



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Remoción de arsénico de aguas subterráneas de consumo humano,
mediante el uso del filtro de arcilla y agregados en el distrito de
Huatta – Puno 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA AMBIENTAL

AUTORA:

León Rodríguez, Lizbeth Jennifer (ORCID: 0000-0003-3329-2321)

ASESORA:

MSc. Suárez Alvites, Haydeé (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA– PERÚ

2021

Dedicatoria:

El trabajo de tesis va dedicado a Dios por darme siempre la sabiduría e inteligencia para poder concluir con mi carrera profesional. A mis padres y hermanos, por el apoyo moral para poder superarme en el ámbito personal y profesionalmente y a mí misma por tener la fuerza y perseverancia para lograr mis objetivos y metas.

Agradecimiento:

A mis progenitores y hermanos por el apoyo incondicional durante el proceso de este trabajo de investigación. A mi asesora, por sus conocimientos y experiencia durante el inicio, proceso y final de la tesis. A la Universidad Cesar Vallejo por la oportunidad de poder obtener el título profesional.

Índice de contenidos

Dedicatoria	i
Agradecimiento.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas.....	iv
Índice de figuras	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variables y operacionalización	16
3.3. Población, muestra y muestreo y unidad de análisis	17
3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimiento de la obtención de datos.....	20
3.6. Método de análisis de datos.....	29
3.7. Aspectos éticos.....	29
IV. RESULTADOS.....	30
V. DISCUSIÓN.....	45
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	50
REFERENCIA.....	51
ANEXOS.....	54

Índice de tablas

Tabla 1. Técnica e instrumento para la obtención de datos	18
Tabla 2. Validación de los instrumentos de recojo de datos	19
Tabla 3. Proporciones de agregados y arcilla para la elaboración de los filtros.....	23
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos antes del tratamiento	26
Tabla 5. Proceso de filtración y cantidad de flujo por hora	27
Tabla 6. Medición de los parámetros fisicoquímicos después del tratamiento.....	28
Tabla 7: Contenido de arsénico en las aguas subterráneas.....	30
Tabla 8: Contenido de arsénico en aguas subterráneas al pasar por filtro de arcilla	31
Tabla 9: Contenido de arsénico en aguas subterráneas al pasar por filtro de arcilla y aserrín	32
Tabla 10: Contenido de arsénico en aguas subterráneas al pasar por filtro de arcilla, aserrín y arena	33
Tabla 11. Arsénico presente en agua subterránea (mg/L) al pasar por un filtro de arcilla.	34
Tabla 12. Arsénico presente en agua subterránea (mg/L) al pasar por un filtro de arcilla + aserrín	34
Tabla 13. Arsénico presente en agua subterránea (mg/L) al pasar por un filtro de arcilla + aserrín + arena	35
Tabla 14. Arsénico removido por el uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)	35
Tabla 15. Análisis de varianza para arsénico removido por el uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L).....	36
Tabla 16. Contenido de arsénico después del uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)	37
Tabla 17. Porcentaje de arsénico removido después del uso de filtros de arcilla y agregados (%)	38
Tabla 18. Valores de prueba.....	39
Tabla 19. Resultados.....	39
Tabla 20. Valores de concentración inicial de arsénico	40
Tabla 21. Resultados	41
Tabla 22. Valores de prueba.....	42
Tabla 23. Resultados.....	42
Tabla 24. Valores de prueba.....	44
Tabla 25. Resultados.....	44
Tabla 26. Operacionalización de variables.....	52

Índice de figuras

Figura 1. Filtro de arcilla	11
Figura 2. Fases del proceso de la investigación.....	20
Figura 3. Mapa de ubicación de área de estudio.....	21
Figura 4. Tamiz N° 20	22
Figura 5. Muestreo de arena en el rio Unucolla (a) y tamizando la arena (b).....	22
Figura 6. Balanza analítica.....	23
Figura 7. Filtro en forma de vasija (a), filtro en forma de disco acoplado a un tubo de 4" y masa de para la elaboración del filtro (c)	24
Figura 8. Proporciones de arcilla y aserrín (a) inicio de la mezcla de arcilla y aserrín (b)	24
Figura 9. Calcinación de filtro en vasija y disco (a), filtro en disco (b) y filtro en vasija (c)	25
Figura 10. Toma de muestra de agua subterránea de la zona de bombeo de SAP Collana I y II.....	26
Figura 11. Proceso de filtración (a y b) y parte externa del filtro (c)	27
Figura 12. Frascos para recolección de muestras (a) y Equipo ICP – MS (b).....	28
Figura 13. Resultado del contenido inicial de arsénico.....	30
Figura 14. Contenido de arsénico al pasar por un filtro de arcilla	31
Figura 15. Contenido de arsénico al pasar por un filtro de arcilla y aserrín.....	32
Figura 16. Contenido de arsénico al pasar por un filtro de arcilla- aserrín y arena.	33
Figura 17. Resumen del Cálculo de promedios en IBM SPSS	34
Figura 18. Arsénico removido por el uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)	36
Figura 19. Contenido de arsénico después del uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)	37
Figura 20. Interpretación de datos	39
Figura 21. Interpretación de datos	41
Figura 22. Interpretación de datos	43
Figura 23. Interpretación de datos	44

Resumen

El agua subterránea es cada vez más utilizada debido a la escasa disponibilidad de agua potable en muchas zonas del departamento de Puno, como es el caso del distrito de Huatta; sin embargo, pueden no tener la calidad requerida por la presencia de metales pesados como es la presencia de arsénico. El objetivo del estudio fue determinar la cantidad de arsénico removido de las aguas subterráneas de consumo humano, al emplear filtros de arcilla y agregados. El estudio es experimental probándose tres filtros teniendo como base la arcilla y como agregados: aserrín y arena, se realizó análisis antes y después del tratamiento de la concentración de arsénico. El análisis estadístico fue descriptivo - inferencial y para probar las hipótesis se utilizó el estadístico de T de Student. Los resultados muestran que se presenta remoción de arsénico; para el filtro de arcilla se removió 0.0528 mg/L, para el filtro de arcilla + aserrín fue 0.0614 y el filtro de arcilla + aserrín + arena fue 0.0570 mg/L. El filtro de arcilla + aserrín, resultó más eficiente demostrando mayor capacidad de adsorción, por otro lado, estadísticamente no existe diferencia significativa entre los tres ($p > 0.05$), mostrándose una similar eficiencia en la remoción del arsénico.

Palabras clave: Agua subterráneas, filtros, arsénico, filtros, arcilla.

Abstract

Groundwater is increasingly used due to the scarce availability of drinking water in many areas of the Puno department, such as the Huatta district; however, they may not have the required quality due to the presence of heavy metals such as the presence of arsenic. The objective of the study was to decide the amount of arsenic removed from groundwater for human consumption, using clay filters and aggregates. The study is experimental, testing three filters based on clay and as aggregates: sawdust and sand. Analysis was performed before and after the arsenic concentration treatment. The statistical analysis was descriptive - inferential and the T – Student statistic was used to test the hypotheses. The results show that arsenic removal occurs; for the clay filter 0.0528 mg/L was removed, for the clay + sawdust filter it was 0.0614 and the clay + sawdust + sand filter was 0.0570 mg/L. The clay + sawdust filter was more efficient, showing greater adsorption capacity, on the other hand, there is no statistically significant difference between the three ($p > 0.05$), showing a similar efficiency in the removal of arsenic.

Keywords: *Groundwater, filters, arsenic, filters, clay.*

I. INTRODUCCIÓN

El acceso a los servicios de agua potable y desagüe, es un problema a nivel mundial, situación que se ve reflejada en países con niveles medios a bajos de PBI. Al respecto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) es la mayor autoridad internacional en materia de salud pública y calidad de agua encabeza los esfuerzos a nivel mundial para prevenir la transmisión de enfermedades, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF (2019), indicó que en el mundo aún hay 2200 millones de personas que no cuentan con acceso de agua potable, 4 200 millones carecen de servicios de saneamiento y 3000 millones no cuentan con instalaciones de lavado de manos; siendo los más afectados las familias de zonas rurales

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), así como el Plan Bicentenario: el Perú hacia el 2021; definen en uno de sus objetivos es garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Entonces, el agua debería de ser salubre y fácilmente accesible para la población mundial. La mejora del abastecimiento del agua y saneamiento es explícitamente un derecho a toda persona acceder de forma gradual y universal al agua potable el cual se menciona en el artículo 7 de la constitución política del Perú.

Las familias al no contar con sistemas de agua potable, acceden a diversas fuentes como ríos, quebradas, lagos y agua subterránea. El consumo de estas aguas las realiza directamente, el único tratamiento empleado consiste en hacer hervir el agua, lo cual no es una técnica adecuada ya que este método no elimina todos los contaminantes, especialmente los metales; sino que además puede concentrarlos y generar consecuencias graves en la salud de la población; además de incrementar costos adicionales por el consumo de energía.

Perú ocupa el puesto vigésimo en disponibilidad hídrica en el mundo, aproximadamente 3.6 millones de peruanos no tienen acceso agua potable (INEI, 2018), de los cuales 2.1 millones habitantes son de zona rural y 1.5 millones, de zona urbana, en el 2019 según (INEI, 2020), Puno tiene acceso a agua potable solo 38.6%. Dada esta situación, el Ministerio de Salud (MINSA) desde el año 2017, declaró estado de emergencia a los distritos Coata, Capachica y Huatta, debido a que las aguas contenían arsénico 0.02 mg/L el cual no cumple con los estándares de calidad ambiental ECA establecidos por el Ministerio del Medio Ambiente (MINAM)

En el distrito de Huata, la mayor parte de la población no tiene acceso a servicios de agua y saneamiento, el agua que llega a los hogares es de mala calidad, ya sea por una desinfección inadecuada o deterioro del sistema, por estas causas la población utiliza soluciones alternativas como agua de pozo para su consumo, Un estudio realizado por la Dirección Regional de Salud (DIRESA) el año 2018 y 2019 indican contaminación microbiológica y por metales como el arsénico y otros donde señalan que el agua no es apto para consumo humano.

Existen diversas tecnologías para tratamiento de aguas con metales pesados, presentan desventajas como: costo alto e inaccesible para la población y generalmente dejan residuos que requieren tratamiento adicional; en ese sentido, es importante implementar una tecnología simple y de fácil manipulación que pueda ser replicada por las familias. La finalidad del trabajo es determinar la cantidad de arsénico removido de las aguas subterránea de consumo humano, empleando filtros de arcilla y agregados; las arcillas tienen la propiedad de adsorción, especialmente las caolinitas que adsorben impurezas metálicas y no metálicas de carga eléctrica contraria al de la arcilla. El empleo de estos filtros, permite solucionar el problema de consumo de agua contaminada en nuestra región, mejorando no solo la calidad de agua sino también la salud de las personas por la eliminación de microorganismos y metales. Es así que se plantea el problemas general: ¿ cuánto es la cantidad de arsénico removido de las aguas subterráneas de consumo humano, al emplear filtros de arcilla y agregados, en el distrito de Huatta, Puno 2021?; y los problemas específicos: ¿Cuánto es la cantidad de arsénico presente de las aguas subterránea en el distrito de Huatta, Puno 2021?; ¿Cuánto es el contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla, en el distrito de Huatta, Puno 2021?; ¿Cuánto es el contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla y aserrín, en el distrito de Huatta, Puno 2021?.

La investigación se justifica teóricamente ya que aportará conocimiento sobre el uso de arcillas para descontaminar específicamente por arsénico que se encuentran en forma natural en agua subterráneas. La Municipalidad de Huatta con apoyo de MINSA (2020) reportan que las aguas del distrito de Huatta, presenta metales pesados, indicando que el arsénico se encuentra en los niveles 0.021 g/L, lo cual indica que está sobrepasando la concentración permitida el cual es 0.01 g/L lo cual indica que es agua contaminada por metales pesados, siendo el arsénico uno de los metales que viene ocasionando problemas de salud a la población. Mientras que las poblaciones rurales no cuentan con

fuentes de agua potable, seguirán abasteciendo de aguas subterráneas, así como de otras fuentes alternativas sin el debido tratamiento; tal como ocurre en el distrito de Huatta en la provincia de Puno. Ante esta situación, es necesario identificar y comprobar técnicas que ayuden en el proceso de descontaminación de las aguas ocasionadas por la presencia de metales pesados.

Por otro lado, para hacer más efectivo el filtro de arcilla, que es una tecnología artesanal económica, en adición, se agregará aserrín y arena fina que constituirá la estructura e incrementará la porosidad. Posteriormente se demostrará la capacidad de remover metales pesados específicamente arsénico y así obtener agua libre del mismo metal, con esto se pretende solucionar el problema del uso de agua no tratada perjudicial para la salud.

La investigación se justifica técnicamente comparando con otros métodos de tratamiento convencional como cloración, que es el más común, suelen ser tóxicos porque deja como residuo los trihalometanos, es debido a esto se plantea nuevas tecnologías, más limpias, ecológicas y con empleo de recursos existentes en la zona. Actualmente, aún no se reporta la utilización de filtros de arcilla en la Región Puno que es un lugar donde abunda este recurso natural, por lo tanto, esta investigación busca potenciar el uso de los recursos existentes en la zona, reduciendo costos.

La elaboración de los filtros es sencilla y de bajo costo, que las poblaciones pueden replicarlo y con ello se podría estar beneficiándose 8913 habitantes (INEI, 2017) que radican en la zona rural del distrito de Huatta.

Finalmente, se contribuirá con el diseño del filtro, ya que se realizan pruebas de proporciones de los agregados, obteniéndose aquella que genere mayor reducción del arsénico.

Para la solución del problema, se tiene como objetivo general: Determinar la cantidad de arsénico removido de las aguas subterráneas de consumo humano, al emplear filtros de arcilla y agregados, en el distrito de Huatta – Puno 2021; y como objetivos específicos: Evaluar la cantidad de arsénico presente de las aguas subterráneas en el distrito de Huatta – Puno 2021; Evaluar el contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla, en el distrito de Huatta – Puno 2021; Evaluar el contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla y aserrín, en el distrito de Huatta – Puno 2021

II. MARCO TEÓRICO

(SORIANO, 2014), en su investigación desarrollo filtro con diferentes tipos de arcilla para purificar agua para consumo humano en Cajamarca, ejecutado en la Universidad Privada del Norte, cuyo objetivo era determinar la eficiencia de los filtros arcilla a base de arcilla, aserrín y arena, para mejorar la retención de microorganismos y eliminación de metales y velocidad de filtración para mejorar la filtración de los 8 filtros utilizados, 5 filtros estaban compuestos por arcilla caolín, aserrín y arena arribando a la siguiente resultado la concentración inicial de As era 0.022 mg/L y una concentración final de 0.001 mg/L, conclusión que de acuerdo a los objetivos planteados por la propiedad de adsorción que tiene este tipo de arcilla como los caolines y algunas otras arcillas se han retenido a gran escala metales principalmente arsénico, demostrando que el filtro más eficiente de grupo es elaborado con caolín de Namora por lo tanto fue la mejor propuesta.

(CHÁVEZ, y otros, 2011), en su estudio hizo remoción de arsénico por oxidación solar (RAOS) en aguas para consumo humano, en donde se utilizó como fuente de hierro alambres de hierro Nro. 16 y jugo de limón, se realizó pruebas experimentales en laboratorio con aguas sintéticas es decir se adiciono arsénico de un pH promedio de 6,7 y 0,2 mg/L de concentración de arsénico, resultando al final de tratamiento una reducción de hasta un 98,5% de arsénico total y una concentración final de 0.003 mg As /L de arsénico total, este tratamiento se sometió bajo una irradiación solar promedio de 612,1 W-h/m en un tiempo de seis horas. La experimentación de aguas naturales se realizó en la región Apurímac con las aguas del río Iscahuaca-Colcabamba que contenían de forma natural 0,05 mg/L de arsénico, donde se logró reducir el 88% de arsénico total bajo una irradiación solar promedio de 586 W-h/m.

(LEGUIA, y otros, 2016), empleó un diseño de filtros de bioarena (FBA), para remover metales pesados tal como el arsénico As, en aguas de uso doméstico, ejecutado en la Universidad Nacional del San Agustín, tuvo como objetivo adaptar los filtros de bioarena para remoción de metales pesados, construido a base de vidrio en primera instancia y después de concreto constituido por arena y grava especial; la remoción de As se logró mediante la adsorción de hidróxido de Fe y consecuente coprecipitación con lo cual se pudo remover más de 98%.

(FIESTAS, y otros, 2019), utilizó en su investigación como adsorbente carbón activado de cáscara de coco para la remoción de arsénico presente en aguas subterráneas de Morrope – Lambayeque, como objetivo se plantea evaluar la influencia que ejerce los factores como: concentración y tiempo, se realizó análisis de la concentración de arsénico previamente antes y después del tratamiento para el análisis utilizó el método de azul de molibdeno por espectrofotometría UV, resultando que los dos factores estudiados influyen de manera significativa en la remoción de arsénico en un 72% a 6 g/L en 3 horas presentando una concentración inicial de 0.11 mg/L y final de 0.0297 mg/L.

(CCENCHO, 2018), en su estudio utilizó biomasa seca (cáscara de plátano) como bioadsorbente de Arsénico en agua subterránea, realizado en Cruz de Médano, Morrope en Lambayeque, a nivel Laboratorio en el 2018, como objetivo principal fue usar biomasa seca (cáscara de plátano), como adsorbente del arsénico presente en agua subterránea, se utilizó el método de prueba de jarras para poder establecer la dosis óptima de la cáscara de plátano como bioadsorbente de arsénico, en conclusión se logró una bioadsorción de arsénico con biomasa seca de 0.1 mg/L a 0.0827 mg/L por lo tanto es eficiente para aguas de categoría 3.

(TAPIA, 2017), en su investigación usó Chako (hidalgirita) para remoción de arsénico en aguas subterráneas contaminadas del Distrito de Taraco – Puno, tuvo como objetivo principal evaluar la adsorción de arsénico usando la arcilla denominada chako (hidalgirita) natural en las zonas altiplánicas el cual tiene un alto contenido de óxidos minerales aplicando en aguas subterráneas contaminadas, la metodología que se empleó fue por diseño experimental central compuesto ortogonal, en conclusión se logró la adsorción del ion As con un antes del tratamiento de 0.05 mg/L y después de tratamiento con 0.008 mg/L, con capacidad de adsorción de 84%.

(ÁLVAREZ, y otros, 2014), en su estudio “Remoción de arsénico mediante arcilla natural del agua que proviene del manantial de Quero – Jauja”, plantea como su objetivo principal remover arsénico, se hizo el análisis mediante ICP- MS en agua de manantial y aguas sintéticas, en conclusión hubo una remoción del 89% en aguas sintéticas con una concentración inicial de 0.05mg/L y final de 0.055 mg/L, en cambio en agua de manantial tuvo una remoción de 97.5% con una concentración inicial de 0.05150 mg/L y final de 0.00131 mg/L.

(HUARACHA, y otros, 2019), en su estudio “determinación de la concentración de arsénico en aguas subterráneas en la salud Puno, Lampa y Arequipa del a ciudad de Juliaca donde se obtuvo 3, 4 y 3 muestreos respectivamente, utilizando el método de análisis de absorción atómica, los resultados demostraron que en la Slda. Puno el valor máximo es 0.082 mg/L y mínimo 0.068 mg/L, en la Slda. Lampa fue de 0.0699 mg/L Y 0.046 mg/L y por último en la Slda. Arequipa 0.011 mg/L y 0.001 mg/L de As, concluyendo que en la salida `Puno y Lampa superan los ECA de 0.01 mg/L.

(APAZA, y otros, 2014), estudiaron la contaminación natural de aguas subterráneas en zona de Carancas y Huata pertenecientes la región Puno donde encontraron concentración de arsénico hasta 0.05 mg/L.

(CALCINA, 2017), en su estudio contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la cuenca baja de rio Callacame – Desaguadero, Puno se tomaron muestras de 12 pozos de acuífero libre que presento concentraciones 0.01 – 0.05 mg/L As y 8 pozos de acuífero confinado con 0.1 – 0.5 mg/L As.

(QUISPE, 2016), utilizó para remoción de Zinc en soluciones de salmuera (NaCl) y aserrín (*Pinus sylvestres*) con el método bath, el resultado fue para aserrín a diferentes pH y soluciones de 1/10, 1/20 y 1/40 adsorción/ solución, la remoción para aserrín a pH 4 fue de 40.5%, 25.1%, 15.9% según las soluciones mencionadas, y a pH 7 fue de 99.8%, 99.8% y 82.3%.

El agua es una sustancia en el planeta conformando la mayor parte del territorio, se encuentra en sus 3 estados como son: solido, líquido y gaseoso, el agua que es una molécula que está constituida químicamente por 3 átomos, uno de oxígeno y dos de hidrogeno, ambos están vinculados por enlaces de tipo covalentes que forman puentes de hidrogeno y proporcionan gran estabilidad, además que el agua es una de las sustancia más importantes e insustituibles para la salud de los seres vivos (TOXQUI, 2012).

En nuestro planeta contamos con dos tipos de fuentes de agua: la primera fuente es agua superficial dentro de ellas tenemos ríos, lagunas, manantiales y la segunda fuente es subterránea principalmente los acuíferos, estas aguas subterráneas se encuentra a lo largo y ancho de todo el planeta (STRUCKMEIER, y otros, 2007).

Las aguas subterráneas se originan por la filtración de agua de la superficie de la tierra hacia abajo están ingresan a través de los materiales porosos que se encuentran saturados en el subsuelo de suelo hasta que alcanza un estrato impermeable, se puede diferencias 2 tipos de aguas subterráneas según la posición del agua en el suelo, una de ellas es la superior denominada no saturada y otra inferior saturada, la capa o nivel que separa a las dos se denomina nivel freático, esto por la influencia de factores meteorológicos que existen sobre las Napas subterráneas. (ORDOÑEZ, 2011).

Teorías relacionadas a la variable independiente: la arcilla usada en la investigación fue recogida del distrito de Asillo – Puno, lugar donde los pobladores lo conocen como “chako”, utilizado para fines curativos y alimentario. Las arcillas varían dependiendo de la zona de donde es extraída en diferentes zonas de la región Puno, varían macroscópicamente por el color y la textura. Las arcillas es parte del subsuelo de depósito mineral que cuando se humedece adquiere una plasticidad que consiste en una material granuloso fino cuyas partículas es inferior a 4 micras, y su principal componente es silicatos de aluminio hidratados menciona el autor (SORIANO, 2014), las principales aplicaciones de las arcillas por sus propiedades químicas y de sus estructura cristalina demuestra que se puede aplicar en la descontaminación de aguas por intercambio iónico y adsorción Yan *et al* (2014).

Las arcillas según (COCHACHIN, 2018), cita en su investigación a Domínguez y Scheffer (1992).Desde el punto de vista geológico las arcillas son minerales que se formó naturalmente hace millones de años los cuales muestran características peculiares de su composición y origen con la evolución de la tierra, la descomposición de las rocas ígneas primarias o rocas básicas, como los granitos y feldespatos o pegmatitas. Las arcillas es un depósito de sedimento el cual adquiere una consistencia plástica cuando se mezcla con agua que consiste en un material granuloso extremadamente fino donde las partículas son inferiores a 4 micras.

Las arcillas son partículas minerales, su tamaño es microscópico que es menor o igual a 2 micras (<0.002 mm), está formado por compuestos cristalinos, denominados filosilicatos por su estructura molecular, está compuesto por una unidad de átomo de sílice rodeado por 4 átomos de oxígeno del cual se obtiene una forma se tetraedro. Si-O forman redes planas, en donde todos los oxígenos presentes en dicha red están eléctricamente neutralizados al pertenecer a 2 tetraedros, y que su grupo funcional es (Si₄O₁₀). (REYES Jaramillo, 2000).

Las arcillas se llaman también aluminosilicatos hidratado sacáridos hidratados. (Rowell, 1997). La fórmula general de la arcilla



(COCHACHIN, 2018), cita en su investigación a Racks. y García (2004). Las arcillas se pueden clasificar en silicatos y no silicatos. Entre los silicatos encontramos la “caolinita, montmorillonita, illita, vermiculita y alofán”, etc. La diversidad de arcillas que podemos encontrar en el suelo depende de la plasticidad cohesión, adhesión, capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades es muy grande, por esa razón es un dato de importancia saber el tipo de arcilla que domina el suelo. Entre sus propiedades tenemos: Plasticidad, es la propiedad de la arcilla que al mezclarse con el agua adquiere e incrementa un cierto grado de flexibilidad y puede deformarse por acción de una fuerza y quedarse en esa forma después de retirada esa fuerza. (COCHACHIN, 2018) cita en su investigación a (Aguirre, 2004).

Límite plástico, “es la propiedad donde el agua está contenida por debajo para que la arcilla pueda convertirse en plástica volviéndose un material que se pueda disgregar (COCHACHIN, 2018) cita en su investigación a (Aguirre, 2004).

Límite líquido “es el contenido de agua donde la arcilla empieza a comportarse como un lodo o líquido más denso o espeso.” (COCHACHIN, 2018) cita en su investigación a (Aguirre, 2004).

Índice de plasticidad, “es propiedad es la diferencia entre el límite plástico y el límite líquido.” (COCHACHIN, 2018) cita en su investigación a (Aguirre, 2004).

Contracción, “este efecto se da durante el secado, por el proceso de pérdida de agua. Iniciando la pérdida en los poros superficiales seguidamente los poros interiores, por arrastre se contraen los poros hasta conseguir un equilibrio, reduciendo el volumen.” (COCHACHIN, 2018) cita en su investigación a (Aguirre, 2004).

Aglutinación, “es la propiedad por la cual las arcillas se fortalecen y pasan a ser una sola masa.” (COCHACHIN, 2018) cita en su investigación a (Aguirre, 2004).

Porosidad y adsorción de agua, “dependiendo de los componentes de las arcillas estos pueden ser impermeables.” (COCHACHIN, 2018) cita en su investigación a (Aguirre, 2004).

Vitrificación, “es la propiedad de las arcillas de volverse duras por exponerlas elevadas temperaturas, se vuelve más sonora y queda dura”. (COCHACHIN, 2018) cita en su investigación a (Aguirre, 2004).

De acuerdo a su origen las arcillas se clasifican, como primarias o residuales formadas geológicamente en el lugar donde se encuentran las rocas madres, son de grano o textura gruesa y relativamente algunas no plásticas; son también puras, blancas y libres de contaminación con materiales arcillosos, Arcillas secundarias o sedimentarias son menos puras de las arcillas primarias y están compuestas de distintas fuentes como hierro, cuarzo, mica, materias carbonosas y otras impurezas. (CALDERON, 2001).

El color de las arcillas es diferente según su composición, las arcillas de Azángaro, Tiquillaca y Acora son de color gris claro, mientras que la de Asillo corresponde a color blanco; (GEMINIS, 2002), atribuye variados usos tomando en cuenta los colores, para la arcilla blanca o caolinita. (BARRIO, 2009), considera a la variedad de arcilla hidrargírica (silicato de aluminio hidratado), es consumida por los pobladores del distrito de Asillo en la Región Puno.

La hidralgiritita es un silicato de aluminio hidratado ($\text{Ca}_2 [(\text{AlO}_2)_4 (\text{SiO}_2)_8] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), en todo el altiplano es conocido como chako, Este chako pertenece a una familia de los filosilicatos, el cual es consumido por lo puneños (geofagia), está formada por pequeñas plaquitas llamadas esmectita presenta un tamaño medio inferior a 1 μm . (BROWMAN, 2013). Está compuesto por un alto contenido de silicio 46.451%, óxido de aluminio 37.833%, óxidos de calcio 4.152%, óxidos de magnesio 4.871% y óxidos de sodio, estas propiedades hacen que la arcilla hidralgiritita sea eficiente en la adsorción de metales, el calcio y magnesio son cationes que facilitan la adsorción de As (V) que tiene carga negativa (TAPIA, 2017)

La arcilla está formada por sílice que forma laminas tetraédricas y alúmina, ello otorga eficiencia a la manera cómo actúa la arcilla porque tiene un doble proceso de adsorción y absorción, en cuanto a la adsorción una sustancia se adhiere en la superficie externa arcilla por tener enlaces iónicos libres en su superficie externa, estos iones buscan enlazar con una carga opuesta. Se sabe que todas las partículas de arcillas en su estructura tienen llevan carga eléctrica negativa, mientras que las toxinas u otras impurezas llevan carga positiva. (BARRIO, 2011).

Por tanto, la arcilla es considerada como el adsorbente, en donde se da la interacción entre el producto (adsorbente) y la otra sustancia (adsorbato), es la sustancia química que será adsorbida por la superficie del producto o adsorbente. (WEBER, y otros, 1963).

Entre los diversos tipos de tratamiento que existen para descontaminar agua, tenemos el método químico, el cual se va aplicar en este trabajo de investigación, Los puntos críticos más importantes en el método químico para el tratamiento del agua es el tiempo de contacto en el agua, las características del agua como el pH (ROJAS, 2008). (DEEDAR, y otros, 2008), indican en su estudio cuando el pH es ácido no afecta la adsorción de As (V), pero si se da una disminución en la adsorción cuando el pH estaba por encima de 7 en 24 horas de contacto. “Bajo condiciones oxidantes y con un pH neutro es As (III) inorgánico puede oxidarse lentamente a As (V) que es adsorbido a un pH de 4-9 es fácilmente removido por arcillas que el As (III), es largamente afectado por el pH del sistema” (HENKE, 2009), también es importante mencionar que As (III) a estas condiciones es difícil su sorción, por intercambio iónico y otras tecnologías.

Entre los métodos químicos que se usan convencionalmente tenemos los siguientes:

Por Cloración

Por Yodación

Por Ozonización

Por Utilización De Plata

Filtro De Barro

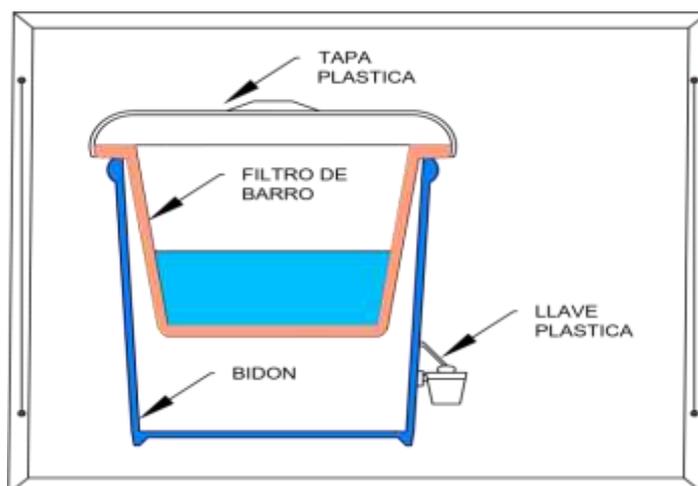
Fundamento Teórico del uso de filtro destinado a descontaminar el agua mediante sus poros microscópicos que contiene el filtro, donde dejan pasar el agua reteniendo todas las partículas en suspensión. Los iones de metales, metaloides y químicos tóxicos son retenidos mediante adsorción, esta propiedad lo tienen las arcillas caolinitas o arcilla blanca que tiene la especial función de adsorber impurezas metálicas y no metálicas de carga eléctrica contraria al de la arcilla dando como resultado la adhesión de estas en la superficie

La filtración es un proceso donde las partículas sólidas contenidas en el agua o fluido líquido o también en otras veces puede ser gaseoso, se separan mediante un filtro, donde pasa el agua que permite la retención de estas partículas. De todo este proceso algunas veces interesa recoger fluido otras veces las partículas sólidas y en otras ocasiones ambas (COCHACHIN, 2018) cita a (Solís, 2007).

Entre las competencias del filtro de arcilla, muchos autores lo denominan como un dispositivo artesanal de tratamiento de agua de forma casera ósea que se puede utilizar en casa, de muy bajo costo al alcance de cualquier familia, que tiene la función de descontaminar el agua. Este elemento filtrante es fácil de fabricar, lo puede hacer un ceramista, con materiales comunes que se puede conseguir en la misma localidad, sin tecnologías de alto nivel. Por su estructura permite eliminar la turbidez y por su micro poro evita el pase de bacterias u otros elementos contaminantes.

Según (SANTOS, y otros, 2009), en su investigación presenta que los filtros de barro elaborados a base de arcilla y aserrín recubiertos por nanopartículas de plata, donde todas la materias primas pasan por un tratamiento previo antes utilizarla como pulverizado, tamizado y pesaje para posteriormente mezclarlo, moldeo y se deja secar, luego se lleva a cocción a una temperatura de 600°C, en este proceso se forma poros microscópicos el cual cumple la función de lecho filtrante, impidiendo que los microorganismos patógenos y metales pesados pasen junto con el agua filtrada.

Acercas de esta tecnología artesanal podemos encontrar muchas variedades del filtro de barro el más difundido es el denominado Filtrón (ver figura 1), el cual está elaborado de una mezcla en la siguiente proporción de 80% de barro y 20% de aserrín o también cascarilla de arroz que tiene la misma función que el aserrín, una vez seca la mezcla se incinera a una temperatura de 890°C, esta tecnología se considera ecológico donde los ceramistas de la zona hacen el trabajo haciendo un diseño que evita la contaminación. (CERAMISTAS POR LA PAZ, 2000)



Fuente: Ceramistas De La Paz, 2000
Figura 1. Filtro de arcilla

Las materias utilizadas en el filtro de arcilla son los siguientes:

Barro: el barro está conformado por una mezcla tierra arcillosa y agua, es utilizado para hacer bloques para edificación de viviendas (Onrubia, Maldonado y Vela Cossio, 2003). Su característica es La plasticidad y durabilidad del barro depende de la composición en cuanto a sus minerales como los silicatos (SiO_4)⁴⁻ y otra veces con cantidades variables de hierro (Fe), magnesio (Mg), y metales alcalinos, para la fabricación de cerámicas se le complementa con yeso y arena, las arcillas más comúnmente encontradas son amarillas, cascajo, la arcilla roja, arcilla gris (SANTOS Amado, y otros, 2011).

Aserrín: residuo de la madera cuyos elemento fundamental es la pared celular, el cual está constituido por diferentes tipos de macromoléculas como la celulosa, hemicelulosa y las mas importante lignina (BROWNING, 1967), hay reportes sobre el uso de lignina en procesos de adsorción para la remoción de sustancias presentes en el agua (SUHAS, y otros, 2007), es un polímero de tres dimensiones de fenilpropano unido a enlaces de carbono – carbono o enlaces de peróxido (KHEZAMI, y otros, 2005). Se investigó que el aserrín es capaz de eliminar arsénico y el mercurio de líquidos o soluciones acuosa (IGWE, y otros, 2005), también cumple la función de eliminar olores, sabores y turbiedad del agua ya que se convierte en carbón de activado en la cocción (EL MASTIL, 2016). Además (RIOS, 2014) menciona que el aserrín tiene una remoción de 28% de As III de una concentración 10g/L y de AsV de 36%.

Arena de rio: es previamente lavada, se utiliza para elevar la porosidad del filtro para mejorar la eficiencia de la pasta al mezclarse y así evitar grietas y rajaduras en el filtro, también ayuda a dar forma a los filtros, también perfecciona la resistencia del filtro (después del horneado), otra ventaja es que aumenta la capacidad filtrante por unidad de tiempo, es accesible al bolsillo y fácil adquisición. Además (RIOS, 2014) menciona que el aserrín tiene una remoción de 15% de As III de una concentración 10g/L y de As V de 22%.

Entre los conceptos relacionados a la variable dependiente: remoción de arsénico de aguas subterráneas de consumo humano, establecemos lo siguiente:

El arsénico es un elemento de la tabla periódica y un mineral que persiste en el medio ambiente y no se deteriora, tiene una distribución alta en todo el planeta, las fuentes ambientales que están expuestas al arsénico son el agua, alimentos, suelo y aire. Se

puede clasificar en inorgánicos, orgánicos y gas arsina; también se puede clasificar entre las clases de arsénico según sus valencias estas son: As(0) arsénico metaloide, As (III) arsenito, As (V) arseniato y gas arsina (III); cuando hablamos de toxicidad depende principalmente de que sea orgánica o inorgánica, valencia, solubilidad, estado físico y pureza, por las tasas de adsorción y de eliminación (ATSDR, 2007).

En general las formas de arsénico (III) y arsénico (V), son los más tóxicos porque son solubles en agua (ATSDR, 2007).

El arsénico es un contaminante ya que se conoce ampliamente su toxicidad y no es un contaminante infrecuente en aguas subterráneas (CHOWDHURY, y otros, 2000), Es el vigésimo elemento más abundante de la corteza terrestre, catorceavo en agua de mar y es el doceavo elemento más abundante del cuerpo humano (SHIH, 2005). Por ser un elemento esencial también es considerado como toxico (BISSON, y otros, 2003). Aunque el arsénico es necesario como alimento para los seres humanos en cantidades pequeñas, pero cuando se excede su consumo también conduce a la muerte en consumos crónicos (KARTINEN, y otros, 1995).

El Arsénico, la forma de dispersión es por el viento y el agua, este elemento no llega a depositarse en grandes cantidades en los componentes ambientales, pero con ayuda de los microorganismos, plantas y animales ayudan al destino y distribución del contaminante, pudiendo ser transformado en orgánico o inorgánico, soluble o insoluble. Dentro de todos los medios que se encuentra en el planeta, el medio acuático es considerando el principal medio de transporte para que el arsénico pueda distribuirse en el medio ambiente y por tanto este permite que el arsénico ejerza su efecto más toxico, ya que de ello resulta el cambio de arsénico orgánico a inorgánico, por lo tanto esto aumenta su toxicidad para el organismo humano. En el agua, el arsénico se encuentra generalmente en la forma de arseniuros y arseniatos, pudiendo transformar su estado de oxidación durante el ciclo biogeoquímico (FERNÁNDEZ Sanz, 2015) cita a (Domínguez, 2009).

La presencia de este metal pesado arsénico presente en el agua de forma natural provoca que ese recurso tenga la característica de estar contaminada, por lo tanto, su consumo como constituyente del agua puede provocar toxicidad, es decir, daños a la salud, alterando el funcionamiento del cuerpo humano (OTHAX, y otros, 2010). Existen marcadas diferencias entre la contaminación del agua superficial y la subterránea. En el medio subterráneo el problema es que el agua contaminada está depositada sin ser

percibido durante mucho tiempo, generalmente hasta que el ser humano haga uso del recurso, además la recuperación y renovación del agua contenida en el acuífero no es constante puede llevar muchos años (RUIZ, y otros, 2015).

El arsenico es poco movil en sus condiciones naturales ya que esta asociado a fases poco reactivas, el desgaste de las rocas hace que se convierta los sulfuros de arsenico a trióxido de arsenico , estos se incorporan al ciclo del arsenico con ayuda de la lluvia en la disolucion, en fuentes superficiales como rios, o el agua subterranea las cuales existen en la tierra, aire y agua , el arsenico es devuelto al suelo mediante la lluvia y polvillo atmosferico radioactivo, otro forma es que el arsenico oxidado se reduce de nuevo a los sulfuros bajo condiciones sin oxigeno en sedimentos de tierra y del agua (PONTIUS, y otros, 1994).

Si la dosis consumida de arsénico es 1-4 mg As/kg de peso corporal de una persona adulta seria mortal. Este metaloide está presente en el aire, alimento, y agua por lo tanto los seres humanos están expuestos al arsénico en todo momento por ejemplo la concentración de arsénico en aire es medida solo en ng As/m³ lo cual indica que es mínimo. El envenenamiento al arsénico se puede dar por diferentes entradas: 1) sistema digestivo, 2) piel, 3) sistema nervioso, 4), parálisis del motor, que causa la muerte por parálisis del corazón (GULLEDGE, y otros, 1973).

El arsénico que se encuentra en el agua se presenta como arsenitos As (III) y arsenatos As (V), este último en aguas superficiales porque hay más cantidad de oxígeno y se encuentra cargado negativamente lo que explica su mayor remoción en pH de 4-9, pero en aguas profundas es más común el arsenito As (III) por la anaerobiosis y no posee carga negativa ni positiva ósea es neutra en soluciones de acidez o alcalinidad (BOURNOD, y otros, 2010). Las formas orgánicas de arsénico que pueden estar presentes en alimentos, pero son menos tóxicas a los seres humanos si lo consumen; sin embargo, las formas inorgánicas de arsénico que se encuentran disueltas en agua potable o subterránea constituyen la toxicidad más significativa. “Los estudios recientes indican que la ingestión en niveles bajos de arsénico por un largo plazo trae riesgos a la salud, indicando que el arsénico en agua potable es más peligroso. Por lo tanto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la agencia de protección del medio ambiente de los E.E.U.U. (USEPA) dieron la importancia debida donde promulgaron regulaciones para el arsénico más rigurosas para reducir al mínimo estos riesgos” (JIANG, 2001) (SEVILI, 2003).

El arsénico presente en el agua es la fuente principal de envenenamiento agudo en humanos; por esta razón, se genera toxicidad crónica por arsénico, la cual es la principal preocupación referente a la salud del arsénico presente en agua potable de consumo (FERGUSON, y otros, 1972). El envenenamiento continuo por arsénico se hace crónico lo cual conduce a diferentes tipos de síntomas no específicos entre estos incluido generalmente “la debilidad crónica, la pérdida de reflejos, la gastritis, la anorexia, la pérdida del peso, la pérdida del pelo, y la exposición por un periodo largo termina en hiperpigmentación, enfermedades cardiovasculares, disturbio en sistemas nerviosos y desórdenes circulatorios”. Las referencias de síntomas que son más comunes por el envenenamiento agudo con arsénico son: sequedad de la boca, vómitos y la garganta, desórdenes circulatorios, calambres del músculo, debilidad nerviosa, alucinaciones, y el en gestación shock fetal puede darse debido a la insuficiencia renal (BISSON, y otros, 2003).

La consecuencia de la enfermedad más significativa es el efecto del cáncer en varios órganos, especialmente en: “la piel, el pulmón, el riñón, y la vejiga”. Por lo tanto, el arsénico se ha clasificado como agente carcinógeno humano y es de preocupación pública debido a su origen natural y uso extenso en la industria (SHIH, 2005) (SEVILI, 2003).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicado; según (VALDERRAMA, 2006) este tipo de investigación se utiliza para aplicar en diferentes ámbitos de estudio ya sea en lo social, económica política y cultural de modo que puedan ser viables las soluciones a los problemas identificados para poder actuar de manera inmediata sobre la realidad. A través del conocimiento adquirido a lo largo de una investigación que tiene como objetivo crear una nueva tecnología y a partir de esto podemos determinar si son útiles para ser aplicados en cualquier lugar sin ningún problema ofreciendo oportunidades de replicas (TAM, y otros, 2008).

Es de diseño experimental ya que recoge los datos tal y como se ve en la realidad, se utilizará el diseño preexperimental de un solo grupo con pre y post test aplica una prueba previa al tratamiento experimental, luego se le aplica una prueba después del tratamiento (HERNÁNDEZ, y otros, 2014).

Además el enfoque cuantitativo, es un trabajo donde el investigador lo realiza en forma ordenada paso a paso y sistemática. El ámbito de estudio se describe como realidad es, buscando la veracidad del conocimiento validando con los hechos (VALDERRAMA, 2006).

El estudio es explicativo, ya que se basa en la observación, interpretación y análisis del problema por parte del investigador y posteriormente el efecto del tratamiento (Gallardo, 2017). En esta investigación se determinará la remoción de arsénico de las aguas subterráneas de consumo humano usando filtro de arcilla y agregados.

3.2. Variables y operacionalización

Variables:

Variable independiente (VI)

Uso del filtro de arcilla y agregados.

Variable dependiente (VD)

Remoción de arsénico de aguas subterráneas de consumo humano.

Operacionalización:

La operacionalización de las variables se puede observar en el Anexo N°1

3.3. Población, muestra y muestreo y unidad de análisis

Población

Según (Jany, 1994), la población es considerada el universo de todos los elementos existentes que comparten características casi iguales en donde se desea realizar deducción (p. 48); o que sea el objeto de análisis (BERNAL, 2010). La población considerada en el trabajo de investigación está constituida por todas las aguas subterránea del Sistema de Agua Potable (SAP) Collana I y Collana II que contienen arsénico

Muestra

Es una fracción de la población que se elige para poder obtener información específica necesaria para aplicar los diferentes instrumentos seleccionados en la investigación de las variables del objeto de estudio (BERNAL, 2010). Para realizar el procedimiento experimental se consideró una muestra representativa de 6.5 litros de agua subterránea del SAP Collana I y Collana II que contiene arsénico.

Muestreo

El trabajo de investigación está basada en un método de muestreo no probabilístico la selección de muestra es informal y un poco arbitraria, se requiere selección de objetos de una determinada característica las cuales están especificadas en el planteamiento del problema y de tipo por cuotas en la cual se asevera una representación equitativa y del mismo modo proporcional de los dependientes en base de la cuota (CABEZAS, y otros, 2018). El muestreo se realizó teniendo en cuenta el protocolo Nacional para el monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)

Unidad de análisis

“Cuando se define la unidad de análisis se habla del elemento de interés en una investigación (HERNÁNDEZ, y otros, 2014). Para la unidad de análisis se consideró 13 muestras de 500 ml de agua subterránea.”

3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos

En la tabla se muestra la técnica realizaba en la investigación, las mismas que se desarrolló con cada fase y su respectivo instrumento.

Tabla 1. Técnica e instrumento para la obtención de datos

FASE	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
1. Ubicación del área de estudio	SAP Collana I y II	Observación	FichaNº1. Descripción de la zona de muestreo	Área de estudio identificado
2. Elaboración del filtro	Soriano, 2014	Experimentación	Tabla Nº 3	Filtros de arcilla y agregados
3. Obtención de la muestra del agua subterránea	Agua subterránea de la zona de bombeo de SAP Collana I y II	Observación	Ficha Nº2. Cadena de custodia	Obtención de 6.500 ml de agua subterránea
4. Análisis inicial de agua subterránea	Laboratorio	Observación, experimentación	Ficha Nº 3 de arsénico previos al tratamiento	Obtención de la concentración inicial de arsénico
5. Tratamientos de las aguas subterráneas	Agua subterránea de la zona de bombeo de SAP Collana I y Collana II, laboratorio	Observación, experimentación	Ficha Nº 4 recolección de datos de los 12 tratamientos	agua subterránea tratada y flujo en ml/h
6. Análisis de agua subterránea post tratamiento	Laboratorio	Observación, experimentación	Ficha Nº 4 recolección de datos de los 12 tratamientos	Obtención de la concentración final de arsénico
7. Análisis de la información	Diseño estadístico	Observación	Hoja Excel SPSS	Comparación de datos de remoción de arsénico antes y después del tratamiento

Técnica

Se utilizó la técnica de la experimentación y observación para el recojo de datos se utilizó instrumentos que fueron validados por profesionales con experiencia, se pueden observar en el anexo Nº 2 de la investigación, esto permite tanto a los sujetos y objetos establecer relaciones de manera directa, además permite acumular, sistematizar y registrar datos recogidos de forma cuidadosa, precisa en base a la

experimentación, resultados respectivos y los mas cuantificable posible” (CAMPOS, y otros, 2012).

Instrumentos para la recolección de datos

Para la recolección de datos tanto en campo como en el laboratorio se utilizaron 4 fichas

Ficha 1: Descripción del lugar de zona de muestreo, registra los datos del área geográfica de estudio.

Ficha 2: Cadena de custodia, compila datos de área de estudio, coordenadas, nombre del punto de muestreo, tipo de agua, hora y fecha del muestreo.

Ficha 3; Datos del arsénico previos al tratamiento, se indica datos de la concentración de arsénico en la fase inicial.

Ficha 4: Recolección de datos de los 12 tratamientos, muestra los resultados de la remoción de arsénico después del tratamiento de las aguas subterráneas.

Validez del instrumento

La validación de los instrumentos sobre la recolección de datos se ve reflejada cuando el instrumento se ajusta a los objetivos de la investigación (HURTADO, 2012), la validez de los 4 formatos.

Tabla 2. Validación de los instrumentos de recojo de datos

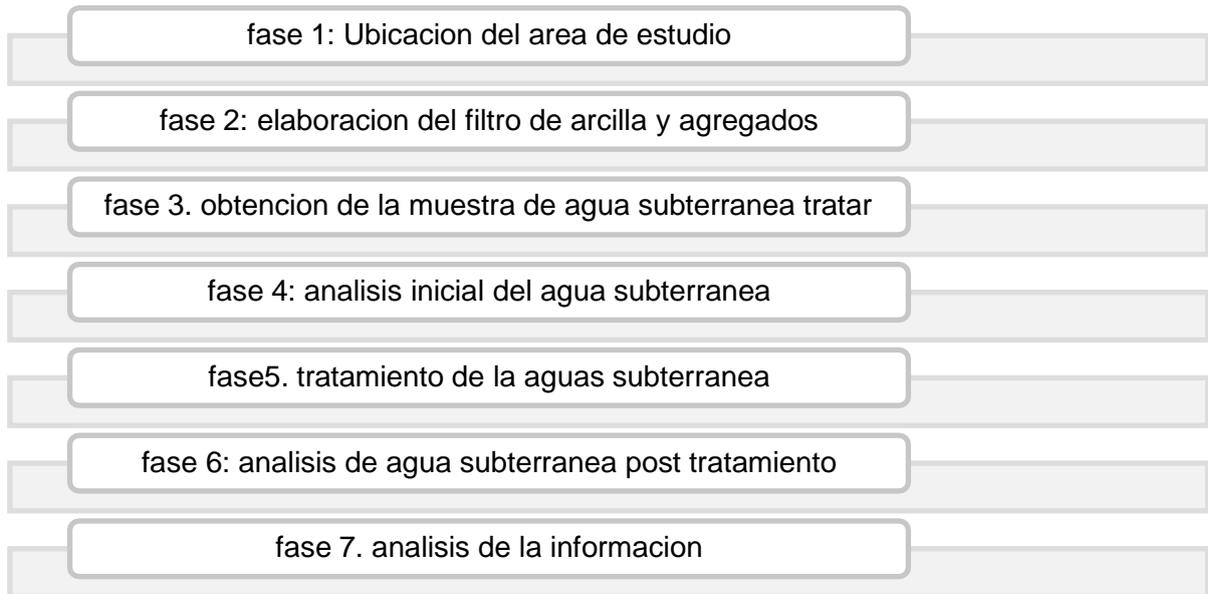
APELLIDOS Y NOMBRE	Nº Colegiatura	I1	I2	I3	I4	%DE VALIDEZ	PROMEDIO DE VALIDEZ
ACOSTA SUASNABAR, Eusterio Horacio	CIP 25450	85	85	80	85	84%	
QUISPE CANCAPA, Luz Delia	CIP 131656	90	90	85	90	89%	88%
FLORES CALLA, David Nicolás	CBP 10467	90	90	85	95	90%	
SEJJE MAMANI, Rubén	CIP 162920	90	90	85	90	89%	

Confiabilidad del instrumento de recojo de datos

Se ve reflejado cuando el uso repetitivo del instrumento levanta la misma información” (HERNÁNDEZ, y otros, 2014), el análisis se hizo en hoja de Excel.

3.5. Procedimiento de la obtención de datos

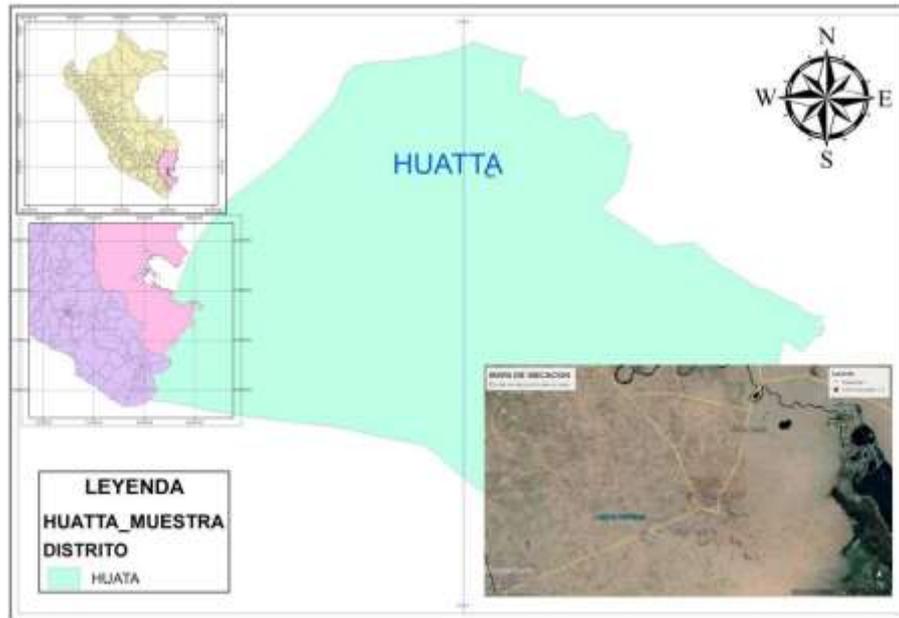
El tiempo de ejecución del desarrollo de la experimentación fue de 1 meses iniciando el 15 de enero y culminando el 15 febrero y se consideró 7 fases



Fuente. Elaboración propia

Figura 2. Fases del proceso de la investigación

Fase 1. Ubicación del área de estudio. Se hizo el estudio en el distrito de Huatta, Puno a una altitud de 3 795 msnm con una población de 8913 habitantes (INEI, 2017). En la figura 3 se observa la ubicación del área de estudio con las siguientes coordenadas 15°36'37.9" S 069°59'07.7"



Fuente. Elaboración propia

Figura 3. Mapa de ubicación de área de estudio

Fase 2. La elaboración de filtro de arcilla y agregados. Se recolecto la arcilla de la zona con coordenadas $14^{\circ}47'34''$ S $70^{\circ}21'22''$ W, correspondiente al distrito de Asillo de la cantera ubicada en la comunidad de Catawicuchu (a 5 km del distrito de Asillo), se empezó a cavar con una pala hasta alcanzar los 2 metros de profundidad y se depositó en un balde de plástico blanco de 5 galones, trasladándose a Juliaca. La arcilla se dejó bajo sombra en condiciones ambientales, para lo cual fue extendida en un triplay por 4 días.

Se procede a la trituración de la arcilla con un mortero artesanal, luego se pasó por el tamiz N.º 20 así homogenizándose el producto. Posteriormente, se secó bajo sombra por un período de 2 días, para luego almacenarla en un envase de 5 galones hasta su uso.



Figura 4. Tamiz N° 20

El aserrín, que conforma el agregado del filtro, procede del árbol de cedro (*Cedrela odorata*), obtenido de una barraca en Juliaca las 10:00 am; el establecimiento se encuentra en las coordenadas 15°29'06.7" S 70°10'55.6" W. recolectado el aserrín, se pasó por un tamiz N° 20 y se almacenó.

La arena, que es otro agregado del filtro, fue recolectada del río Unucolla con coordenadas 15°27'07.6" S 70°11'29.0" W (figura a) a las 9:00 am en un balde blanco de 5 galones. Se lavó con agua por 4 veces para luego ser extendido en una tela para su secado exponiéndolo al sol por 2 días, se pasó por tamiz N°20 (figura b) luego y se almacenó en un balde blanco de 5 galones.



Figura 5. Muestreo de arena en el río Unucolla (a) y tamizando la arena (b)

Para la mezcla de los agregados del filtro, se utilizó agua destilada el cual fue adquirido de un laboratorio.

Preparación del filtro: Se procedió a pesar en una balanza analítica (figura 6) las proporciones utilizadas en cada filtro (Tabla 3), luego se mezcló en una superficie plana de madera, agregando el agua poco a poco hasta obtener una pasta suficientemente elástica que permite manipularse.



Figura 6. Balanza analítica

Tabla 3. Proporciones de agregados y arcilla para la elaboración de los filtros

TIPO DE FILTRO	ARCILLA (kg)	ASERRIN (kg)	ARENA (kg)	AGUA (ml)
Arcilla	4.0	-	-	350
Arcilla – aserrín	1.5	0.45	-	700
Arcilla-aserrín-arena	1.5	0.10	0,75	900

Para el caso solo del filtro compuesto solo de arcilla: se obtuvo de dos formas i) vasija (figura a) y ii) disco (figura b). La vasija al momento de la calcinación presentó ligeras rajaduras, mientras que el disco de 12 cm de diámetro se mantuvo firme a una temperatura de 550°C por un periodo de 4 horas. Se preparó la masa de arcilla (figura c) de un grosor de 2 cm y se procedió a moldear con el patrón de la vasija; en el caso del disco se tomó como patrón un tubo de 4" con un diámetro de 9 cm dejando 2 centímetros adicionales en vista que al momento del secado y calcinamiento se reduce su tamaño.



Figura 7. Filtro en forma de vasija (a), filtro en forma de disco acoplado a un tubo de 4" y masa de para la elaboración del filtro (c)



Figura 8. Proporciones de arcilla y aserrín (a) inicio de la mezcla de arcilla y aserrín (b)

Fabricación del filtro: La pasta se dejar reposar por 4 horas, para luego ser aplanada hasta alcanzar un grosor de 2 cm, luego se deposita en un molde de vasija de porcelana para lograr la forma del filtro, se procedió a secar bajo sombra por un periodo de 4 días, logrando de esta manera la eliminación de agua por evaporación. Después de este periodo se llevó a calcinación, en una mufla a una temperatura de 550°C por un tiempo de 5 horas (figura a), es una de las etapas más importantes, este proceso da mayor rigidez y mejoran considerablemente sus propiedades mecánicas; el aserrín y arena presente en la arcilla se combustiona y desaparece dejando poros aleatorios. Se dejó enfriar, para su uso posterior

Los filtros de modelo vasijas (figura c) tienen un diámetro en la parte superior de 17 cm, en la parte inferior 8.8 cm y una altura de 13 cm en caso de las vasijas; los filtros de modelo disco (figura b) tienen 9 cm de diámetro.



Figura 9. Calcinación de filtro en vasija y disco (a), filtro en disco (b) y filtro en vasija (c)

Fase 3. Obtención de la muestra de agua subterránea a tratar. Se recolectó 6.5 litros de muestra de agua subterránea de la zona de bombeo del SAP de Collana I y II (figura 10) con coordenadas 15°36'37.9" S 069°59'07.7" (ANEXO) en frascos de polietileno de 1 litro de capacidad previamente etiquetado, el muestreo fue puntual y se realizó en un solo periodo que se realizó en el mes de febrero del 2021, se almaceno en un cooler se condiciono con (pack) para mantener las muestras a una temperatura de 2 - 10°C.



Figura 10. Toma de muestra de agua subterránea de la zona de bombeo de SAP Collana I y II

Fase 4. Análisis inicial del agua subterránea, la muestra de agua subterránea fue recogida de la salida de zona de bombeo, el muestreo fue puntual en un solo periodo, el cual fue recolectado en un frasco de polietileno de capacidad de 250 ml en el cual se agregó 2.5 ml de ácido Nítrico 1N para su conservación, seguidamente se mantuvo en cadena de frio para su posterior envío al laboratorio para su respectivo análisis, también se analizó los parámetros de campo como pH, temperatura y conductibilidad eléctrica (C.E) (tabla 4)

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos antes del tratamiento

Muestra inicial	pH	Temperatura	C.E
ECA (D.S N°004-2017MINAM)	6.5-8.5	Δ3	1500
Agua subterránea	8.21	19.3	1276

Fase 5. Tratamiento de las aguas subterránea, el filtro de vasija se acoplo encima de un recipiente de plástico con llave (figura a y b), y el filtro de disco se acopló a un tubo de 4". En cada filtro se vertió 500 ml de agua subterránea, Se hicieron 4 pruebas de filtración en los filtros de arcilla-aserrín y arcilla-aserrín-arena, empleando agua subterránea; los intervalos de filtración en cada vasija fueron de 2 horas. Para el filtro de arcilla se hizo 2 pruebas en vasija y 2 pruebas en disco completándose las 4 pruebas.

Tabla 5. Proceso de filtración y cantidad de flujo por hora

Nº DE TRATAMIENTO	TIPO DE FILTRO	FORMA DEL FILTRO	FECHA	HORA DE INICIO	HORA DTERMINO	FLUJO (ml/h)
1	ARCILLA	VASIJA	08/02/2021	09:30	10:30	500
2			08/02/2021	12:30	13:30	550
3		DISCO	08/02/2021	09:35	10:35	220
4			08/02/2021	12:35	13:35	200
5	ARCILLA ASERRIN	VASIJA	08/02/2021	09:40	10:40	300
6		VASIJA	08/02/2021	12:40	13:40	320
7		VASIJA	08/02/2021	15:40	16:40	290
8		VASIJA	08/02/2021	18:40	19:40	290
9	ARCILLA + ASERRIN + ARENA	VASIJA	08/02/2021	09:50	10:50	450
10		VASIJA	08/02/2021	12:50	13:50	460
11		VASIJA	08/02/2021	15:50	16:50	430
12		VASIJA	08/02/2021	18:50	19:50	420



Figura 11. Proceso de filtración (a y b) y parte externa del filtro (c)

Tabla 6. Medición de los parámetros fisicoquímicos después del tratamiento

Muestras después de tratamiento	pH	Temperatura (°C)	C.E $\mu\text{S/cm}$
ECA (D.S N°004-2017MINAM)	6.5-8.5	$\Delta 3$	1500
Filtro de arcilla	8.20	19.4	1270
	8.04	19.3	1201
	8.09	19.5	1066
	8.21	19.3	1276
Filtro de arcilla + aserrín	8.15	19.4	987
	8.11	19.3	1039
	8.47	19.3	971
	8.39	19.3	981
Filtro de arcilla + aserrín + arena	7.96	19.4	1480
	8.10	19.3	975
	8.03	19.5	975
	8.12	19.3	977

Fase 6. Análisis de agua subterránea post tratamiento

Se colectó 250 ml de agua que fueron filtradas y se mezcló con 2.5 ml de ácido Nítrico 1N del agua filtrada (figura a) de cada filtro con ayuda de una probeta en envases de polietileno debidamente rotulados, los cuales fueron almacenadas en una caja de Tecnopor con cadena de frío para mantener a menos de 2- 10°C las muestras, para ser enviado a laboratorio CLS SAC el cual utilizo el método de ICP –MS (figura b).



Figura 12. Frascos para recolección de muestras (a) y Equipo ICP – MS (b)

Fase 7. Análisis de la información. Los datos obtenidos de los análisis de metales pesados en específico arsénico, fueron llevados a un ordenador, donde se analizó, haciendo uso de hojas de cálculo en Excel y gráficos comparativos de la concentración antes y después de tratamiento para analizar con resultados obtenidos del laboratorio.

3.6. Método de análisis de datos

Con respecto al método de análisis de datos para la determinación de la remoción de arsénico antes y después del tratamiento se hizo una estadística descriptiva – inferencial donde los datos fueron procesados mediante programas de Microsoft Excel y IBM SPSS V.23

3.7. Aspectos éticos

El informe de investigación se ejecutó con la total transparencia y honestidad debido a que se basó en los lineamientos del código de ética y Reglamento de Investigación de la Universidad Cesar Vallejo (UCV) en la línea de investigación de Calidad y Gestión de Recursos Humanos y Guías de productos de Investigación de Informe Final, dado que toda la información adquirida en este estudio de investigación se utilizó para fines académicos y para poder implementar esta tecnología artesanal junto con el municipio para el beneficio de las familias, así mismo la información plasmada y recopilada en el este trabajo de investigación fueron de fuentes bibliográficas confiables cada una citada en cada párrafo , por otros lado el trabajo de tesis será sometido al software Turnitin para constatar el porcentaje de copia.

IV. RESULTADOS

4.1 Presencia de arsénico en las aguas subterráneas en el distrito de Huatta

Tabla 7: Contenido de arsénico en las aguas subterráneas

N°	Contenido de arsénico	Unidad de medida
01	0.0707	mg/L

De acuerdo a la Tabla 7, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.07 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Huatta (*figura 13*); valor que supera al ECA que define como valor máximo para este metal pesado 0.01 mg/L, para el caso de aguas de consumo humano con tratamientos convencionales.



Figura 13. Resultado del contenido inicial de arsénico

4.2 Contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla

El agua subterránea, se pasó por un filtro de arcilla de Hidralgiritá, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 8: Contenido de arsénico en aguas subterráneas al pasar por filtro de arcilla

FILTRO DE ARCILLA	
MUESTRA	CANTIDAD DE ARSENICO (mg/L)
Inicial	0.0707
1	0.0309
2	0.0236
3	0.0161
4	<0.01
Promedio	0.0179

En la Tabla 8, se observa que el contenido de arsénico al pasar por el filtro de arcilla es menor al valor inicial; obteniéndose incluso valores menores a 0.01mg/L. Los valores de arsénico oscilaron entre <0.01 a 0.0309 mg/L (*figura 14*); obteniéndose un promedio de 0.0179 mg/L.

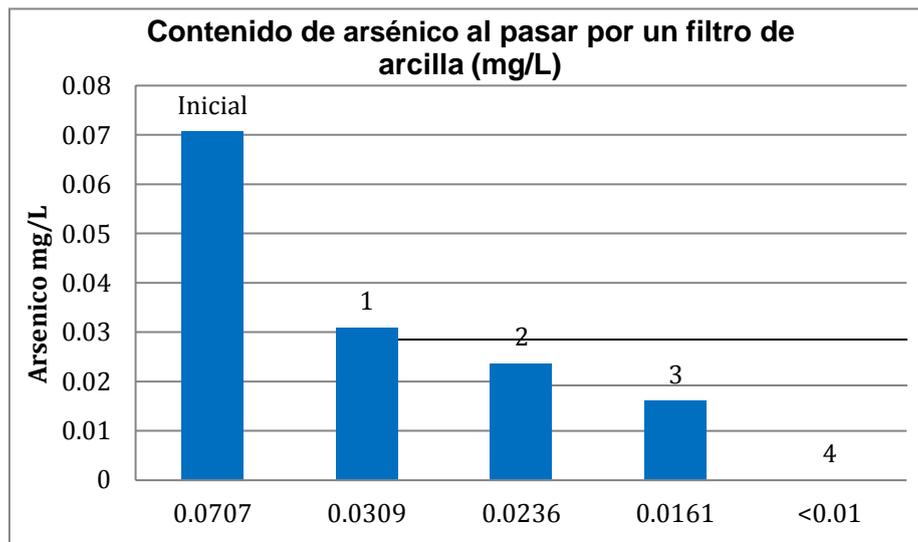


Figura 14. Contenido de arsénico al pasar por un filtro de arcilla

4.3 Contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla y aserrín

Tabla 9: Contenido de arsénico en aguas subterráneas al pasar por filtro de arcilla y aserrín.

FILTRO DE ARCILLA + ASERRIN	
MUESTRA	CANTIDAD DE ARSENICO (mg/L)
Inicial	0.0707
1	0.0129
2	0.0110
3	<0.01
4	0.0124
Promedio	0.0093

En la Tabla 9, se observa que el contenido de arsénico al pasar por el filtro de arcilla y aserrín es menor al valor inicial; obteniéndose incluso valores menores a 0.01. Los valores de arsénico oscilaron entre <0.01 a 0.0129 mg/L (*figura 15*); obteniéndose un promedio de 0.0093 mg/L.

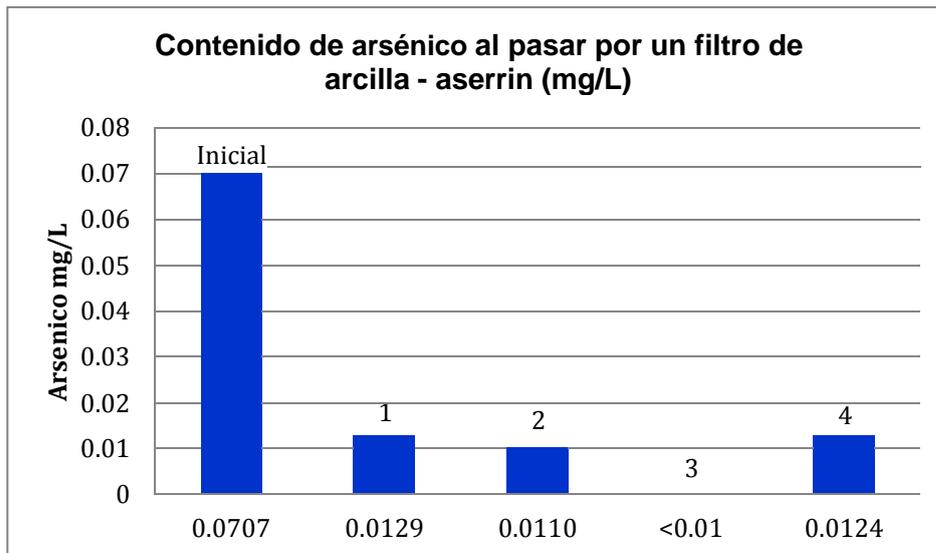


Figura 15. Contenido de arsénico al pasar por un filtro de arcilla y aserrín

4.4 Contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla – aserrín y arena

Tabla 10: Contenido de arsénico en aguas subterráneas al pasar por filtro de arcilla, aserrín y arena.

FILTRO DE ARCILLA – ASERRIN Y ARENA	
MUESTRA	CANTIDAD DE ARSENICO (mg/L)
Inicial	0.0707
1	0.0281
2	0.0099
3	0.0160
4	<0.01
Promedio	0.0138

En la Tabla 10, se observa que el contenido de arsénico al pasar por el filtro de arcilla, aserrín y arena es menor al valor inicial; obteniéndose incluso valores menores a 0.01. Los valores de arsénico oscilaron entre <0.01 a 0.0281 mg/L (*figura 16*); obteniéndose un promedio de 0.0138 mg/L.

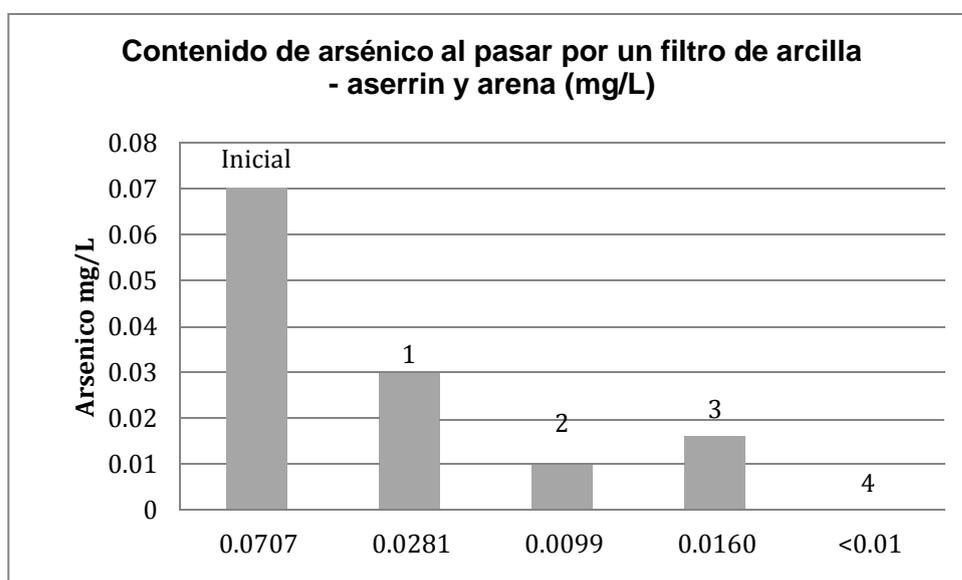


Figura 16. Contenido de arsénico al pasar por un filtro de arcilla- aserrín y arena.

	NOMBRE	Arsenico inicial	UNO	DOS	TRES	CUATRO	PROMEDIO	var	var
1	ARC+ASE	.0707	0	.0110	.001	.0124	.0093		
2	ARC+ASE+ARE	.0707	0	.0099	.016	.0010	.0138		
3	ARCILLA	.0707	0	.0236	.016	.0010	.0179		
4									

Figura 17. Resumen del Cálculo de promedios en IBM SPSS

Análisis estadístico de remoción de arsénico

Tabla 11. Arsénico presente en agua subterránea (mg/L) al pasar por un filtro de arcilla.

Estadísticos	Arcilla (mg/L)	Remoción (%)
Observaciones	4	4
Mínimo	0.0010	56.29
Máximo	0.0309	98.59
Media	0.0179	74.68
Desviación estándar	0.0111	15.66
ECA (mg/l)	0.01	-

Tabla 11, el arsénico en el agua subterránea luego de pasar por el filtro de arcilla presentó una media de 0.0179 mg/L que se encuentra aún por encima del ECA (0.01 mg/L), lo cual señala que la arcilla logra remover el arsénico, sin embargo, no logra una eficiencia que permita reducir esta concentración hasta un valor inferior al ECA.

4.5 Contenido de arsénico de aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla + aserrín.

Tabla 12. Arsénico presente en agua subterránea (mg/L) al pasar por un filtro de arcilla + aserrín.

Estadísticos	Arcilla + Aserrín	Remoción (%)
Observaciones	4	4
Mínimo	0.0010	81.75
Máximo	0.0129	98.59
Media	0.0093	86.81
Desviación estándar	0.0049	6.87
ECA (mg/l)	0.01	-

Tabla 12, el arsénico en el agua subterránea luego de pasar por el filtro de arcilla + aserrín presentó una media de 0.0093 mg/L que se encuentra ligeramente por debajo

del ECA (0.01 mg/L), lo cual señala que la arcilla + aserrín logra remover el arsénico, sin embargo, aún su eficiencia logra reducir esta concentración hasta un valor similar al ECA establecido.

4.6. Contenido de arsénico de aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla + aserrín+ arena.

Tabla 13. Arsénico presente en agua subterránea (mg/L) al pasar por un filtro de arcilla + aserrín + arena.

Estadísticos	Arcilla + Aserrín + Arena	Remoción (%)
Observaciones	4	4
Mínimo	0.0010	60.25
Máximo	0.0281	98.59
Media	0.0138	80.55
Desviación estándar	0.0099	13.94
ECA (mg/l)	0.01	-

Tabla 13, el arsénico en el agua subterránea luego de pasar por el filtro de arcilla + aserrín + arena presentó una media de 0.0138 mg/L que se encuentra aún por encima del ECA (0.01 mg/L), lo cual señala que la arcilla y los agregados logra remover el arsénico, sin embargo, no logra una eficiencia que permita reducir esta concentración hasta un valor inferior al ECA establecido.

4.7. Cantidad de arsénico removido de agua subterránea de consumo humano, al emplear filtros de arcilla y agregados, en el distrito de Huatta.

Cantidad de arsénico removido

Tabla 14. Arsénico removido por el uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)

Estadísticos	Arcilla	Arcilla + Aserrín	Arcilla + Aserrín + Arena
Observaciones	4	4	4
Mínimo	0.0398	0.0578	0.0426
Máximo	0.0697	0.0697	0.0697
Media	0.0528	0.0614	0.0570
Desviación estándar	0.0111	0.0049	0.0099

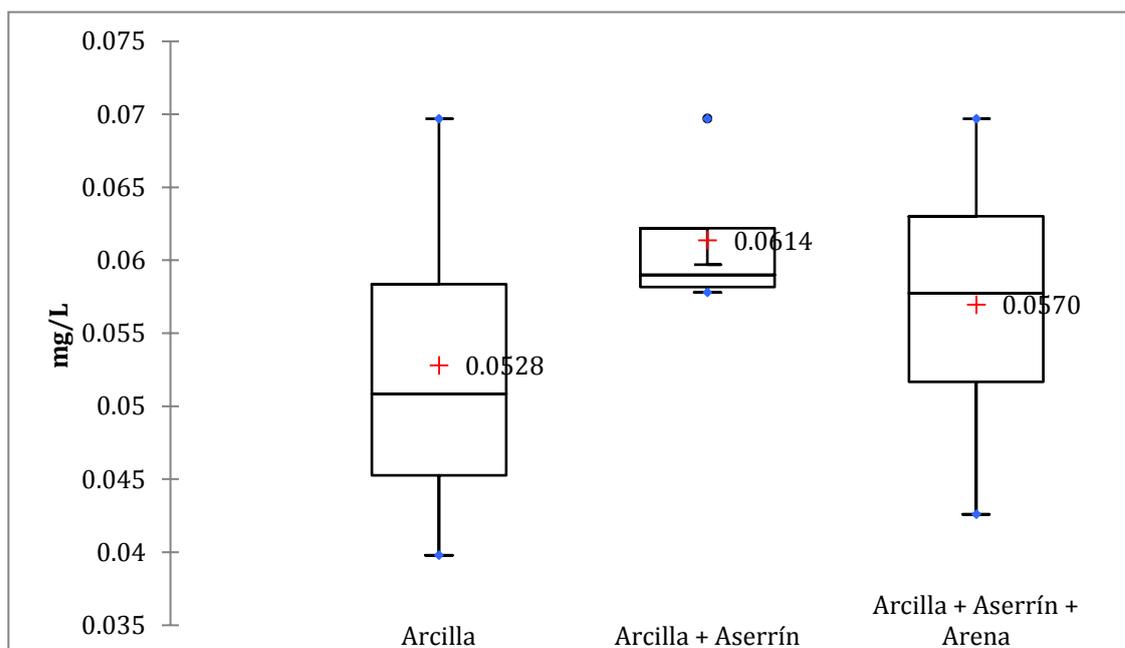


Figura 18. Arsénico removido por el uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)

Tabla 14, se observa que la cantidad de arsénico removido tuvo valor mínimo de 0.0398 mg/L para el filtro de arcilla, la máxima remoción se produjo en los tres filtros con 0.0697 respectivamente, la media más alta fue de 0.0614 mg/L en el filtro de arcilla + aserrín (figura 18), la mayor desviación estándar fue para el filtro de arcilla con 0.0111.

Tabla 15. Análisis de varianza para arsénico removido por el uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Filtros	2	0.000	0.000	0.680	0.531
Error	9	0.001	0.000		
Total corregido	11	0.001			

Tabla 15, el análisis de varianza para comparar el efecto de los tres filtros, señala que no existe diferencia estadística ($p=0.531$), con lo cual se interpreta que la cantidad de arsénico removido no es diferente entre los tres filtros utilizados.

Tabla 16. Contenido de arsénico después del uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)

Estadísticos	Arcilla	Arcilla + Aserrín	Arcilla + Aserrín + Arena
Observaciones	4	4	4
Mínimo	0.0010	0.0010	0.0010
Máximo	0.0309	0.0129	0.0281
Media	0.0179	0.0093	0.0099
Desviación estándar	0.0111	0.0049	0.0049

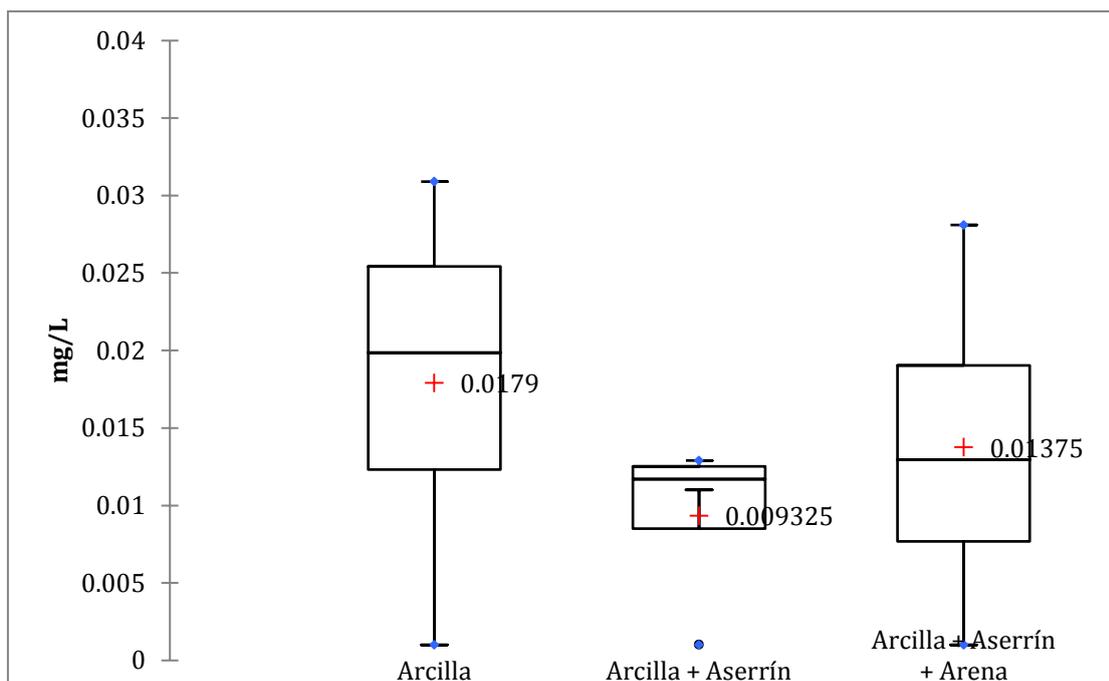


Figura 19. Contenido de arsénico después del uso de filtros de arcilla y agregados (mg/L)

Tabla 16, el contenido de arsénico analizado en el agua luego de pasar por los tres filtros evaluados, señala que en el filtro de arcilla y el filtro de arcilla+aserrín+arena presentan valores ligeramente por encima del ECA (0.01 mg/L), mientras que en el filtro de arcilla+aserrín el valor medio fue ligeramente menor al ECA.

En general el filtro de arcilla+aserrín mostro un efecto ligeramente mayor al remover el arsénico, si bien la diferencia con el resto de filtros no es estadísticamente significativa (*figura 19*).

Porcentaje de arsénico removido

Tabla 17. Porcentaje de arsénico removido después del uso de filtros de arcilla y agregados (%)

Estadísticos	Arcilla	Arcilla + Aserrín	Arcilla + Aserrín + Arena
Observaciones	4	4	4
Mínimo	56.29	81.75	60.25
Máximo	98.59	98.59	98.59
Media	74.68	86.81	80.55
Desviación estándar	15.66	6.87	13.94

El porcentaje de arsénico removido señala que este fue mayor para el filtro de arcilla + aserrín con media de 86.81%, mientras que fue menor en el filtro de arcilla con 74.68% y el filtro de arcilla + aserrín + arena presentó un 80.55% de remoción.

Análisis de pruebas de hipótesis

a. Hipótesis general

Planteamiento de hipótesis

Ha: El uso del filtro de arcilla y agregados removerá la concentración de arsénico de las aguas subterráneas de consumo humano en más de 95%.

H0: El uso del filtro de arcilla y agregados removerá la concentración de arsénico de las aguas subterráneas de consumo humano en menos de 95%.

Se utilizó la prueba de T de Student para una muestra, que permite realizar la comparación de un conjunto de valores frente a un valor de referencia (porcentaje de remoción esperado). La fórmula de cálculos es:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

T: valor calculado de t Student

\bar{X} Media muestral

μ_0 : Parámetro de comparación

S: Desviación estándar

Nivel de confianza

Se utilizó un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$).

Valores de prueba

Tabla 18. Valores de prueba

Estadísticos	Arcilla + Aserrín + Arena
Observaciones	4
Mínimo	60.25
Máximo	98.59
Media	80.55
Desviación estándar	13.94
Porcentaje esperado	95

Resultados

Tabla 19. Resultados

Estadísticos	Valor
Diferencia	-14.448
t (Valor observado)	-1.796
t (Valor crítico)	2.353
GL	3
valor-p (unilateral)	0.915
alfa	0.05

Interpretación

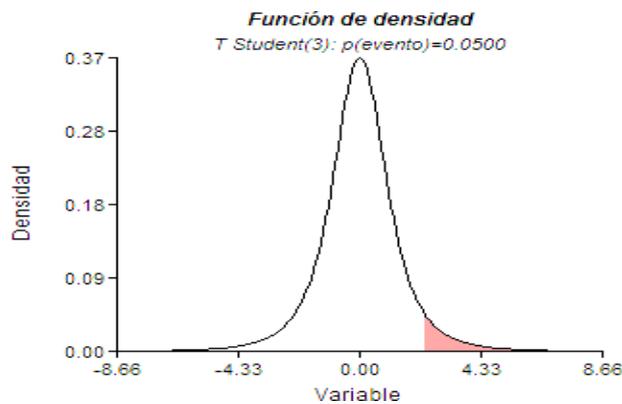


Figura 20. Interpretación de datos

Como el valor calculado de t (-1.796) de Student es menor al valor crítico (2.353), se rechaza la hipótesis alterna planteada en el estudio además se observa el valor p (unilateral) que es 0.915 es mayor a 0.05, es decir se acepta la nula que señala: El uso del filtro de arcilla y agregados removerá la concentración de arsénico de las aguas subterráneas de consumo humano en menos de 95%.

b. Hipótesis específica 1

Planteamiento de hipótesis

Ha: La concentración de arsénico de aguas subterráneas de consumo humano es mayor a 0.01 mg/L.

H0: La concentración de arsénico de aguas subterráneas de consumo humano es menor a 0.01 mg/L.

Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de Student para una muestra, que permite realizar la comparación de un conjunto de valores frente a un valor de referencia (porcentaje de remoción esperado). La fórmula de cálculos es:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

T: valor calculado de t Student

\bar{X} Media muestral

μ_0 : Parámetro de comparación

S: Desviación estándar

Nivel de confianza

Se utilizó un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$).

Valores de prueba

Tabla 20. Valores de concentración inicial de arsénico

Muestra	Arsénico (mg/L)
Muestra 1	0.0707
Muestra 2	0.0707
Muestra 3	0.0707
Muestra 4	0.0707
Muestra 5	0.0707
Muestra 6	0.0707
Muestra 7	0.0707
Muestra 8	0.0707
Muestra 9	0.0707
Muestra 10	0.0707
Muestra 11	0.0707
Muestra 12	0.0707
Promedio	0.0707

Resultados

Tabla 21. Resultados

Estadísticos	Valor
Diferencia	0.114
t (Valor observado)	2.147
t (Valor crítico)	1.796
GL	11
valor-p (unilateral)	0.027
alfa	0.05

Interpretación

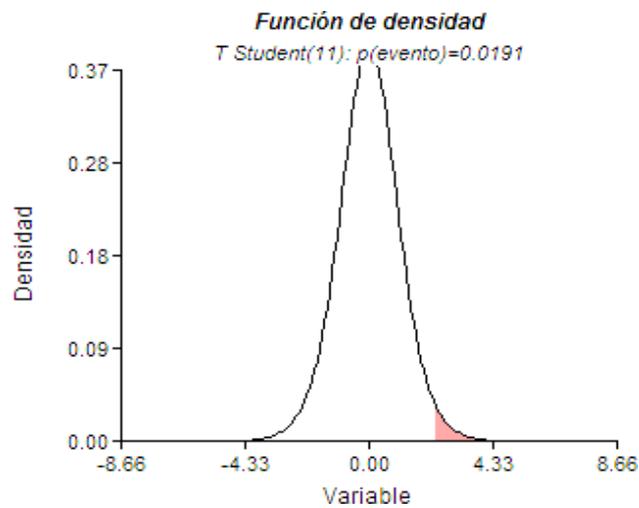


Figura 21. Interpretación de datos

Como el valor calculado de t de Student (2.147) es mayor al valor crítico (1.796) y también que el valor de p es 0.027 menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna planteada en el estudio: La concentración de arsénico de aguas subterráneas de consumo humano es mayor a 0.01 mg/L.

c. Hipótesis específica 2

Planteamiento de hipótesis

Ha: El uso del filtro de arcilla reducirá el contenido de arsénico más de 90% de las aguas subterráneas.

H0: El uso del filtro de arcilla reducirá el contenido de arsénico menos de 90% de las aguas subterráneas.

Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de Student para una muestra, que permite realizar la comparación de un conjunto de valores frente a un valor de referencia (porcentaje de remoción esperado). La fórmula de cálculos es:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

T: valor calculado de t Student

\bar{X} Media muestral

μ_0 : Parámetro de comparación

S: Desviación estándar

Nivel de confianza

Se utilizó un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$).

Valores de prueba

Tabla 22. Valores de prueba

Estadísticos	Arcilla
Observaciones	4
Mínimo	56.29
Máximo	98.59
Media	74.68
Desviación estándar	15.66
Porcentaje esperado	90

Resultados

Tabla 23. Resultados

Estadísticos	Valor
Diferencia	-15.318
t (Valor observado)	-1.694
t (Valor crítico)	2.353
GL	3
valor-p (unilateral)	0.906
alfa	0.05

Interpretación

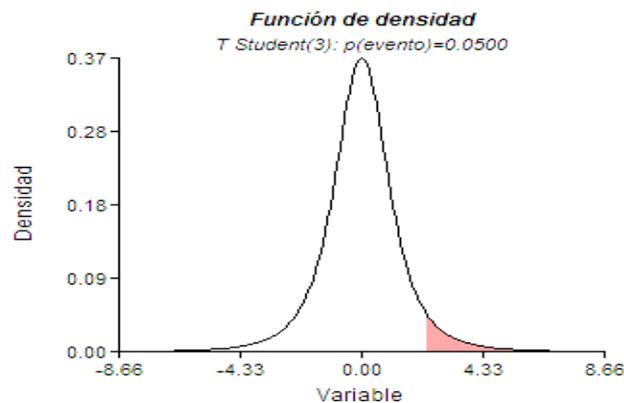


Figura 22. Interpretación de datos

Como el valor calculado de t de Student (-1.694) es menor al valor crítico (2.353), se rechaza la hipótesis alterna planteada en el estudio además se observa el valor p (unilateral) que es 0.906 es mayor a 0.05, es decir se acepta la nula que señala: El uso del filtro de arcilla reducirá el contenido de arsénico menos de 90% de las aguas subterráneas.

d. Hipótesis específica 3

Planteamiento de hipótesis

Ha: El uso del filtro de arcilla y aserrín reducirá el contenido de arsénico en más de 95% de las aguas subterráneas.

H0: El uso del filtro de arcilla y aserrín reducirá el contenido de arsénico menos de 95% de las aguas subterráneas

Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de Student para una muestra, que permite realizar la comparación de un conjunto de valores frente a un valor de referencia (porcentaje de remoción esperado). La fórmula de cálculos es:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

T: valor calculado de t Student

\bar{X} Media muestral

μ_0 : Parámetro de comparación

S: Desviación estándar

Nivel de confianza

Se utilizó un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$).

Valores de prueba

Tabla 24. Valores de prueba

Estadísticos	Arcilla + Aserrín
Observaciones	4
Mínimo	81.75
Máximo	98.59
Media	86.81
Desviación estándar	6.87
Porcentaje esperado	95

Resultados

Tabla 25. Resultados

Estadísticos	Valor
Diferencia	-8.190
t (Valor observado)	-2.065
t (Valor crítico)	2.353
GL	3
valor-p (unilateral)	0.935
alfa	0.05

Interpretación

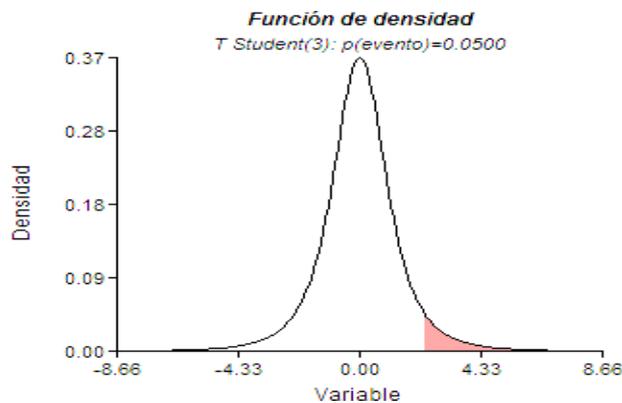


Figura 23. Interpretación de datos

Como el valor calculado de t de Student (-2.065) es menor al valor crítico (2.353) además se observa el valor p (unilateral) que es 0.935 es mayor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna planteada en el estudio, es decir se acepta la nula que señala: El uso del filtro de arcilla y aserrín reducirá el contenido de arsénico menos de 95% de las aguas subterráneas.

V. DISCUSIÓN

Con respecto a la presencia de arsénico en aguas subterráneas de consumo humano la concentración fue de 0.0707 mg/L, quiere decir que de forma natural si existe presencia de este metaloide, coincidiendo con un estudio que realizo la DIRESA Puno en el 2019 en los distritos de Coata, Huata, Capachica de la provincia de Puno donde encontraron concentraciones de arsénico hasta 0.08 mg/L; igualmente con (HUARACHA, y otros, 2019) que obtuvieron datos de 10 pozos hasta 0.082 mg/L As, otro estudio por (Apaza y Calcina, 2014) estudiaron la zona de Carancas y Huata pertenecientes a la misma región encontrando concentraciones hasta 0.05 mg/L As, (APAZA, y otros, 2014) hicieron un estudio donde tomaron muestras de 12 pozos de acuífero libre que presento rangos de 0.01 – 0.05 mg/L As y 8 pozos de acuífero confinado presento 0.1 – 0.5 mg/L As, (CCENCHO, 2018) que obtuvo en su análisis inicial 0.1 mg/L, finalmente con (TAPIA, 2017) con un 0.05 mg/L de arsénico, todos ellos superando los ECA de la categoría I para uso poblacional y recreacional que es de 0.01 mg/L As, todos los estudios mencionados fueron realizados en aguas subterráneas de modo que las concentraciones va depender mucho de la naturaleza geológica y el tiempo o estación de muestreo que puede variar.

En el caso de contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por el filtro de arcilla se obtuvo un promedio de 0.0179 mg/L As entre los rangos de <0.01 – 0.0281 mg/L de arsénico el cual se complementa con (TAPIA, 2017) donde obtuvo rangos de 0.010 – 0.04 mg/L de arsénico en el cual también uso para tratamiento de aguas subterráneas arcilla hidralgiritita, pero utilizó método de adsorción/precipitación con diferentes tiempos y cantidad de arcilla de contacto de la arcilla con el agua, en comparación con (ÁLVAREZ, y otros, 2014) en su estudio en agua de manantial en Quero – Jauja donde obtuvo rangos de 0.0051 – 0.0094 mg/L As demostrando niveles más bajos de concentración, esta diferencia es debido a los tipos de arsénico que se encuentra en cada tipo de agua es así que en aguas superficiales como manantial se encuentra el As (V) el cual es más fácil su adsorción con el adsorbato que las aguas subterráneas que encontramos los dos tipos de As (III) y As (V), siendo el arsenito más difícil de adsorber; el porcentaje de remoción fue de 74.68% en nuestro estudio el cual se complementa a lo obtenido (TAPIA, 2017) indica una capacidad de remoción fue de 84% en aguas subterránea realizada en distrito de Taraco – Puno, esta diferencia es por la metodología utilizada y por algunos inconvenientes que se tuvo al momento de fabricar el filtro de arcilla ya que no fue muy consistente también por el tiempo de

contacto de la arcilla y la forma del diseño del filtro con (ÁLVAREZ, y otros, 2014), en agua de manantial obtuvo una remoción de 97.5% por lo tanto se distingue más la capacidad de adsorción así como también interfiere en el proceso los parámetros como es el pH y temperatura esto se corrobora con (CHÁVEZ, y otros, 2011) en su estudio de un río en Apurímac con tecnología RAOS obtuvo una remoción de 98.5% de arsénico total utilizando agua sintética y 88% en agua de río, demostrando que el agua natural tiene otros minerales que interfieren en la adsorción de arsénico, cabe resaltar que en aguas subterráneas encontramos más concentración As (III) arsenito que es 10 veces más tóxico que el As (V) arseniato, también cabe mencionar según (HENKE, 2009) el pH es un factor importante en la adsorción de As (V) y As (III) ya que tiene influencia sobre las cargas iónicas en el agua como la carga estática en la superficie del adsorbente es por eso que el As(V) es más adsorbible.

Con respecto al contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla y aserrín, el promedio obtenido en nuestro estudio en agua subterránea fue de 0.0093 mg/L As, el cual es diferente a (SORIANO, 2014) que utilizó diferentes tipos de arcilla resultando el menor promedio de 0.0012 mg/L As en agua de río, en cuanto a los rangos se obtuvo <0.01 – 0.0129 mg/L As y en (SORIANO, 2014) obtuvo 0.0010 – 0.0021 mg/L As siendo este último mucho menor la concentración de arsénico después del tratamiento por los mismos motivos dichos anteriormente. Con respecto al porcentaje de remoción se obtuvo el 86.81%, resultado diferente al que obtuvo (SORIANO, 2014), en agua de río uso del mismo filtro pero con una arcilla tipo caolinita removió el 95.5% de arsénico, por otro lado comparando con otro método de tratamientos con (SANTOS, y otros, 2009), hizo su estudio en Lambayeque uso agua subterránea para dar tratamiento con carbón activado de coco obtuvo una remoción de 72% el cual es menos eficiente a comparación de la arcilla, de esto se puede indicar que la capacidad de adsorción pudiera tener un límite ya que en Lambayeque el agua subterránea presentó una concentración inicial de 0.11 mg/L y final de 0.0297 también se puede indicar que en nuestro estudio se utilizó el agregado aserrín, usado muy aparte de dar más porosidad al filtro también tiene propiedad adsorbente según (RIOS, 2014) de 28% de arsenito As (III) esto se corrobora con (QUISPE, 2016) que obtuvo remoción con aserrín a pH 4 fue de 40.5%, 25.1%, 15.9% , y a pH 7 fue de 99.8%, 99.8% y 82.3% esto por tener en su composición lignina que es un adsorbente por tener fenilpropano.

El contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla – aserrín y arena, el promedio obtenido en el tratamiento fue de 0.0138 mg/L As el cual es diferente a (SORIANO, 2014) donde obtuvo como promedio 0.0015 mg/L As, los rangos obtenidos en nuestro estudio fue de <0.01–0.0281 mg/L As y en (SORIANO, 2014) fue de 0.0010-0.0020 mg/L As siendo menor a nuestro resultado ya que se utilizó agua de río con un pH menor a 7 donde es más eficiente la adsorción de As (V) encontrándose este en mayor proporción en aguas superficiales al contrario de aguas subterráneas que se encuentra en más proporción As (III) y pH en el sistema era de 8.3 el cual no favorece la adsorción. En cuanto al porcentaje de remoción se obtuvo una remoción de arsénico de 80.55% siendo menor al que obtuvo (SORIANO, 2014) con una remoción de 95.5% de arsénico esto debido a lo explicado líneas arriba; el uso de aserrín y arena también tienen una capacidad de adsorción independientemente según (RIOS, 2014), donde el aserrín y arena adsorben 28% y 15% respectivamente de As (III), comparando con otra investigación (LEGUIA, y otros, 2016), donde también fue más eficiente la remoción de arsénico utilizando un filtro de Biorena agregando al sistema hidróxido de Fe, este reactivo ayuda a la adsorción de arsénico facilitando la remoción en un 98% de arsénico del río Chili, no se observa diferencias significativas en los diferentes tratamientos.

VI. CONCLUSIONES

La cantidad de arsénico presente en las aguas subterráneas en el distrito de Huatta se determinó en una concentración de 0.0707 mg/L, estando por encima del ECA (0.01 mg/L), por lo tanto necesita ser tratada ya que el arsénico es un metaloide toxico que afecta a la salud si se consume de forma continua ya que se bioacumula en el cuerpo, este resultado es promedio frente a otros estudios en rangos de 0.01– 0.5 mg/L en aguas subterráneas, estos resultados tiene influencia de naturaleza geológica, el tiempo o estación de muestreo.

La cantidad de arsénico removido de las aguas subterránea de consumo humano, fue para el filtro de arcilla 0.0528 mg/L, para el filtro de arcilla+aserrín fue 0.0614 y el filtro de arcilla+aserrín+arena fue 0.0570 mg/L, siendo el filtro de arcilla y aserrín el que resulto más eficiente demostrando que el aserrín tiene la capacidad de adsorción por contener lignina, ya que en este filtro se utilizó más cantidad de aserrín que en el de arcilla + aserrín y arena, pero a pesar de esto no existe diferencia estadística entre los tres ($p>0.05$), mostrando una similar eficiencia en la remoción del arsénico.

El contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla fue de 0.0179 mg/L ligeramente por encima del ECA indicando que el filtro no fue tan eficiente como otros estudios donde utilizaron métodos de remoción diferentes, el porcentaje de remoción fue 74.68% comparado con otra investigación fue el 84% utilizando también aguas subterráneas pero en diferente ámbito de estudio; otros estudios dieron un 97.5% pero fue en agua de manantial donde favorece la adsorción por el pH y por el tipo de arsénico dominante (As V) y finalmente con otro tipo de tecnología artesanal denominada RAOS se obtuvo 88% de remoción en agua de rio debido a esto también fue bajo la eficiencia de remoción debido a que parte del origen del agua también interfieren en la adsorción con otros minerales presentes en las aguas por competencia por los sitios activos y el pH del sistema ya que en ambientes oxidantes es más eficiente la adsorción que en medios alcalinos.

El contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla y aserrín fue de 0.0093 mg/L ligeramente por debajo del ECA y el porcentaje de remoción fue de 86.81%.demostrando más eficiencia debido a que el aserrín aparte de dar porosidad también adsorbe por medio de la lignina como componente adsorbente del arsénico según Ríos (2014) un 28% de adsorción de As (III), no se

encontró estudios que utilicen el mismo método en aguas subterráneas para la remoción de arsénico por lo tanto ha sido comparado con otros estudios que utilizaron el mismo método pero de diferente tipo de agua como es de río, donde se obtuvo 95.5% de remoción y finalmente comparado con otro método utilizando carbón activado de coco en aguas subterráneas obtuvo una remoción de 72% siendo menor al compararlo con nuestro estudio.

El contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla, aserrín y arena fue de 0.0138 mg/L ligeramente por encima del ECA comparado con otros estudios fue de 0.0015 mg/L. Así pero en agua de río aduciendo más eficiencia por este motivo, el porcentaje de remoción de esta investigación fue de 80.55% y en otro estudio fue 95.5% y 98% ambos en agua de río concluyendo que el origen de las aguas tiene influencia en los tratamientos.

Se obtuvieron datos de otros factores como las propiedades del agua (temperatura, conductividad eléctrica y pH que es el factor más importante en eficiencia de adsorción de metales de modo que es importante manipular en la experimentación) y condiciones de trabajo (volumen filtrado y tiempo de filtración), donde se observa que en las propiedades del agua los parámetros evaluados no sobrepasan los ECA ni antes ni después del tratamiento siendo la C.E el parámetro que disminuyó hasta un 971 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en tratamiento de filtro de arcilla + aserrín de 1276 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que fue el inicial. En cuanto a las condiciones de trabajo la cantidad de flujo por hora no considerando el filtro que se agrietó, el más eficiente fue el filtro de arcilla + aserrín + arena con 460 ml/hora. (BERNAL, 2010)

VII. RECOMENDACIONES

El uso de diferentes tipos de arcilla y las comparaciones entre estas, permitiría definir la que reduce en mayor proporción el arsénico; de esa manera se incentivaría a la producción de filtros a mayor escala para uso de la población que consume agua sin tratar.

Investigar usando diferentes proporciones de mezcla de agregados y mejorar la forma del diseño con mayor capacidad de volumen de agua y controlar el flujo de agua por único rango de tiempo en cada uno y así evaluar el porcentaje de remoción de arsénico.

En investigaciones futuras con filtros de arcilla y agregados, incluir el análisis de otros parámetros físico químico y biológico y metales pesados; así como la identificación de correlaciones entre estos sobre todo el pH experimentar en diferentes rangos para ver la mejor adsorción.

Evaluar el uso de filtros de arcilla y agregados en la remoción de arsénico en aguas sintéticas con diferentes concentraciones arsénico, con el fin de determinar el límite de concentración que podrá remover, identificando que otros factores pueden influir en la remoción de arsénico.

Usar esta tecnología artesanal en otras regiones como Cusco, Cajamarca, Arequipa y otros, donde tienen el mismo problema de consumo de arsénico, para mejorar la calidad de vida de la población expuesta al consumo de arsénico.

REFERENCIA

- ÁLVAREZ, Grace Lorena y Veli Jimenez, Luis Ernesto. 2014.** *Remoción de arsénico mediante arcilla Natural del agua procedente del manantial de Quero - Jauja.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2014.
- APAZA, R y CALCINA, M. 2014.** *Contaminación natural de aguas subterráneas por arsenico en la zona de Carancas y Huata.* Puno : Investigacion Alto Andina, 2014. 51-98.
- ATSDR. 2007.** *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registor de Enfermedades .* 2007.
- BARRIO, S. 2009.** *La Milagrosa Arcilla de Chaco - la Geofagia y la Salud Intestinal.* Lima - Peru : s.n., 2009.
- BERNAL, Cesar A. 2010.** *Metodología de la Investigación.* 3. Colombia : PEARSON, 2010.
- BISSEN, Monique y Frimmel, Fritz H. 2003.** *Arsenic a Review. Part II: Oxidation of Arsenic and Its Removel in water Treatment.* s.l. : Acta hydrochimica et hidrobiologica, 2003. 31(2):97-107.
- BOURNOD, L y Cabezas, E. 2010.** *Composición química del arsénico.* España : s.n., 2010.
- BROWMAN, D. 2013.** *Tierras comestibles de la Cuenca del Titicaca.* 2013. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071810432004002800011.
- BROWNING, B.L. 1967.** *Methods of Word Chermistry.* 2a. 1967.
- CABEZAS, Edison Damian, ANDRADE, Naranjo Diego y TORRES, Santamaria Johana. 2018.** *Introducción a la Metodología de la Investigación Cientifica.* Ecuador : s.n., 2018.

- CALCINA, Miguel Elias. 2017.** *Evaluación Geoquímica del arsénico en aguas subterráneas de la subcuenca del río Callacame, Desaguadero - Puno.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017.
- CALDERON, A C. 2001.** *Producción y Comercialización del Ladrillo Colombia Medellín.* Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2001.
- CAMPOS, Guillermo y LULE, Nallely. 2012.** *La observación, un método para el estudio de la realidad.* ISBN 18706703. Mexico : Universidad La Salle Pachuca, 2012. págs. 45-60. Vol. 7.
- CCENCHO, Susan. 2018.** *Uso de biomasa seca (cáscara de plátano) como bioadsorbente de arsénico en agua subterránea, Cruz del Medano, Morrope, Lambayeque, a nivel laboratorio.* Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- CERAMISTAS POR LA PAZ. 2000.** *Filtron - Filtro cerámico de agua.* Nicaragua : s.n., 2000.
- CHAVEZ, Mary Luz y MIGLIO, Toledo Maria. 2011.** *Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas para consumo humano.* Apurímac : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2011.
- CHOWDHURY, U K, y otros. 2000.** *Groundwater Arsenic Contamination in Bangladesh and West Bengal.* India : Environmental Health Perspectives, 2000. 108(5): 393-97.
- COCHACHIN, J M. 2018.** *Eficiencia del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas físico químicas y microbiológicas en el río Casca del distrito de Independencia - Huaraz - Ancash.* Cajamarca : Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, 2018.
- DEEDAR, N, IRFAN, A y ISHTIAQ, Q. 2008.** *Evaluation of the adsorption potential of titanium dioxide nanoparticles for arsenic removal .* 2008. 2.5.
- EL MASTIL. 2016.** 2016. Obtenido de <http://elmastilgt.com/web/products/ecofiltro-barro/>.

- FERGUSON, Jhon F y Gavis, Jerome. 1972.** Una revision del ciclo del arsenico en aguas naturales. s.l. : ELSERVIER, 1972, Vol. 6.
- FERNÁNDEZ Sanz, Beatriz. 2015.** *Ecotoxicologia del arsenico: Movilizacion en suelos y aguas, relevancia clinica y metodos de eliminacion.* s.l. : Universidad Complutense, 2015.
- FIESTAS, Maria Santos y MILLONES Ñiquen, Ana Lucia. 2019.** *Influencia de la concentracion y el tiempo de contacto del carbon activado de cascara de coco en la remocion de arsenico de aguas subterранеas de Morrope.* Lambayeque : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019.
- Gallardo, Eliana. 2017.** *Metodologia de la Investigacion.* Huancayo, Lima, 2017.
- GEMINIS, H. 2002.** *Usos y propiedades de Arcilla.* Madrid - España : s.n., 2002.
- GULLEDGE, S H y O' CONNOR, J T. 1973.** *Removal of arsenic (V) from water by adsorption on aluminum and ferric hydroxides.* Water Works Assoc : s.n., 1973.
- HENKE, K.R. 2009.** *ARSENIC, Enviromental Chemistry Health Threast and waste treatment.* . 2009.
- HERNÁNDEZ, Jacheline, MIRABAL, Paula y UZCATEGUI, Miriam. 2014.** *Poblacion, muestra, informantes clave, variable y de unidad de analisis.* Venezuela : Republica boliviana, 2014.
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. 2014.** *Metodologia de la Investigacion.* 5. Mexico : Mc Grau Hill Education, 2014. pág. 600.
- HUARACHA, Josue Angel y QUISPE Flores, Leonela. 2019.** *Determinacion de la concentracion de arsenico en aguas subterранеas en las salidad: Puno, Lampa y Arequipa de la ciudad de Juliaca.* Juliaca : Universidad Peruana Union, 2019.
- HURTADO, J. 2012.** *Metodologia de la Investigacion: guia para una comprension holística de la ciencia.* Bogota - Caracas : Ciea-Sypal y Quiron, 2012.

IGWE, J.C, NWOKENNAYA, E.C y ABIA, A.A. 2005. *The role of pH in heavy metal detoxification by biosorption from aqueous containing chelating agents* . s.l. : Africans Journal of Biotechnology , 2005.

INEI. 2017. *Instituto Nacional de Estadística e Informática* . 2017.

Jany, Nicolas Jose. 1994. *Investigación Integral de Mercados un enfoque Operativo* . Colombia : Mc Graw Hill , 1994.

JIANG, J K. 2001. *Removing arsenic from groundwater for the developing world - a review, wat. Sci. Tech.* 2001. 6,89-98.

KARTINEN, Ernets O y MARTIN, Christopher J. 1995. *An Overview of Arsenic Removal Processes. Desalination.* 1995. 103(1-2):79-88.

KHEZAMI, L, y otros. 2005. *Production and characterisation of activated carbon from wood component in powder: Cellulose, ligninm xylan.* s.l. : In Compiègne cedex, 2005. págs. 48-56. Vol. 157.

LEGUIA, Juan Carlos y PUMA Torres, Pilar Sheryn. 2016. *Diseño de filtros de Bioarena para remover metales pesados.* Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín, 2016.

ORDOÑEZ, Juan Julio. 2011. *Aguas Subterráneas - Acuíferos.* Lima : Sociedad Geográfica de Lima, 2011.

OTHAX, N, y otros. 2010. *Contaminantes presentes en el agua subterránea y superficial de la cuenca del Arroyo Azul y su riesgo sanitario integrado.* Buenos Aires : I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras, 2010. Tomo II, pp. 415-421.

PONTIUS, F W, Brown, K G y Chen, C J. 1994. *Health implications of arsenic in drinking water.* s.l. : Jour. AWWA, 1994. 86:9,52-63.

QUISPE, HILDA MARGARITA. 2016. *Recuperación de Zinc de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca por adsorción con salmuera de NaCl y aserrín de pino (Pinus sylvestres).* Puno : s.n., 2016.

- REYES Jaramillo, I. 2000.** *Las arcillas: barro, creacion, vida y arte.* 2000.
- RIOS, Paola Elizabeth. 2014.** *Cinetica de bioadsorcion de arsenico utilizando cascara de banano maduro en polvo.* Ecuador : universidad Tecnica de Machala, 2014.
- ROJAS, J. 2008.** *Potabilizacion de Aguas Superficiales mediante el Proceso de Ultrafiltracion con Menbranas arrolladas en espiral.* 2008.
- Rowell, A. 1997.** *Soil science: Methods and applications .* England : s.n., 1997.
- RUIZ, Alejandro y RODRIGUEZ, Corina lirs. 2015.** *Gestion de agua subterranea en el Barrio Cerro: los Leones de Tandil.* Argentina : Universidad Nacional entre Rios, 2015.
- SANTOS Amado, J, MAGALON Villafrades, P y CORDOVA Tuta, E. 2011.** *Caracterizacion de arcillas y preparacion de pastas ceramicas para la fabricacion de tejas y ladrillos.* Santander - Barichara : s.n., 2011. Vol 78.
- SANTOS, J, MAGALON, P y CORDOVA, E. 2009.** *Caracterizacion de arcillas y preparacion de pastas ceramicas para la fabricacion de tejas y ladrillos en la region Barichara.* Santander : s.n., 2009. Vol 78.
- SEVILI, Caniyilmaz. 2003.** *Arsenic removal from groundwater by Fe-Mn oxidation and microfiltration.* s.l. : B.S., Middle East Technical University, 2003.
- SHIH, Ming Cheng. 2005.** *An Overview of Arsenic Removal by Pressure - Driven Membrane Presesses.* 2005. 172(1):85-97.
- SORIANO, Fanny Haydee. 2014.** *Eficiencia del filtro de arcilla en la prurificacion del agua para consumo humano en Cajamarca.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2014.
- STRUCKMEIER, Wilhelm, Rubin, Yoran y Jones, J A. 2007.** *Aguas Subterraneas, ¿la solucion para un planera sediento?* s.l. : Fundacion Ciencias de la Tierra para la Sociedad, 2007.

- SUHAS, P y RIBEIRO, M. 2007.** *Lignin - from natural adsorbent to activated carbon: a review.* s.l. : Bioresource technology , 2007. 98(12),2302.
- TAM, Jorge, Vera, Giovanna y Oliveiros, Ramos Ricardo. 2008.** *Tipos, Metodos y Estrategias de Investigacion Cientifica.* s.l. : Pensamiento y Accion, 2008. 5:145-154.
- TAPIA, Lidia Rut. 2017.** *Evaluacion de arsenico con Chako (Hidralgirita) en aguas subterranas contaminadas del distrito de Taraco - Puno.* Taraco : Universidad Nacional del Altiplano, 2017.
- TOXQUI, Vaquero. 2012.** *Agua para la salud, pasado, presente y futuro.* s.l. : Consejo Superior de Investigacion Cientifico, 2012.
- VALDERRAMA, Santiago. 2006.** *Proyectos y Tesis de Investigacion Cientifica.* LIMA : San Marcos, 2006.
- WEBER, W y Morris, J. 1963.** *Kinetisc og adsorption on carbon from solution Sanit.* 1963. Eng. Div. Am. Soc. Civ. Eng. 89: 31-60..

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 26. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDAS
VARIABLE INDEPENDIENTE Filtro de arcilla y agregados	El filtro es un aparato integrado por una material poroso y carbón activado que la función es atrapar partículas o sustancias toxicas. (subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015) Arcilla son partículas minerales tiene un tamaño de 2 micras (filosilicatos) en su estructura molecular 1 átomo de sílice rodeado por 4 átomos de oxígeno. Filtro de arcilla es un dispositivo de tratamiento de aguas que lo descontamina por su microporo evita el pase de sustancias toxicas.	Será evaluada teniendo en cuenta las dimensiones arcilla y agregados.	Arcilla	Tipo de arcilla:	Hidralgiritita
				Peso	Kg
				Diámetro	Micras Um
			Agregados	Arena	Kg
				Aserrín	kg
VARIABLE DEPENDIENTE Remoción de arsénico	Remoción significa quitar algo de su lugar de origen, puede llevarse a cabo en elementos, así como también en objetos, puede ser simple o puede requerir más tiempo (Bembibre, 2012) Arsénico es un elemento de la tabla periódica y un mineral que persiste en el medio ambiente, su toxicidad depende de que sea orgánica o inorgánica (ATSDR, 2007). Remoción de arsénico consiste la remoción de arsénico. En el agua el arsénico se encuentra de forma natural el cual es de origen geológico en donde debe ser removido con un tratamiento químico	La remoción de arsénico se evaluará a través de la concentración de arsénico, propiedades del agua y condiciones de trabajo.	Arsénico	Inicial	Mg/L
				Final	Mg/L
			Propiedades del agua	pH	1-14
				Temperatura	°C
				C.E	µS/cm
			Condiciones de trabajo	Volumen	ml
				Tiempo	Hora

Anexo 2
Instrumentos de recojo de datos



Ficha Nº 1. Descripción del lugar de zona de muestreo

REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL USO DEL FILTRO DE ARCILLA Y AGREGADOS EN EL DISTRITO DE HUATTA – PUNO 2021			
Ubicación del área de estudio			
	Distrito	Provincia	Departamento
Fecha			
Nombre del investigador			
Coordenadas (WGS 84)	N		Zona
	E		Altitud
Observaciones			

[Signature]
Dr. HORACIO ARASTAS
CIP N° 25450

[Signature]
Ing. Luz Delia Quispe C.
CIP N° 131656

[Signature]
David Jesús Flores Caba
BIOLOGO
CIP: 10467

[Signature]
Ruben Seje Ibarra
INGENIERO QUIMICO
CIP 10220



LUZ DELIA QUISPE CANCAPA
INGENIERA QUIMICO
Reg. CIP N° 131656



David Jesús Flores Caba
BIOLOGO
CIP: 10467

Ficha Nº 2. Cadena de custodia

REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL USO DEL FILTRO DE ARCILLA Y AGREGADOS EN EL DISTRITO DE HUATTA – PUNO 2021			
Procedencia de la muestra			
Código del punto de muestreo			
Tipo de agua			
Nombre del responsable			
Fecha de muestreo	//	Hora de muestreo	
Ubicación del punto de muestreo	Código		
	Coordenadas (WGS 84)	E	
		N	
Altitud			
muestra	Código	Cantidad (L)	
Parámetros Inicial en campo	pH		
	Temperatura °C		
	C.E (µc/cm)		


Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450


Ing. Luz Delia Quispe C.
 CIP N° 131656


 BIÓLOGO
 CIP 10467


 Euben Seja
 INGENIERO QUÍMICO
 QF 15203



LUZ DELIA QUISPE CANCAPA
 INGENIERA QUÍMICA
 Reg. CIP N° 131656



BIÓLOGO
 CIP 10467

Ficha N°3. Datos de arsénico previos al tratamiento

REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL USO DEL FILTRO DE ARCILLA Y AGREGADOS EN EL DISTRITO DE HUATTA – PUNO 2021			
Parámetro	Cantidad	Unidad	ECA – 004 2017- MINAM
Arsénico		mg/L	0.01


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450


 Luz Delia Quispe Cancapa
 CIP N° 131656


 BIÓLOGO
 CIP 10467


 Ruben Seje Mestiza
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP 15233



LUZ DELIA QUISPE CANCAPA
 INGENIERA QUÍMICA
 Reg. CIP N° 131656



Ficha N°4. Recolección de datos de los 12 tratamientos

REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL USO DEL FILTRO DE ARCILLA Y AGREGADOS EN EL DISTRITO DE HUATTA – PUNO 2021									
Nº	Tipo de filtro	Fecha	Hora de inicio	Hora de termino	Flujo (ml/h)	Concentración de arsénico (mg/L)	PH (1-14)	Tº (°C)	C.E µc/cm
1	Arcilla								
2									
3									
4									
5	Arcilla, aserrín								
6									
7									
8									
9	Arcilla, arena y aserrín								
10									
11									
12									


 Dr. HORACIO ACOSTAS
 CIP N° 25450




 Ing. Luz Delia Quispe C.
 CIP N° 131656

LUZ DELIA QUISPE CANCAPA
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 131656


 Geólogo
 CIP 10467


 Ruben Soto
 INGENIERO QUIMICO
 CIP 102020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente universidad Cesar Vallejo**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Descripción del lugar de zona de muestreo**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										X			

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021



Dr. HORACIO ACOSTA S.
C.I.P.N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1.1. Apellidos y nombres: | Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar |
| 1.2. Cargo e institución donde labora: | Docente universidad Cesar Vallejo |
| 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: | Cadena de Custodia |
| 1.4. Autor(A) de instrumento: | León Rodríguez Lizbeth Jennifer |

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										X			

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

X

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

Lima, 30 de enero del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3
I. DATOS GENERALES

- | | |
|---|---|
| 1.1. Apellidos y nombres: | Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar |
| 1.2. Cargo e institución donde labora: | Docente universidad Cesar Vallejo |
| 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: | Datos de arsénico previo al tratamiento |
| 1.4. Autor(A) de instrumento: | León Rodríguez Lizbeth Jennifer |

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico									X				

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4
I. DATOS GENERALES

- | | |
|---|---|
| 1.1. Apellidos y nombres: | Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar |
| 1.2. Cargo e institución donde labora: | Docente universidad Cesar Vallejo |
| 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: | Recolección de datos de los 12 tratamientos |
| 1.4. Autor(A) de instrumento: | León Rodríguez Lizbeth Jennifer |

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										X			

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 C.I.P. N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Luz Delia Quispe Cancapa**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Área de Saneamiento Ambiental dist.San Miguel**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Descripción del lugar de zona de muestreo**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

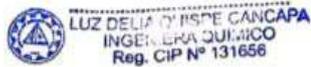
El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021


 Luz Delia Quispe C.
 CIP N° 131656


 LUZ DELIA QUISPE CANCAPA
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 131656

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Luz Delia Quispe Cancapa**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Área de Saneamiento Ambiental dist.San Miguel**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cadena de Custodia**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021


 Luz Delia Quispe Cancapa
 CIP N° 131656


LUZ DELIA QUISPE CANCAPA
 INGENIERA QUIMICO
 Reg. CIP N° 131656

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Luz Delia Quispe Cancapa**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Área de Saneamiento Ambiental dist.San Miguel**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Datos de arsénico previo al tratamiento**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										X			

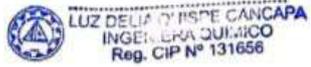
III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021


 Luz Delia Quispe Cancapa
 CIP N° 131656


VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4
I. DATOS GENERALES

- | | |
|---|---|
| 1.1. Apellidos y nombres: | Luz Delia Quispe Cancapa |
| 1.2. Cargo e institución donde labora: | Área de Saneamiento Ambiental dist.San Miguel |
| 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: | Recolección de datos de los 12 tratamientos |
| 1.4. Autor(A) de instrumento: | León Rodríguez Lizbeth Jennifer |

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

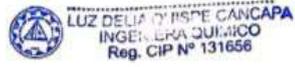
El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021



Luz Delia Quispe C.
CIP N° 131656



LUZ DELIA QUISPE CANCAPA
INGENIERA QUÍMICA
Reg. CIP N° 131656

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Blgo. Flores Calla David Nicolás**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Municipalidad de Dist. Moho**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Descripción del lugar de zona de muestreo**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021



David Nicolás Flores Calla
BIOLOGO
COP 10467

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Blgo. Flores Calla David Nicolás**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Municipalidad de Dist. Moho**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cadena de Custodia**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 x

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021

 David Nicolás Flores Calla
 BIÓLOGO
 CSP 10467

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Blgo. Flores Calla David Nicolás**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Municipalidad de Dist. Moho**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Datos de arsénico previo al tratamiento**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										X			

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021



 David Nicolás Flores Calla
 BIÓLOGO
 CIP: 10467

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4
I. DATOS GENERALES

- | | |
|---|---|
| 1.1. Apellidos y nombres: | Blgo. Flores Calla David Nicolás |
| 1.2. Cargo e institución donde labora: | Municipalidad de Dist. Moho |
| 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: | Recolección de datos de los 12 tratamientos |
| 1.4. Autor(A) de instrumento: | León Rodríguez Lizbeth Jennifer |

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico												X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021



 David Nicolás Flores Calla
 BIÓLOGO
 CDR 10467

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1
I. DATOS GENERALES

- | | |
|---|---|
| 1.1. Apellidos y nombres: | Ing. Seje Mamani Rubén |
| 1.2. Cargo e institución donde labora: | Ing. Estudios Técnicos S.A.S |
| 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: | Descripción del lugar de zona de muestreo |
| 1.4. Autor(A) de instrumento: | León Rodríguez Lizbeth Jennifer |

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021



Ruben Seje Mamani
INGENIERO QUÍMICO
CIP 162220

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Ing. Seje Mamani Rubén**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Ing. Estudios Técnicos S.A.S**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cadena de Custodia**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021


Ruben Seje Mamani
INGENIERO QUIMICO
CIP 162220

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: **Ing. Seje Mamani Rubén**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Ing. Estudios Técnicos S.A.S**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Datos de arsénico previo al tratamiento**
- 1.4. Autor(A) de instrumento: **León Rodríguez Lizbeth Jennifer**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										X			

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021


 Ruben Seje Mamani
 INGENIERO QUIMICO
 CIP 162220

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4
I. DATOS GENERALES

- | | |
|---|---|
| 1.1. Apellidos y nombres: | Ing. Seje Mamani Rubén |
| 1.2. Cargo e institución donde labora: | Ing. Estudios Técnicos S.A.S |
| 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: | Recolección de datos de los 12 tratamientos |
| 1.4. Autor(A) de instrumento: | León Rodríguez Lizbeth Jennifer |

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Minimamente aceptable			aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la tesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 30 de enero del 2021



 Ruben Seje Mamani
 INGENIERO QUIMICO
 CIP 162620

ANEXO 3
Tabla 27. Matriz de consistencia

REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO MEDIANTE EL USO DEL FILTRO DE ARCILLA Y AGREGADOS EN EL DISTRITO DE HUATTA – PUNO 2021					
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
Problema general: ¿Cuánto es la cantidad de arsénico removido de las aguas subterránea de consumo humano, al emplear filtros de arcilla y agregados, en el distrito de Huatta – Puno 2021?	Hipótesis general: La cantidad de arsénico removido de las aguas subterránea de consumo humano, al emplear filtros de arcilla y agregados será en un 95%, en el distrito de Huatta – Puno 2021	Objetivo general: Determinar la cantidad de arsénico removido de las aguas subterránea de consumo humano, al emplear filtros de arcilla y agregados, en el distrito de Huatta – Puno 2021	VARIABLE INDEPENDIENTE Filtro de arcilla y agregados	Arcilla	TIPO DE INVESTIGACION Aplicada Enfoque Cuantitativo DISEÑO: Experimental POBLACION Y MUESTRA. Población: Aguas subterránea SAP Collana I y II que contiene arsénico Muestra: 6.5 litros de agua subterránea SAP Collana I y II que contiene arsénico TECNICA: Observación, experimentación y análisis. INSTRUMENTOS: Ficha de datos
los problemas específicos: ¿Cuánto es la cantidad de arsénico presente de las aguas subterráneas en el distrito de Huatta – Puno 2021?	Hipótesis específicas: La cantidad de arsénico presente de las aguas subterráneas será mayor a 0.01 mg/L en el distrito de Huatta – Puno 2021	Objetivos específicos: Evaluar la cantidad de arsénico presente de las aguas subterráneas en el distrito de Huatta – Puno 2021		Agregados	
¿Cuánto es el contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla, en el distrito de Huatta – Puno 2021?	El contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla es un 90%, en el distrito de Huatta – Puno 2021	Evaluar el contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla, en el distrito de Huatta – Puno 2021	VARIABLE DEPENDIENTE Remoción de arsénico	Arsénico	
¿Cuánto es el contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla y aserrín , en el distrito de Huatta – Puno 2021?	El contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla y a-serrín es un 95% , en el distrito de Huatta – Puno 2021	Evaluar el contenido de arsénico de las aguas subterráneas al pasar por un filtro de arcilla y aserrín , en el distrito de Huatta – Puno 2021		Propiedades del agua Condiciones de trabajo	

Anexo 4 Informe de resultados finales de arsénico



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 02

LABORATORIO ALS LS PERU S.A.C.

1. DATOS GENERALES : LIZBETH JENNIFER LEON RODRIGUEZ

LOCALIZACION Y/O PUNTO DE MUESTREO : Región : Puno
 Provincia : Puno
 Distrito : Huatta
 Lugar : SAP Collana I y II

TIPO DE AGUA : Agua Subterránea

FECHA DE MUESTREO : 08/02/2021

HORAS DE MUESTREO : 8:00 am

MUESTREADO POR : Interesada

FECHA DE ANALISIS : 12/02/2021

METODOLOGIA : Acreditada ante INACAL

2. CALIDAD DE AGUA

Ensayos de Metales Pesados ICP MS

N° DE MUESTRAS	Unidad de Medida	LMP D.S. 031-2010 SA.	VALORES OBTENIDOS (mg/l)
HM- 00X1	mg/l	0.01	0.0707
HM- 01X1			0.0309
HM- 02X1			0.0236
HM- 03X1			0.0161
HM- 04X1			<0.01
HM- 05X1			0.0129
HM- 06X1			0.0110
HM- 07X1			<0.01
HM- 08X1			0.0124
HM- 09X1			0.0281
HM- 010X1			0.0099
HM- 011X1			0.0160
HM- 012X1			<0.01

Doris Obicara
 Supervisora de Laboratorio
 COP N° 799
 Arequipa - Perú
 ALS

Revisión: 01
Fecha de Revisión: 2016/07/01

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
 Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
 www.alsglobal.com

	ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código: F06-PP-PR-0202 Versión:07 Fecha: 10-03-21 Página: 1 de 2
---	---	---

Yo, Haydeé Suárez Alvites, docente de la Facultad Ingeniería Ambiental y Escuela Profesional Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo, Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada.

“REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO MEDIANTE EL USO DEL FILTRO DE ARCILLA Y AGREGADOS EN EL DISTRITO DE HUATTA – PUNO 2021”, de la estudiante LEON RODRIGUEZ LIZBETH JENNIFER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) abalizo dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen un plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Cesar Vallejo.

Los Olivos, 10 de marzo de 2021



Mg. Sc. Ing. Haydee Suarez Alvites

DNI: 07088154