

La ejecución del Proyecto de Tesis denominado **“EFICIENCIA DE ZEOLITA (CLINOPTILOLITA) PARA REMOCIÓN DE HIERRO Y SULFATOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES, CACATACHI, SAN MARTÍN”**, al **Bach. Juan Diego Saravia Linares**, identificado con **DNI N°71006690**, quien se ha identificado ante mi persona y expuesto su proyecto, siendo éste muy interesante y beneficioso para nuestra Urbanización, asimismo, se deja constancia de brindarle todos los datos que necesite, así como las facilidades para la óptima ejecución de su proyecto.

Para dar fe de lo escrito, se suscribe la presente con la firma del tesista y de mi persona en calidad de Presidente de la Urbanización.

Tarapoto, 04 de febrero del 2023



Juanito Altamirano Vásquez
DNI: 44566345
Presidente Urbanización Los Ángeles



Juan Diego Saravia Linares
DNI: 71006690
Tesista

Anexo B: FORMATO DE ENCUESTA SOCIOECONÓMICA:

CUESTIONARIO N° 1 ENCUESTA SOCIOECONÓMICA

A. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD

Encuestador (a): _____
 Fecha de Entrevista: ____/____/____ Hora: _____
 Departamento: _____ Provincia: _____ Distrito: _____
 Dirección: _____
 Persona Entrevistada (jefe del hogar): Padre () Madre () otro _____

B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

- 1.- Uso: Sólo vivienda () Vivienda y otra actividad productiva asociada ()
- 2.- Tiempo que viven en la casa año(s) meses
- 3.- Tenencia de la vivienda
 Propia () ¿Cuánto vale su Vivienda?
 Alquilada () ¿Cuánto paga al mes? S/.
 Alquiler Venta () ¿Cuánto paga al mes? S/.
- 4.- Material predominante en la casa
 Adobe () Madera () Material noble () Quincha ()
 Estera () Otro
- 5.- Posee energía eléctrica si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.
- 6.- Red de agua si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.
- 7.- Red de desagüe si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.
- 8.- Pozo séptico/Letrina/Otro si () No ()
- 9.- Teléfono si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.
- 10.- Apreciaciones del Entrevistador
 - a. La vivienda pertenece al nivel económico: Alto() Medio() Bajo()
 - b. La zona en que está ubicada la vivienda pertenece al nivel económico:
 Alto () Medio () Bajo ()

C. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

- 11.- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? ____
- 12.- ¿Cuántas familias viven en la vivienda? ____
- 13.- ¿Cuántos miembros tiene su familia? ____

Parentesco	Edad	Sexo	Grado de instrucción	¿Sabe leer y escribir?	¿Trabaja ? (E/P)	¿A qué se dedica?

14.- ¿Número de personas de la familia que actualmente buscan empleo? _____

15.- ¿Cuántas personas trabajan en su familia? _____

16.- Detallar el salario de los integrantes de la vivienda

Pariente	Mensual
Abuelo(a)	_____
Padre	_____
Madre	_____
Hijo(a)	_____
Hijos mayores de 18 años	_____
Hijos menores de 18 años	_____
Pensión/ Jubilación	_____
Otros Ingresos. (rentas, giros, etc.)	_____
Total Mensual/Familia en Soles (S/.)	

17.- ¿Cuál es la distribución del gasto de la familia? Total anual/familiar

Gasto	Mes (S/.)
a. Energía eléctrica	
b. Agua y desagüe	
d. Teléfono	
c. Alimentos	
d. Transportes	
e. Salud	
f. Educación	
g. Combustible	
h. Vestimenta	
i. Vivienda (alquiler)	
j. Otros	
Total	

D. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

18. ¿Cuántos días a la semana dispone de agua potable? _____
19. ¿Cuántas horas por día dispone de agua? _____ Horario desde la Hasta las
20. ¿Paga usted por el servicio de agua?: si () no () Si es sí, pasar a la pregunta N° 22
21. Si es no, ¿Por qué?: _____ Luego ir a la pregunta N° 24
22. Si es sí, el consumo de agua facturada en el último mes fue: (solicitar el último recibo)
Cantidad Facturada (m³) _____ y el pago fue S/. _____ habitualmente cuanto paga al mes S/. _____ ¿Cuándo fue el último mes que pagó? _____.
23. Cree usted que lo que paga por el servicio de agua es: Bajo () Justo () Elevado ()
24. La cantidad de agua que recibe es: suficiente () insuficiente ()
25. ¿Almacena usted el agua para el consumo de su familia? si () no ()
Si es no, pasar a la pregunta N° 27.
26. ¿Cuántos litros cabe en el depósito donde almacena agua en su casa? _____ Litros

Recipientes	Cantidad	Capacidad del recipiente (litros)	Total en litros
Balde-lata			
Bidones			
Tinaja			
Cilindro - barril			
Tanque			
Otros			
Total			

27. La calidad del agua es: buena() mala() regular()
28. ¿Con qué presión llega el agua a la vivienda? bajo () suficiente() alto()
29. ¿El agua llega limpia o turbia?:
Limpia todo el año() Turbia por días() Turbia por meses() Turbia todo el año()
30. ¿Está usted satisfecho con el servicio de agua? ¿Cómo lo calificaría?
Bueno() Malo() Regular()
31. ¿El agua antes de ser consumida le da algún tratamiento?:
Ninguno() Hierve() Lejía() Otro_____
32. El agua que viene de la red pública la usa para:

1. Beber ()	2. Preparar alimentos ()	3. Lavar ropa ()	4. Higiene personal ()
5. Limpieza de la vivienda ()	6. Regar la chacra ()	7. Otros ()	

33. ¿Se abastece de otra fuente?: sí () no () Si es no, **pasar a la pregunta N° 51**
34. Si es sí, ¿Cuál es la otra fuente?:
a. Río/ Lago () b. Pileta pública () c. Camión Cisterna ()
d. Acequia () e. Manantial () f. Pozo ()
g. Vecino () h. Lluvia () i. Otro(especificar) _____
35. ¿Cuál es la distancia de la vivienda hasta la otra fuente de abastecimiento? _____ metros y ¿Qué tiempo se demora en ir y venir? _____ minutos.
36. ¿Cuántas veces al día acarrea? _____
37. ¿Quiénes acarrear el agua?
¿Cuánto los mayores de 18 años? _____ y ¿Cuánto los menores de 18 años? _____
38. Cada vez que acarrea, ¿cuántos viajes realiza?
¿Cuánto los mayores de 18 años? _____ y ¿Cuánto los menores de 18 años? _____
39. ¿Qué tipo de recipientes utiliza, cuál es su capacidad y si paga o no por el agua?

Envase	Capacidad de Envase (Litros)	Precio Pagado por Envase	No Paga

Balde			
Cilindro			
Tinaja			
Lata			
Bidones			
Otros			

40. ¿Cuántos recipientes carga por vez (por viaje)?

¿Cuánto los mayores de 18 años? _____ y ¿Cuánto los menores de 18 años? _____

41. ¿Cuál es la distancia de la vivienda hasta la otra fuente de abastecimiento? _____ metros y ¿Qué tiempo se demora en ir y venir? _____ minutos.

42. ¿Paga usted alguna cuota mensual por usar el agua de esta fuente?: sí () no ()

Si es no, pasar a la pregunta N° 45

43. Si es sí, ¿con qué frecuencia lo paga?: a. Diario () b. Semanal () c. Quincenal ()
d. Mensual () e. Otro _____

44. ¿Cuánto paga? _____

45. ¿En qué ocasiones se abastece de esta otra fuente?: a. permanentemente ()
b. algunos días () especificar _____
c. algunos meses () especificar _____

46. ¿El agua que viene de esta fuente, antes de ser consumida le da algún tratamiento?:

Ninguno () hierve () lejía () otro _____

47. El agua que trae de esta otra fuente la usa para:

1. Beber ()	2. Preparar alimentos ()	3. Lavar ropa ()	4. Higiene personal ()
5. Limpieza de la vivienda ()	6. Regar la chacra ()	7. Otros ()	

48. Con esta otra fuente adicional, la cantidad de agua que dispone es: Suficiente () Insuficiente ()

49. Si se realizan obras para mejorar y/o ampliar el servicio de agua potable, ¿Cuanto pagaría por el buen servicio (24 horas del día, buena presión y buena calidad del agua)? S/. _____

50. ¿Si es no, por qué? Estoy satisfecho con la forma como me abastezco ()
No tengo dinero o tiempo para pagar la obra ()
No tengo dinero para pagar cuota mensual ()
Otro especificar _____

E. INFORMACION SOBRE EL SANEAMIENTO

51. ¿Tiene conexión al sistema de desagüe?: sí () no () Si es no, pasar a la pregunta N° 54

52. Si es sí, ¿Paga alguna cuota por este servicio?: sí () no () Si es no, pasar a la pregunta N° 53

Si es sí, ¿Cuánto?: S/. _____

53. Si es no, ¿Por qué no? _____ Luego ir a la preg. 63

54. ¿Usted dispone de una letrina? sí () no ()

Si es sí, pasar a la pregunta N° 55 Si es no, pasar a la pregunta N° 58

55. ¿Todos los que habitan la vivienda usan la letrina? sí () no ()

56. Si es no, ¿Por qué?:

() Esta demasiado lejos () No tiene costumbre
() Tiene mal olor () Esta en mal estado

() Le asusta usarla () Otro _____

57. ¿Considera usted que su letrina está en mal estado? si () no ()

58. ¿Estaría usted dispuesto a participar para mejorar o instalar una letrina? si () no () Si es no, pasar a la pregunta N° 60

59. Si es sí, ¿Cómo participarían?: Aportando: dinero() Mano de obra ()
Materiales() Otro (especificar) _____

60. Si es no, ¿Por qué no quisiera participar en las mejoras?:

() Porque estoy satisfecho con lo que tengo () No tengo dinero ni tiempo

() No me interesa () Otros (especificar) _____

61. ¿Estaría interesado en contar con letrina, alcantarillado o desagüe? si () no ()

62. ¿Cuánto pagaría al mes por tener desagüe? S/. _____

F. INFORMACIÓN GENERAL Y OTROS SERVICIOS DE LA VIVIENDA.

63. Considera usted que el agua potable es un bien que:

Debe pagarse () ¿Por qué? _____

No debe pagarse () ¿Por qué? _____

64. ¿Cree usted que el agua que consume puede causar enfermedades?

Si () ¿Por qué? _____

No () ¿Por qué? _____

65. ¿Durante el día en que momento cree usted que una persona debe lavarse las manos?

Al Levantarse() Después de ir al baño() Antes de comer() Antes de cocinar ()

Cada que se ensucia() A cada rato()

66. ¿Qué enfermedades afectan con mayor frecuencia a los niños y adultos de su familia y cómo se tratan?

Enfermedad	Niños	Adultos	Tratamiento	
			casero	Posta médica, hosp. o médico particular
Ninguna				
Diarreicas				
Infecciones				
Tuberculosis				
Parasitosis				
A la piel				
A los ojos				
Otros				

67. ¿Participaría en la ejecución de un proyecto para mejorar y /o ampliar el servicio de agua potable y desagüe?

() Si → ¿Cómo? Mano de obra () Herramientas ()
Materiales de construcción () Sólo en reuniones ()
Dinero () Otros _____

() No → ¿Por qué? _____

68. ¿Cómo se elimina la basura en su vivienda?

Por recolector municipal() Enterrado() En botadero()
Quemado() Otro (especifique) _____

69. ¿Con qué frecuencia elimina la basura de su vivienda?

Diaria () 2 veces a la semana () Cada 2 días () 1 vez a la semana ()

70. ¿Cuánto paga al mes por el servicio de recolección de basura? _____

71. Medios de comunicación que usa la familia con mayor frecuencia

Radio		Diarios y Revistas		Canal de T.V.	
Emisora	Horario		Frecuencia	Canal	Horario

G. ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL

72. ¿Existe una Junta Vecinal? sí () no () Si es no, pasar a la pregunta N° 74

73. ¿Cómo participa usted en la Junta Vecinal local? _____

74. ¿Qué organizaciones de los vecinos (comunidad) existen en la ciudad? Nombre las 3 más importantes en su consideración:

Organizaciones	Actividades que realizan	Lideres

75. ¿Qué organizaciones en la ciudad; realizan actividades de educación sobre higiene, salud o educación ambiental?

Organizaciones	Actividades que realizan en educación sobre higiene, salud, educación ambiental

76. ¿Por qué cree que no existen organizaciones vecinales en su Barrio?

H. CONCIENCIA AMBIENTAL

77. ¿Cree usted que el agua escaseará algún día? Sí () No () No sabe ()

78. Cuando una persona arroja basura:
Se contamina () No se contamina () No sabe/ No opina ()


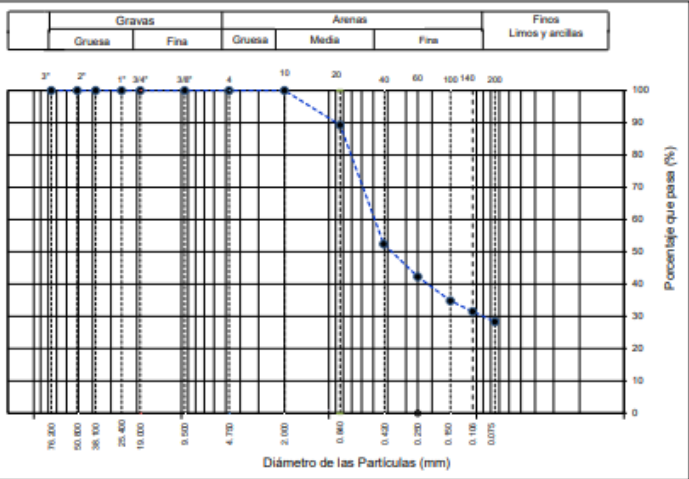
79. ¿Qué es el agua?
La fuente de la vida () Sin el agua no se puede vivir () Me sirve para cocinar, lavar etc. ()
Es solo agua () No sabe () Otro ()


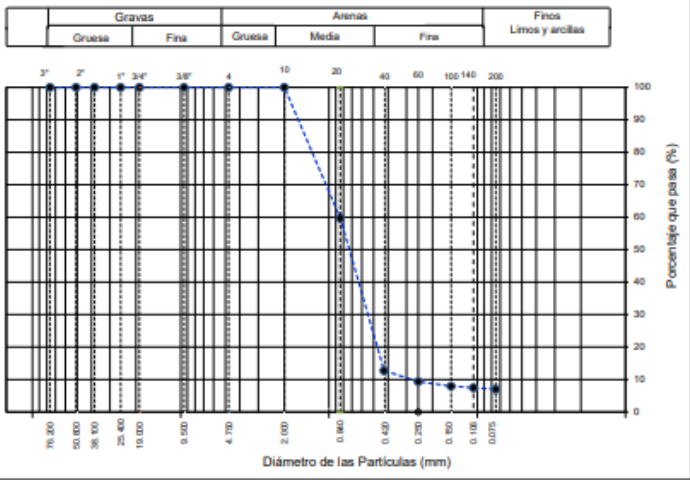

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

LUGAR: Urb. Los Angeles, Calatzechi, San Martín
 REALIZADA POR: Jairo Diego Saracho Linares

PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS		FECHA	HORA	NÚMERO DE MUESTRA	PROCEDENCIA	DESCRIPCIÓN
	Norte/Sur	Este/Oeste					
Q-01	9284493	342288	01/07 2023	08:00 am	M-01	Pozo tubular de agua subterránea Urb. Los Angeles	- Tiempo de recorrido del agua 24 minutos.
Q-01	9284493	342288	01/07 2023	09:00 am	M-02	Pozo tubular de agua subterránea Urb. Los Angeles	- Tiempo de recorrido del agua 18 minutos.
Q-01	9284493	342288	01/07 2023	10:00 am	M-03	Pozo tubular de agua subterránea Urb. Los Angeles	- Tiempo de recorrido del agua 12 minutos.
Q-01	9284493	342288	01/07 2023	11:00 am	M-04	Pozo tubular de agua subterránea Urb. Los Angeles	- Tiempo de recorrido del agua 50 minutos.
Q-01	9284493	342288	01/07 2023	12:00 pm	M-05	Pozo tubular de agua subterránea Urb. Los Angeles	- Tiempo de recorrido del agua 25 minutos.
Q-01	9284493	342288	01/07 2023	01:00 pm	M-06	Pozo tubular de agua subterránea Urb. Los Angeles	- Tiempo de recorrido del agua 20 minutos.

Anexo D: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ZEOLITA CLINOPTILOLITA:

	INFORME		Código	CS-SUCS-35																																																																
	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS		Versión	01																																																																
			Fecha																																																																	
			Página	1 de 1																																																																
Proyecto	: Eficiencia de la zeolita (CLINOPTILOLITA) para remoción de hierro y sulfatos de agua subterránea en la urbanización Los Angeles. Cacatachi, San Martín.																																																																			
Solicitante	: Juan Diego Saravia Linarez.	Muestreado por	: O. Pezo																																																																	
Cliente	: Juan Diego Saravia Linarez.	Ensayado por	: J. Pezo																																																																	
Ubicación de Proyecto	: Cacatachi, San Martín, Perú.	Fecha de Ensayo	: 30/06/2023																																																																	
Material	: ZEOLITA (CLINOPTILOLITA)	Turno	: Diurno																																																																	
Código de Muestra	: ---	Profundidad	:																																																																	
Sondaje / Calicata	: ---	Norte	:																																																																	
Nº de Muestra	: M-01	Este	:																																																																	
Progresiva	: ---	Cota	:																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913</th> </tr> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA</th> <th>ESPECIFIC. GRAD "B"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.200</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.800</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.100</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.400</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.000</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.500</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 4</td><td>4.750</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 10</td><td>2.000</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 20</td><td>0.840</td><td>89.3</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 40</td><td>0.425</td><td>52.4</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 60</td><td>0.250</td><td>42.3</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 100</td><td>0.150</td><td>34.8</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 140</td><td>0.106</td><td>31.5</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 200</td><td>0.075</td><td>28.4</td><td></td></tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913				TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC. GRAD "B"	3"	76.200	100.0		2"	50.800	100.0		1 1/2"	38.100	100.0		1"	25.400	100.0		3/4"	19.000	100.0		3/8"	9.500	100.0		Nº 4	4.750	100.0		Nº 10	2.000	100.0		Nº 20	0.840	89.3		Nº 40	0.425	52.4		Nº 60	0.250	42.3		Nº 100	0.150	34.8		Nº 140	0.106	31.5		Nº 200	0.075	28.4	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913																																																																				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC. GRAD "B"																																																																	
3"	76.200	100.0																																																																		
2"	50.800	100.0																																																																		
1 1/2"	38.100	100.0																																																																		
1"	25.400	100.0																																																																		
3/4"	19.000	100.0																																																																		
3/8"	9.500	100.0																																																																		
Nº 4	4.750	100.0																																																																		
Nº 10	2.000	100.0																																																																		
Nº 20	0.840	89.3																																																																		
Nº 40	0.425	52.4																																																																		
Nº 60	0.250	42.3																																																																		
Nº 100	0.150	34.8																																																																		
Nº 140	0.106	31.5																																																																		
Nº 200	0.075	28.4																																																																		
																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MÉTODO DE SECADO</td> <td>Horno a 110 +/- 5°C</td> </tr> <tr> <td>MÉTODO DE REPORTE</td> <td>"B"</td> </tr> <tr> <td>MATERIALES EXCLUIDOS</td> <td>Ninguno</td> </tr> </tbody> </table>					CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C	MÉTODO DE REPORTE	"B"	MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno																																																						
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216																																																																				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)																																																																				
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C																																																																			
MÉTODO DE REPORTE	"B"																																																																			
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NOTAS SOBRE LA MUESTRA</td> <td>Muestra ensayada en laboratorio de PEZO CC SAC.</td> </tr> </tbody> </table>					CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL		NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Muestra ensayada en laboratorio de PEZO CC SAC.																																																												
CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL																																																																				
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Muestra ensayada en laboratorio de PEZO CC SAC.																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA</td> <td>cada al horno a 110 +/- 5°</td> </tr> <tr> <td>PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO</td> <td>tamizado integral</td> </tr> <tr> <td>TAMIZ SEPARADOR</td> <td>Ninguno</td> </tr> <tr> <td>MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS</td> <td>"B"</td> </tr> </tbody> </table>					PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA		PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	cada al horno a 110 +/- 5°	PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral	TAMIZ SEPARADOR	Ninguno	MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"																																																						
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA																																																																				
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	cada al horno a 110 +/- 5°																																																																			
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral																																																																			
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno																																																																			
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRÁFICO DE FLUIDEZ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% HUMEDAD</td> <td>R² = #N/A</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Numero Golpes</td> </tr> </tbody> </table>					GRÁFICO DE FLUIDEZ		% HUMEDAD	R ² = #N/A	Numero Golpes																																																											
GRÁFICO DE FLUIDEZ																																																																				
% HUMEDAD	R ² = #N/A																																																																			
Numero Golpes																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO</td> <td>N.P.</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO</td> <td>Multipunto</td> </tr> </tbody> </table>					LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		LÍMITE LÍQUIDO	N.P.	LÍMITE PLÁSTICO	0	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0	ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)		ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)		MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto																																																		
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318																																																																				
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.																																																																			
LÍMITE PLÁSTICO	0																																																																			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0																																																																			
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)																																																																				
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)																																																																				
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %</td> <td>71.6</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %</td> <td>28.4</td> </tr> </tbody> </table>					COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS		CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0	CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	71.6	CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	28.4																																																								
COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS																																																																				
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0																																																																			
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	71.6																																																																			
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	28.4																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CLASIFICACIÓN DEL SUELO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)</td> <td>SM</td> </tr> <tr> <td>CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)</td> <td>A-2-4 (0)</td> </tr> <tr> <td>NOMBRE DEL GRUPO</td> <td>Arena limosa</td> </tr> </tbody> </table>					CLASIFICACIÓN DEL SUELO		CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SM	CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)	NOMBRE DEL GRUPO	Arena limosa																																																								
CLASIFICACIÓN DEL SUELO																																																																				
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SM																																																																			
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)																																																																			
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limosa																																																																			

	INFORME		Código	CS-SUCS-36																																																											
	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS		Versión	01																																																											
			Fecha																																																												
			Página	1 de 1																																																											
Proyecto	: Eficiencia de la ceolita (CLINOPTILOLITA) para remoción de hierro y sulfatos de agua subterránea en la urbanización Los Angeles. Cacatachi, San Martín.																																																														
Solicitante	: Juan Diego Saravia Linarez.		Muestreado por	: O. Pezo																																																											
Cliente	: Juan Diego Saravia Linarez.		Ensayado por	: J. Pezo																																																											
Ubicación de Proyecto	: Cacatachi, San Martín, Perú.		Fecha de Ensayo	: 30/06/2023																																																											
Material	: CEOLITA (CLINOPTILOLITA)		Turno	: Diurno																																																											
Código de Muestra	: ---	Profundidad:																																																													
Sondaje / Calicata	: ---	Norte:																																																													
Nº de Muestra	: M-02	Este:																																																													
Progresiva	: ---	Cota:																																																													
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA</th> <th>ESPECIFIC. GRAD "B"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.200</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.800</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.100</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.400</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.000</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.500</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 4</td><td>4.750</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 10</td><td>2.000</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 20</td><td>0.840</td><td>59.7</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 40</td><td>0.425</td><td>12.7</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 60</td><td>0.250</td><td>9.4</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 100</td><td>0.150</td><td>7.9</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 140</td><td>0.106</td><td>7.5</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 200</td><td>0.075</td><td>7.0</td><td></td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC. GRAD "B"	3"	76.200	100.0		2"	50.800	100.0		1 1/2"	38.100	100.0		1"	25.400	100.0		3/4"	19.000	100.0		3/8"	9.500	100.0		Nº 4	4.750	100.0		Nº 10	2.000	100.0		Nº 20	0.840	59.7		Nº 40	0.425	12.7		Nº 60	0.250	9.4		Nº 100	0.150	7.9		Nº 140	0.106	7.5		Nº 200	0.075	7.0				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC. GRAD "B"																																																												
3"	76.200	100.0																																																													
2"	50.800	100.0																																																													
1 1/2"	38.100	100.0																																																													
1"	25.400	100.0																																																													
3/4"	19.000	100.0																																																													
3/8"	9.500	100.0																																																													
Nº 4	4.750	100.0																																																													
Nº 10	2.000	100.0																																																													
Nº 20	0.840	59.7																																																													
Nº 40	0.425	12.7																																																													
Nº 60	0.250	9.4																																																													
Nº 100	0.150	7.9																																																													
Nº 140	0.106	7.5																																																													
Nº 200	0.075	7.0																																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216		CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL																																																													
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		NOTAS SOBRE LA MUESTRA																																																													
MÉTODO DE SECADO		Muestra ensayada en laboratorio de PEZO CC SAC.																																																													
MÉTODO DE REPORTE																																																															
MATERIALES EXCLUIDOS																																																															
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA																																																															
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO																																																															
TAMIZ SEPARADOR																																																															
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS																																																															
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		GRÁFICO DE FLUIDEZ																																																													
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.																																																														
LÍMITE PLÁSTICO	0																																																														
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0																																																														
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)																																																															
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)																																																															
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto	CLASIFICACIÓN DEL SUELO																																																													
COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS		CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)																																																													
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0	SP - SM																																																													
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	93.0	CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)																																																													
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	7.0	A-2-4 (1)																																																													
		NOMBRE DEL GRUPO																																																													
		Arena pobremente gradada con limo																																																													



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 3107 - 2022

Página : 1 de 1

Expediente : T 579-2022
Fecha de Emisión : 2022-10-04

1. Solicitante : PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.
Dirección : P.J. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 2 pulg
Diámetro de Tamiz : 8 pulg
Marca : ORION
Serie : NO INDICA
Material : ACERO
Color : PLATEADO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
P.J. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN
03 - OCTUBRE - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

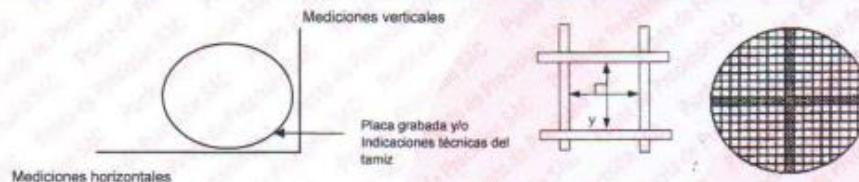
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,3	26,3
Humedad %	58	58

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estándar encontrada no excede a la desviación estándar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										(*)				
mm										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
										mm	mm	mm	mm	mm
50,56	50,58	50,38	51,03	50,48	50,47	50,56	50,57	50,51	50,47	50,56	50,00	0,56	-	0,149
50,48	50,58	50,52	50,58											



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Koayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



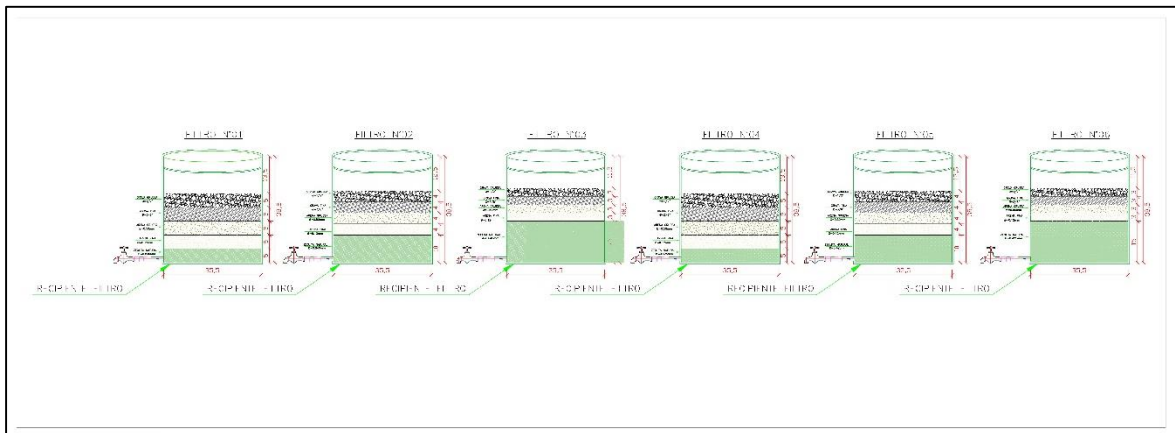
Anexo E: DISEÑO DE FILTROS:

Figura 13
Vista de perfil de Filtros de Zeolita clinoptilolita

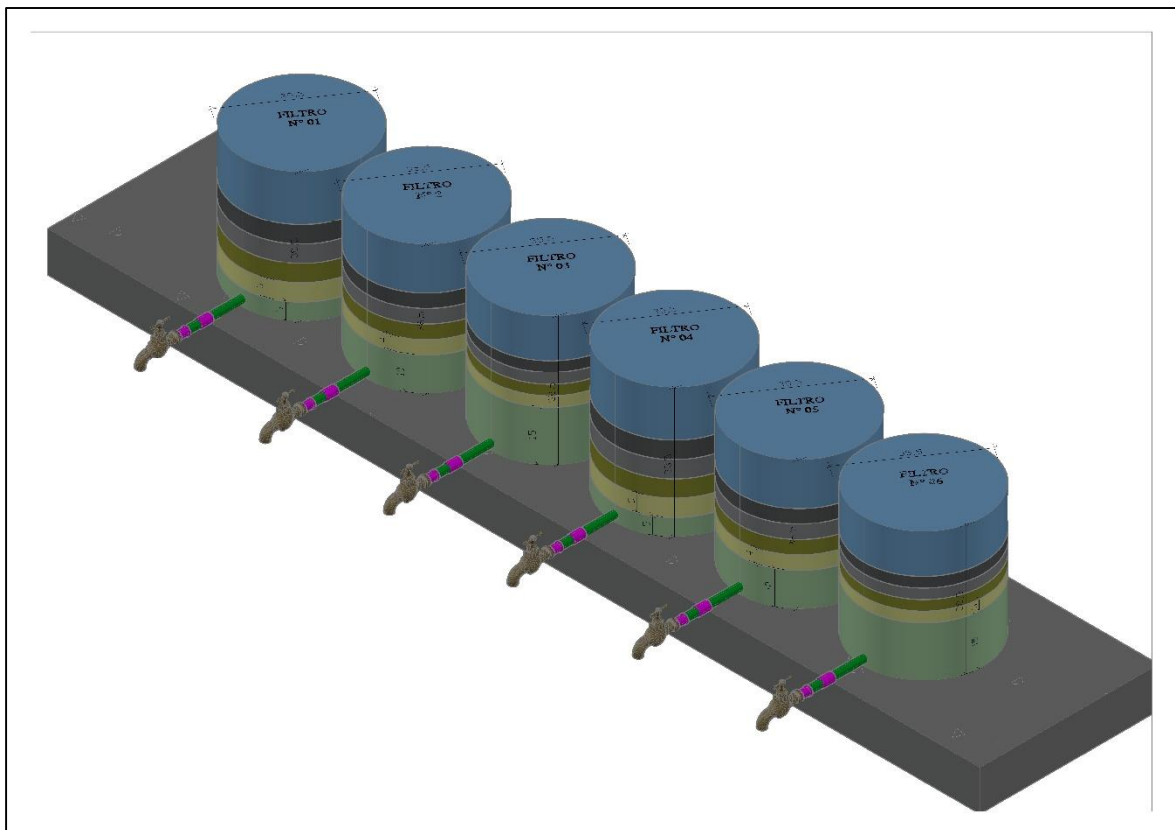


Figura 14
Vista isométrica de Filtros de Zeolita clinoptilolita

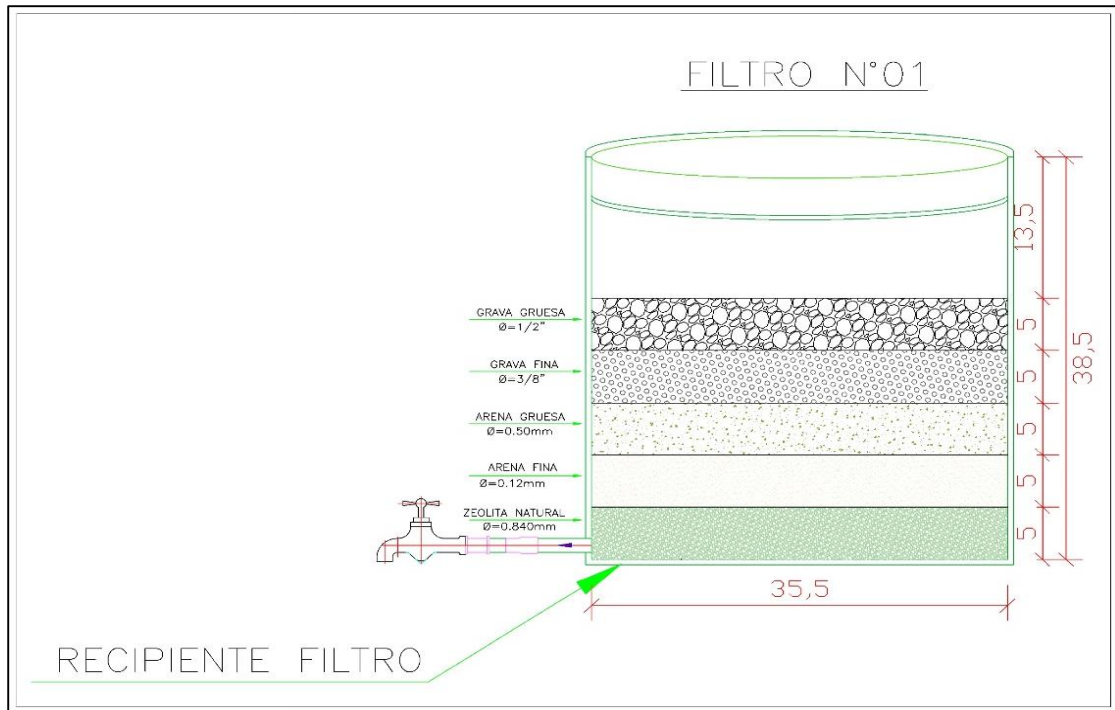


Figura 15
Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°01

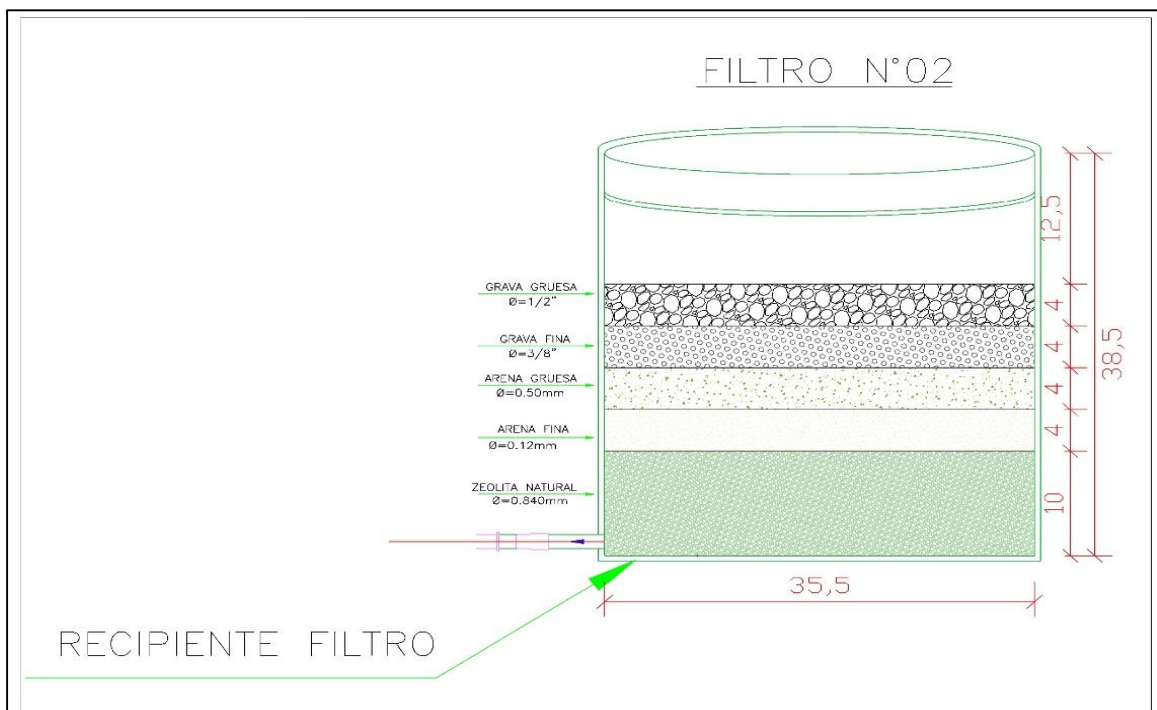


Figura 16
Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°02

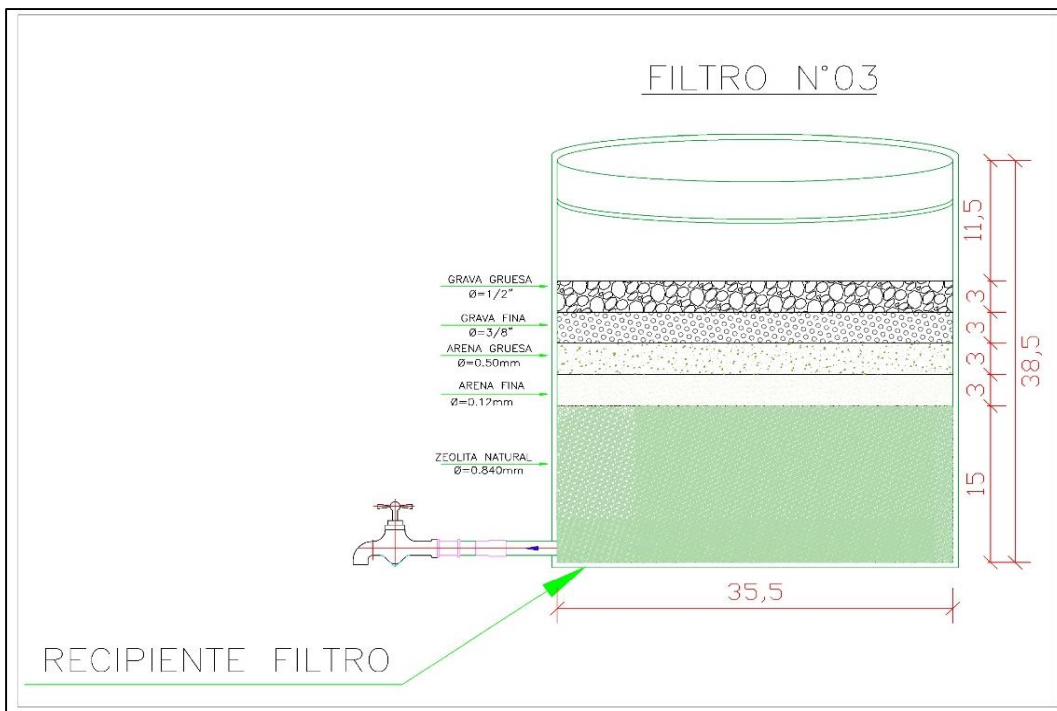


Figura 17
Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°03

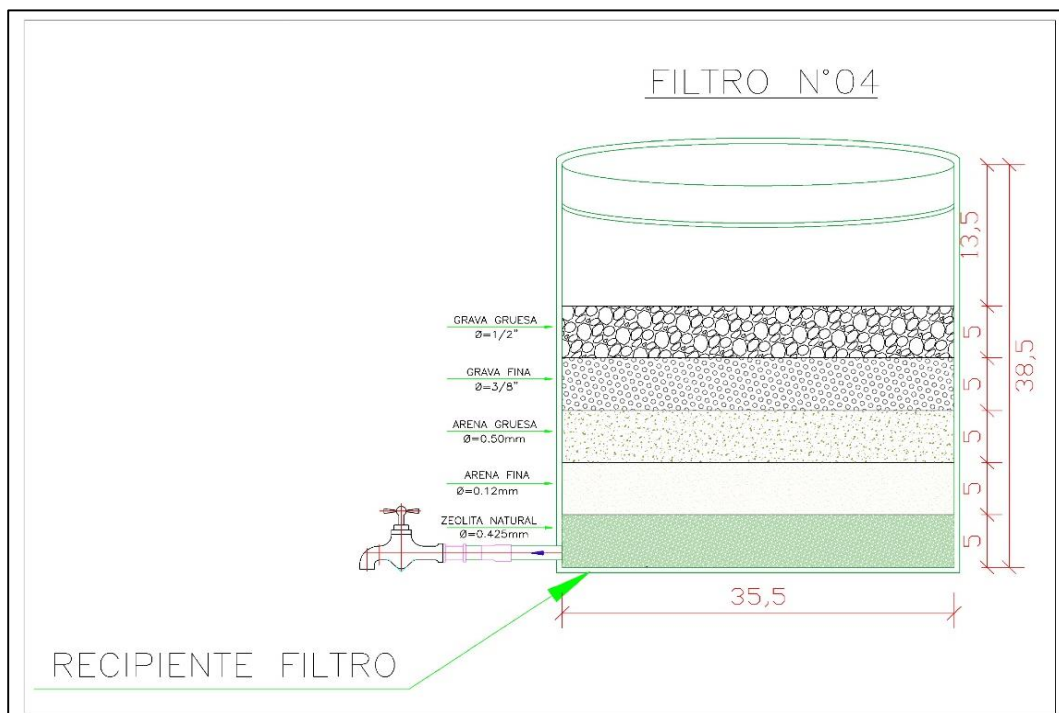


Figura 18
Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°04

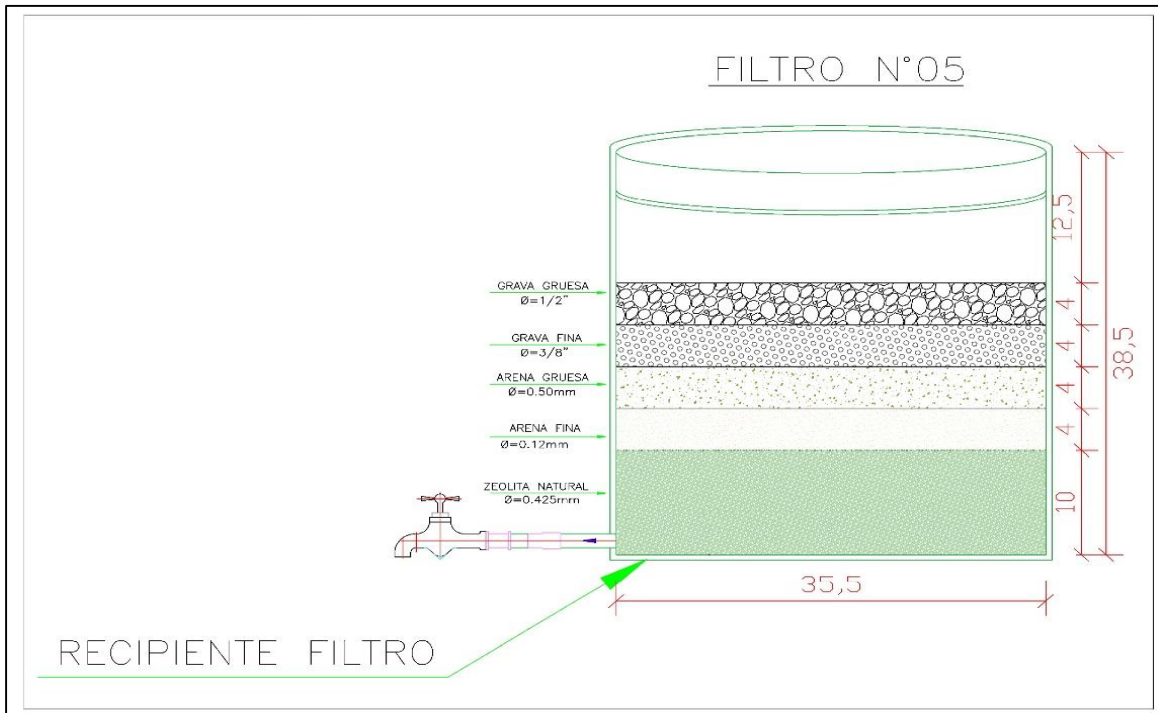


Figura 19
Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°05

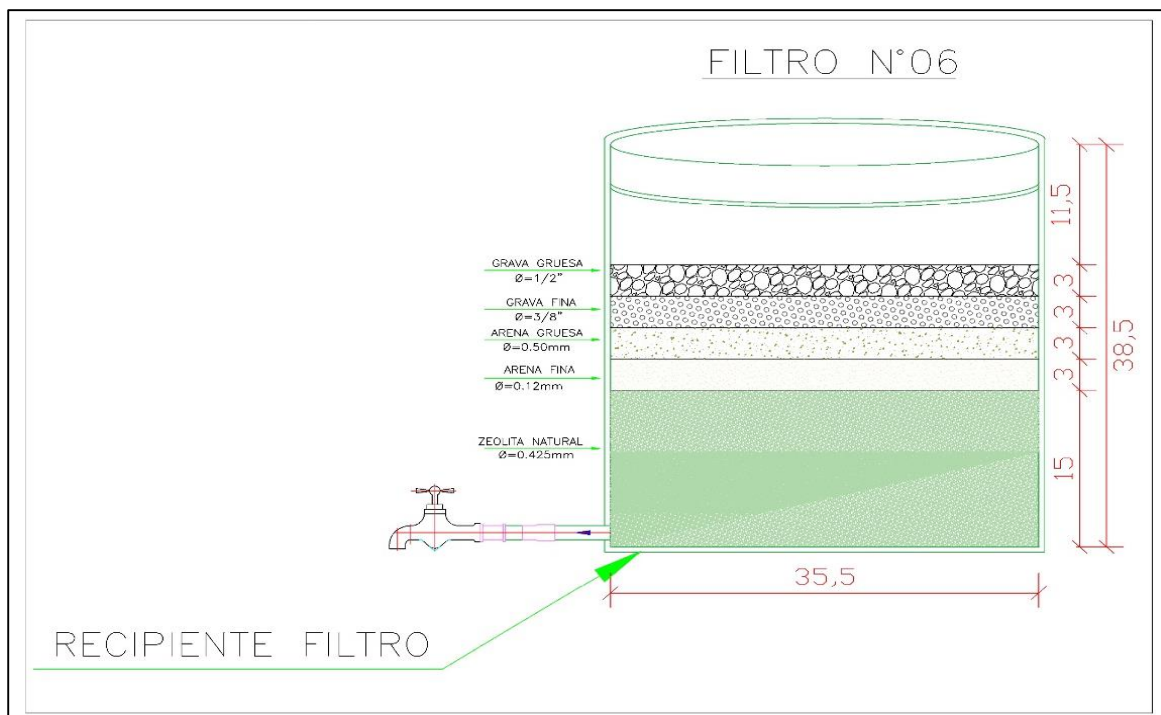


Figura 20
Diseño de Filtro de Zeolita clinoptilolita N°06

Anexo F: RESULTADOS DE CALIDAD DEL AGUA:



PACIFIC CONTROL
Your eyes everywhere

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE-074

INFORME DE ENSAYO
N° 220015734/2023

Cliente: Juan Diego Saravia Linares

Domicilio legal del cliente: Moyobamba-San Martín **CMA:** CMA2023/5734

Producto declarado: Agua Natural / Agua Subterránea

Número de Muestras: 01

Proyecto: Eficiencia de Zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.

Procedencia: Los Ángeles-Cacatachi-San Martín

Presentación muestra: Frasco de Plástico 1 L (Refrigerado)

Muestreado por: Cliente

Procedimiento de muestreo: N.A

Plan de muestreo: N.A

Fecha y hora de muestreo: 10/06/2023 - 09:40 h

Coordenadas: 18M 342288 E 9284493 N

Punto de muestreo: MUESTRA INICIAL / FUENTE AGUA SUBTERRÁNEA LOS ÁNGELES.

Fecha de recepción de la muestra: 12/06/2023

Código de Muestra: 220015734

Fecha de inicio de análisis: 12/06/2023

Fecha de término de análisis: 15/06/2023

Fecha de emisión: 16/06/2023

Página 1 de 1

Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro	0.003	mg/L	0.41
Sulfatos	2.0	mg SO4 /L	548



Quim. Cefino Yahuaña Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL S.A.C



EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
PR-13-15-01 / V03, 2022.03.30

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout as the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control S.A.C.
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanaville Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
Phone central: (+511) 660 2323

JE/CYP/CYP



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INFORME DE ENSAYO
N° 220015735/2023

Cliente: Juan Diego Saravia Linares
Domicilio legal del cliente: Moyobamba-San Martín **CMA:** CMA2023/5735

Producto declarado: Agua Natural / Agua Subterránea
Número de Muestras: 01
Proyecto: Eficiencia de Zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.
Procedencia: Los Ángeles-Cacatachi-San Martín
Presentación muestra: Frasco de Plástico 1 L (Refrigerado).
Muestreado por: Cliente
Procedimiento de muestreo: N.A
Plan de muestreo: N.A
Fecha y hora de muestreo: 01/07/2023 - 09:50 h
Coordenadas: 18M 342288 E 9284493 N
Punto de muestreo: P-01/ FILTRO 1 / FUENTE AGUA SUBTERRÁNEA LOS ÁNGELES.
Fecha de recepción de la muestra: 03/07/2023
Código de Muestra: 220015735
Fecha de inicio de análisis: 03/07/2023
Fecha de término de análisis: 06/07/2023
Fecha de emisión: 07/07/2023

Página 1 de 1

Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro	0.003	mg/L	0.19
Sulfatos	2.0	mg SO4 /L	220




Quim. Cefino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL S.A.C



*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO
SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento solo están con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V03, 2022.03.30

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association
representing independent testing,
inspection and certification companies.



Pacific Control S.A.C.
Panamericana Sur Km 23.5- Santa
Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 -
Villa el Salvador
Phone central: (+511) 660 2323

JECYP/CYP



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INFORME DE ENSAYO
N° 220015736/2023

Cliente: Juan Diego Saravia Linares

Domicilio legal del cliente: Moyobamba-San Martín

CMA: CMA2023/5736

Producto declarado: Agua Natural / Agua Subterránea
Número de Muestras: 01
Proyecto: Eficiencia de Zeolita (Clínoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.
Procedencia: Los Ángeles-Cacatachi-San Martín
Presentación muestra: Frasco de Plástico 1 L (Refrigerado)
Muestreado por: Cliente
Procedimiento de muestreo: N.A
Plan de muestreo: N.A
Fecha y hora de muestreo: 01/07/2023 - 09:57 h
Coordenadas: 18M 342288 E 9284493 N
Punto de muestreo: P-02/ FILTRO 2 / FUENTE AGUA SUBTERRÁNEA LOS ÁNGELES.
Fecha de recepción de la muestra: 03/07/2023
Código de Muestra: 220015736
Fecha de inicio de análisis: 03/07/2023
Fecha de término de análisis: 06/07/2023
Fecha de emisión: 07/07/2023

Página 1 de 1

Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro	0.003	mg/L	0.21
Sulfatos	2.0	mg SO ₄ /L	225



Cefino Yahuana Palacios
 Quim. Cefino Yahuana Palacios
 Gerente de Laboratorio
 PACIFIC CONTROL S.A.C



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO
SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V03. 2022.03.30

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout os the world

TIC Council is an international association
representing independent testing,
inspection and certification companies.



Pacific Control S.A.C.

Panamericana Sur Km 23.5- Santa
Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 -
Villa el Salvador

Phone central: (+511) 660 2323

JE/CYP/CYP



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INFORME DE ENSAYO
N° 220015737/2023

Cliente: Juan Diego Saravia Linares
Domicilio legal del cliente: Moyobamba-San Martín **CMA:** CMA2023/5737

Producto declarado: Agua Natural / Agua Subterránea
Número de Muestras: 01
Proyecto: Eficiencia de Zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.
Procedencia: Los Ángeles-Cacatachi-San Martín
Presentación muestra: Frasco de Plástico 1 L (Refrigerado)
Muestreado por: Cliente
Procedimiento de muestreo: N.A
Plan de muestreo: N.A
Fecha y hora de muestreo: 10/06/2023 - 10:03 h
Coordenadas: 18M 342288 E 9284493 N
Punto de muestreo: P-03/ FILTRO 3 / FUENTE AGUA SUBTERRÁNEA LOS ÁNGELES.
Fecha de recepción de la muestra: 03/07/2023
Código de Muestra: 220015737
Fecha de inicio de análisis: 03/07/2023
Fecha de término de análisis: 06/07/2023
Fecha de emisión: 07/07/2023

Página 1 de 1

Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro	0.003	mg/L	0.20
Sulfatos	2.0	mg SO ₄ /L	223



Quim. Cefino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL S.A.C



*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO
SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V03, 2022.03.30

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association
representing independent testing,
inspection and certification companies.



Pacific Control S.A.C.
Panamericana Sur Km 23.5- Santa
Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 -
Villa el Salvador
Phone central: (+511) 660 2323

JE/CYP/CYP



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INFORME DE ENSAYO
N° 220015738/2023

Cliente: Juan Diego Saravia Linares

Domicilio legal del cliente: Moyobamba-San Martín

CMA: CMA2023/5738

Producto declarado: Agua Natural / Agua Subterránea
Número de Muestras: 01
Proyecto: Eficiencia de Zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.
Procedencia: Los Ángeles-Cacatachi-San Martín
Presentación muestra: Frasco de Plástico 1 L (Refrigerado)
Muestreado por: Cliente
Procedimiento de muestreo: N.A.
Plan de muestreo: N.A.
Fecha y hora de muestreo: 01/07/2023 - 10:12 h
Coordenadas: 18M 342288 E 9284493 N
Punto de muestreo: P-04/ FILTRO 4 / FUENTE AGUA SUBTERRÁNEA LOS ÁNGELES.
Fecha de recepción de la muestra: 03/07/2023
Código de Muestra: 220015738
Fecha de inicio de análisis: 03/07/2023
Fecha de término de análisis: 06/07/2023
Fecha de emisión: 07/07/2023

Página 1 de 1

Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro	0.003	mg/L	0.23
Sulfatos	2.0	mg SO4 /L	227



[Signature]
Quim. Cejino Yahuaña Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL S.A.C



*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO
SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*

No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V03. 2022.03.30

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control S.A.C.

Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Phone central: (+511) 660 2323

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

JE/CYP/CYP



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INFORME DE ENSAYO
N° 220015739/2023

Cliente: Juan Diego Saravia Linares

Domicilio legal del cliente: Moyobamba-San Martín

CMA: CMA2023/5739

Producto declarado: Agua Natural / Agua Subterránea
Número de Muestras: 01
Proyecto: Eficiencia de Zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.
Procedencia: Los Ángeles-Cacatachi-San Martín
Presentación muestra: Frasco de Plástico 1 L (Refrigerado)
Muestreado por: Cliente
Procedimiento de muestreo: N.A
Plan de muestreo: N.A
Fecha y hora de muestreo: 01/07/2023 - 10:22 h
Coordenadas: 18M 342288 E 9284493 N
Punto de muestreo: P-05/ FILTRO 5 / MUESTRA INICIAL / FUENTE AGUA SUBTERRÁNEA LOS ÁNGELES.
Fecha de recepción de la muestra: 03/07/2023
Código de Muestra: 220015739
Fecha de inicio de análisis: 03/07/2023
Fecha de término de análisis: 06/07/2023
Fecha de emisión: 07/07/2023

Página 1 de 1

Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro	0.003	mg/L	0.25
Sulfatos	2.0	mg SO4 /L	233



Quim. Cefino Yahuana Palacios
 Gerente de Laboratorio
 PACIFIC CONTROL S.A.C



*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO
SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V03, 2022.03.30

Our general terms and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association
representing independent testing,
inspection and certification companies.



Pacific Control S.A.C.
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
Phone central: (+511) 660 2323

JE/CYP/CYP



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INFORME DE ENSAYO
N° 220015740/2023

Cliente: Juan Diego Saravia Linares
Domicilio legal del cliente: Moyobamba-San Martín **CMA:** CMA2023/5740

Producto declarado: Agua Natural / Agua Subterránea
Número de Muestras: 01
Proyecto: Eficiencia de Zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín.
Procedencia: Los Ángeles-Cacatachi-San Martín
Presentación muestra: Frasco de Plástico 1 L (Refrigerado)
Muestreado por: Cliente
Procedimiento de muestreo: N.A
Plan de muestreo: N.A
Fecha y hora de muestreo: 01/07/2023 - 10:30 h
Coordenadas: 18M 342288 E 9284493 N
Punto de muestreo: P-06/ FILTRO 6 / MUESTRA INICIAL / FUENTE AGUA SUBTERRÁNEA LOS ÁNGELES.
Fecha de recepción de la muestra: 03/07/2023
Código de Muestra: 220015740
Fecha de inicio de análisis: 03/07/2023
Fecha de término de análisis: 06/07/2023
Fecha de emisión: 07/07/2023

Página 1 de 1

Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro	0.003	mg/L	0.22
Sulfatos	2.0	mg SO4 /L	226



Quim. Cefino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL S.A.C



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO
SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V03, 2022.03.30

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout os the world

TIC Council is an international association
representing independent testing,
inspection and certification companies.



Pacific Control S.A.C.
Panamericana Sur Km 23.5- Santa
Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 -
Villa el Salvador
Phone central: (+511) 660 2323

JE/CYP/CYP

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

**PACIFIC CONTROL, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE,
LABORATORIOS Y CERTIFICACIONES S.A.C. -
PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.**

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Panamericana Sur Km 23.5 - Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08, distrito de Villa el Salvador, provincia y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP- ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 08 de diciembre de 2020
Fecha de Vencimiento: 07 de diciembre de 2024



Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA Alejandra FAU
20600283015 soft
Fecha: 2020.12.30 18:11:58
Motivo: Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRÍGUEZ ALEGRÍA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0509-2020-INACAL/DA
Contrato N° : 041-2020/INACAL DA
Registro N° : 1E-074

Fecha de emisión: 30 de diciembre de 2020

El presente certificado tiene validez con una vigencia limitada a la información contenida en el mismo. No es válido para otros fines que los contemplados en el alcance de la acreditación otorgada. La autoridad responsable de la emisión es el Director de Acreditación del INACAL. Este documento es propiedad de INACAL. Toda reproducción o uso no autorizado sin el consentimiento escrito de INACAL puede ser sancionado. La Dirección de Acreditación del INACAL es el organismo responsable de la emisión de este certificado. Toda reproducción o uso no autorizado sin el consentimiento escrito de INACAL puede ser sancionado. La Dirección de Acreditación del INACAL es el organismo responsable de la emisión de este certificado. Toda reproducción o uso no autorizado sin el consentimiento escrito de INACAL puede ser sancionado.

EPS MOYOBAMBA S.A.



“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

INFORME DE ENSAYO N°077-2023-EPS-M/OAC

Solicitante : Juan Diego Saravia Linares
 Proyecto : “Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín”
 Punto de Muestreo : Pozo Tubular Urb. Los Ángeles (Subterránea)
 Número de Muestra : 01 unidad de 600 ml (Frasco de Plástico)
 Fecha Toma Muestra : 18/12/2023
 Hora Toma Muestra : 11:30 a.m.
 Muestreado : Por el Solicitante
 Fecha de Emisión : 19/12/2023

RESULTADOS DE ENSAYO DE HIERRO Y SULFATOS

ÍTEM	PARÁMETROS	UNIDAD	LMP	RESULTADOS
01	Hierro	mg Fe L-1	0,30	0,38
02	Sulfatos	mg SO4 L-1	250	522



S. López Ch
Ing. Cco. Samuel López Charvar
 JEFE DPTO. CONTROL DE CALIDAD

Calle San Lucas Cdra. 1 Urb. Vista Alegre – Moyobamba Telef. (042)-562201-561369
 www.epsmoyobamba.com.pe

Anexo G: FÓRMULAS ESTADÍSTICAS Y MATEMÁTICAS:

1. Para el cálculo del Estadístico t Calculado:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

Donde:

\bar{d} = Promedio de las diferencias

S_d = Desviación estándar de las diferencias

n = Número de muestras

2. Para realizar el cálculo de S_d :

$$S_d = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

Donde:

d_i = Muestra inicial

\bar{d} = Promedio de las diferencias

n = Número de muestras

3. Para el cálculo del % de Eficiencia:

$$\% \text{ Efic. Remoción} = \frac{\text{Concentración}_{\text{entrada}} - \text{Concentración}_{\text{salida}} \times 100}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}}$$

Anexo H: UBICACIÓN DEL PROYECTO:

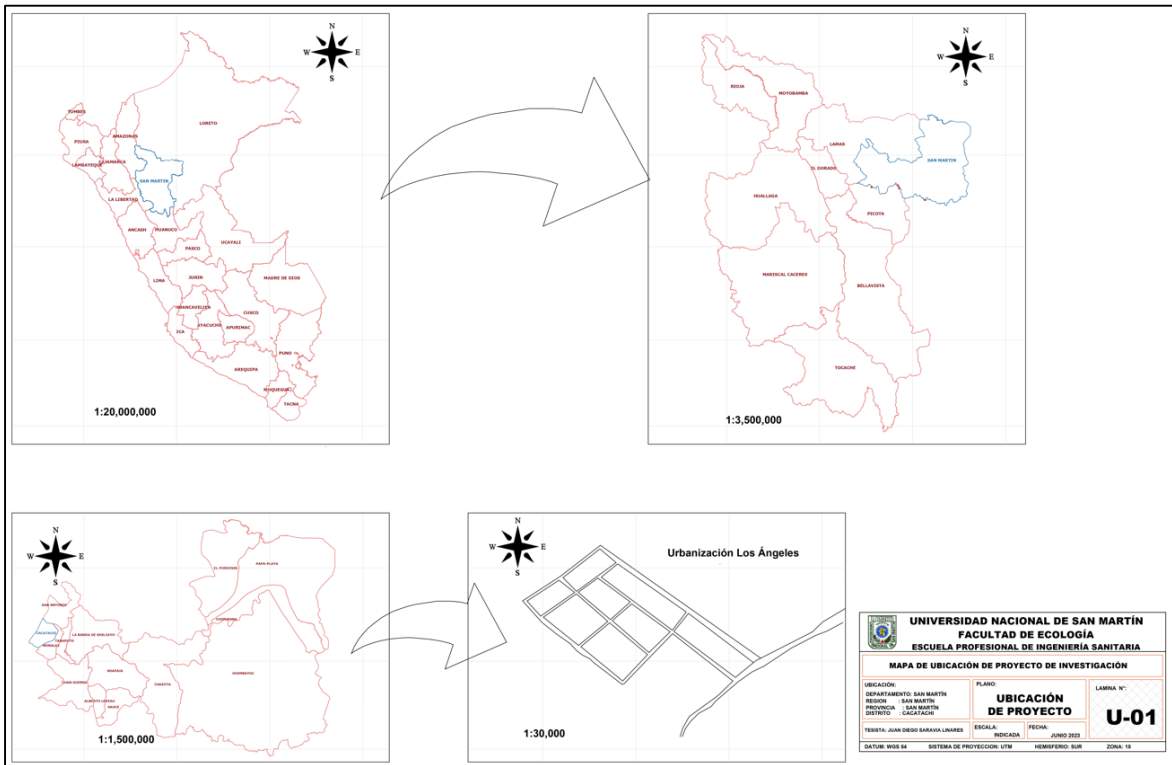


Figura 21
Ubicación del Proyecto

Nota: Fuente: Google Earth Pro (2023)

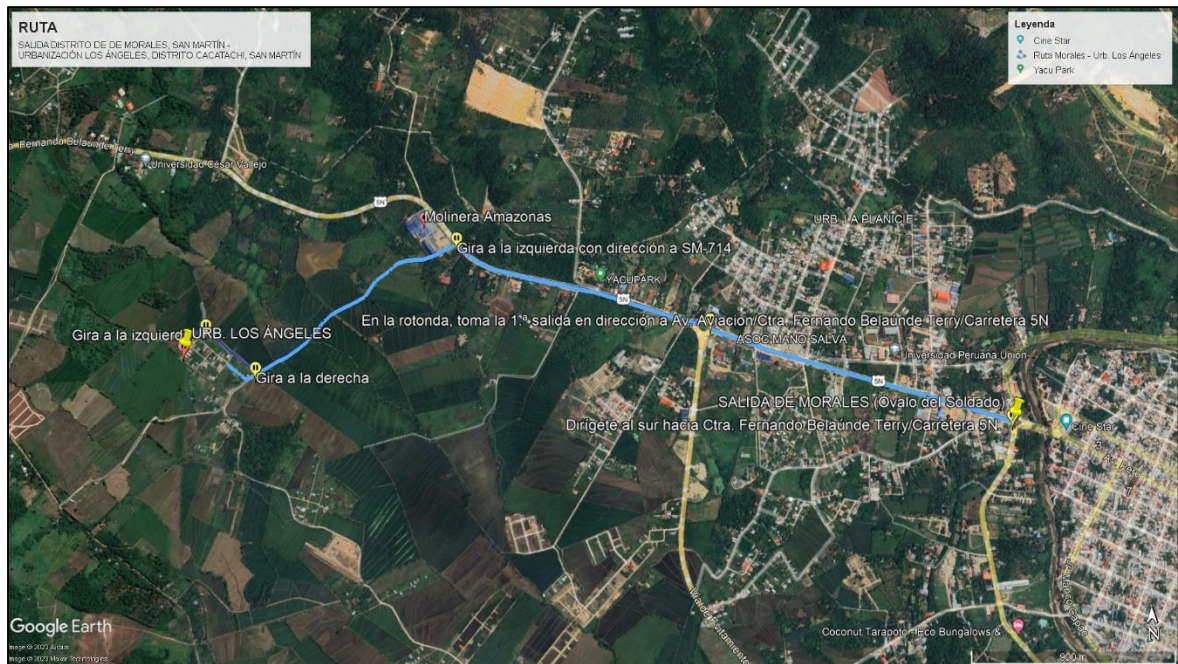


Figura 22
Ruta desde salida de Tarapoto hacia Urbanización Los Ángeles

Anexo I: REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Figura 23
Entrada a Urbanización Los Ángeles



Figura 24
Ubicación de tanque elevado 2500 litros



Figura 25
Ubicación de pozo tubular para bombeo de agua subterránea



Figura 26
Realización de encuesta socioeconómica a pobladores de Urb. Los Ángeles



Figura 27
Envases donde se colocaron los filtros

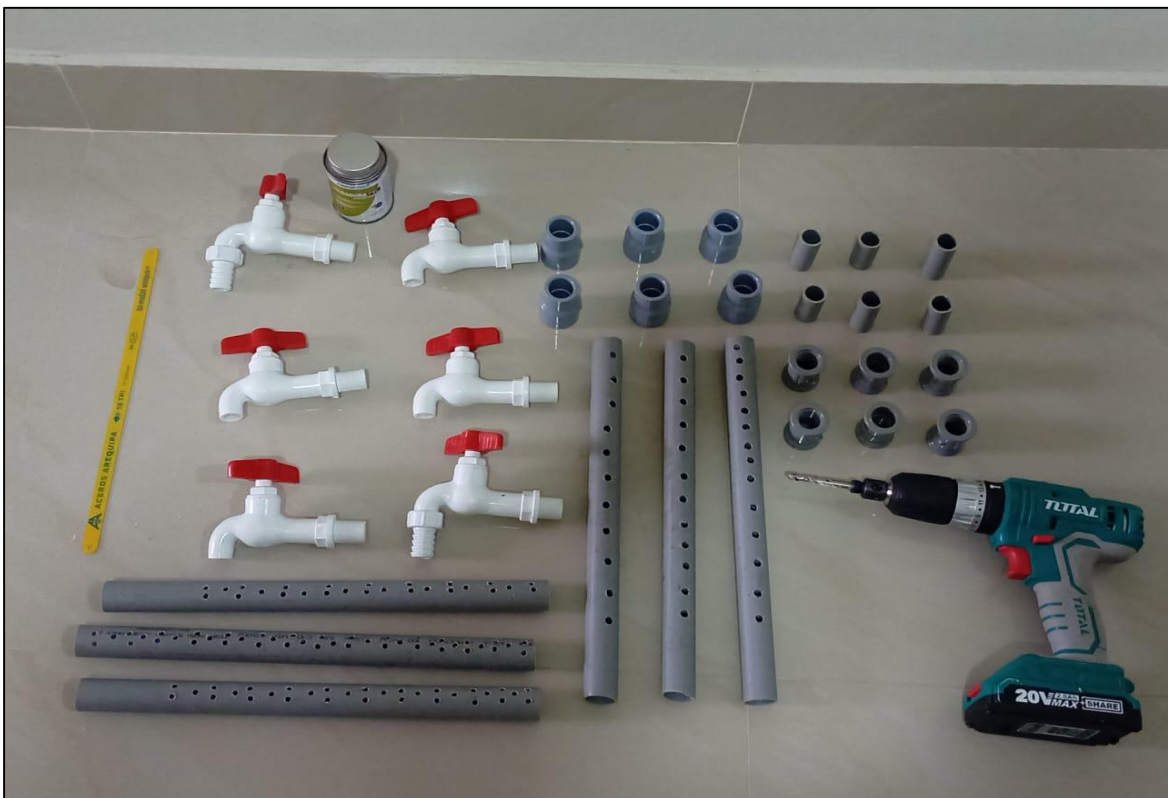


Figura 28
Accesorios que se utilizaron para la elaboración de los filtros



Figura 29
Zeolita de granulometría 0.840 mm y 0.425 mm



Figura 30
Características y presentación de zeolita clinoptilolita



Figura 31
Elaboración de filtros



Figura 32
Vista panorámica de filtros y fuente de agua subterránea



Figura 33

Vista de filtros de zeolita clinoptilolita



Figura 34

Recolección de muestras de agua filtrada

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA 1 FILTRO DE ZEOLITA CLINOPTILOLITA PARA VIVIENDA FAMILIAR (4 Habitantes)				
Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (S/)	Costo Total (S/)
Zeolita Clinoptilolita	1	Saco 23 Kg	250	250
Grava 3/8"	2	Cubo	3.5	7
Grava 1/2"	2	Cubo	3.5	7
Arena 0.5 mm	2	Cubo	3.5	7
Arena 0.12 mm	2	Cubo	3.5	7
Tela de malla fina	2.5	Metro	2	5
Balde de plástico 20 L	1	Unidad	35	35
Tubo PVC 3/4"	1	Metro	3	3
Tubo PVC 1/2"	1	Metro	2	2
Reducción PVC 3/4" a 1/2"	1	Unidad	1.5	1.5
Unión PVC 1/2"	1	Unidad	1	1
Pileta PVC 1/2"	1	Unidad	2.5	2.5
Hoja de sierra	1	Unidad	2	2
Pegamento	1	Unidad	9	9
Taladro con juego de brocas	1	Unidad	200	200
TOTAL (S/)				539

Figura 35

Presupuesto referencial para aplicación de filtro de zeolita clinoptilolita en vivienda

Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín

por Juan Diego Saravia Linares

Fecha de entrega: 13-feb-2024 11:33a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2293896048

Nombre del archivo: ING_SANITARIA_-_Juan_Diego_Saravia_Linares_13-02.docx (15.11M)

Total de palabras: 13844

Total de caracteres: 76139

Eficiencia de zeolita (Clinoptilolita) para remoción de Hierro y Sulfatos de agua subterránea en Urbanización Los Ángeles, Cacatachi, San Martín

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

5

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Nacional de San Martín

Trabajo del estudiante

<1%

7

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1%