



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Prototipo de biofiltro con arcilla, cascara de arroz y NaOH para
remoción del arsénico del Río Huandoval, Pallasca, Ancash –
2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Abanto Pérez, José Alexander (ORCID: [0000-0001-9911-5737](https://orcid.org/0000-0001-9911-5737))

Reyes Benites, Paul Neylor (ORCID: [0000-0001-8999-1290](https://orcid.org/0000-0001-8999-1290))

ASESOR:

López Carranza, Atilio Rubén (ORCID: [0000-0002-3631-2001](https://orcid.org/0000-0002-3631-2001))

LINEA DE INVESTIGACION:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA–PERÚ

2021

Dedicatoria

A mi familia, con toda satisfacción por haber sido ese motivo que todos necesitamos para lograr subir cada escalón en esta vida llamada vida, en especial a mis padres por no haberme dejado de iluminar mi camino y a verme enseñado a valorar cada esfuerzo que a lo largo de estos años ellos han realizado para convertirme en la persona que soy, ahora que me encuentro cumpliendo mis metas.

A mi hijo Jhon Alexander, por haber llegado a mi vida y llenarla de bendiciones con cada sonrisa inocente, por ser una alegría y un motivo por el cual un hombre con valores jamás se dará por vencido ni se cansará de luchar siempre hacia adelante.

A Dios, porque es el que dispone de todo, bendiciendo mi camino desde el principio hasta el final de esta carrera concluyéndola satisfactoriamente.

A los docentes que conforman esta universidad por haberme enseñado lo importante sobre esta hermosa profesión.

Agradecimiento

Gracias a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestras metas e impulsarnos a diario nuestros sueños, gracias a ellos por en cada día depositar su confianza y creer en nosotros y en nuestras expectativas, porque siempre desearon y anhelaron lo mejor para nuestras vidas. Gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que nos guiaron a lo largo de esta etapa; y sobre todo durante nuestra formación profesional que estuvo llena de retos constantes.

A los buenos amigos y personas cercanas de nuestro entorno que compartieron un poco de su conocimiento para poder lograr lo que hoy nos hace sentir orgullosos, a todos y cada uno de esas buenas personas, gracias.

Índice de contenidos

Carátula	
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	viii
Abstract	ix
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variables y Operacionalización	16
3.2.1 Variable Dependiente	16
3.2.2. Variable Independiente	17
3.3. Población, muestra y muestreo	18
3.3.1. Población	18
3.3.2. Muestra	18
3.3.3. Muestreo	18
3.3.4. Unidades de análisis	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5. Procedimiento	20
3.5.1. Recolección y procesamiento de los materiales para la elaboración del filtro	20
3.5.2. Diseño del prototipo de biofiltro	21
3.5.3. Realización del experimento	21
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos Éticos	22
IV. RESULTADOS.....	24

V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES	38
VII. RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla N°1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
---	----

Índice de figuras

Figura N° 1: Curva de pérdida de masa – análisis termogravimétrico – Arcilla Anta - Carhuaz.....	25
Figura N° 2: Curva calorimétrica DSC – Arcilla Anta – Carhuaz	25
Figura N° 3: Curva de pérdida de masa – análisis termogravimétrico – Ceniza de cáscara de arroz.....	26
Figura N° 4: Curva calorimétrica DSC – Ceniza de cáscara de arroz	27
Figura N° 5: Composición elemental de la ceniza de cáscara de arroz en % de masa.....	27
Figura N° 6: Cuantificación de las principales fases presentes en la muestra analizada.....	28
Figura N° 7: Determinación de cantidad de arsénico en el agua.....	29
Figura N° 8: Cantidad de arsénico (Mg As/L) disuelto en la muestra patrón y en los estándares de calidad ambiental para agua.	29
Figura N° 9: Variación de pH del agua durante el proceso de remoción usando el biofiltro.....	30
Figura N° 10: Grado de relación y variación de pH del agua en la muestra patrón y en las muestras experimentales en la prueba de biofiltro.....	30
Figura N° 11: Variación del nivel de arsénico en la prueba del biofiltro.....	31
Figura N° 12: Variación del nivel de arsénico (Mg As/L) durante la remoción mediante el uso del biofiltro.....	31
Figura N° 13: Porcentaje de remoción de arsénico según las muestras experimentales	32

Resumen

El presente proyecto de investigación se realizó enfocados en el beneficio económico de los pobladores del distrito de Huandoval y alrededores, así como también en sus hectáreas agrícolas y el sector ganadero, debido al alto precio de los filtros químicos que son empleados para eliminar contaminantes del agua, puesto que son demasiado costosos; es por eso que utilizamos arcilla y ceniza de cáscara de arroz, ambas materias primas del departamento de Ancash.

Para corroborar la eficiencia de remoción de los materiales usados, se realizó el ensayo a la muestra extraída del río Huandoval, denominada muestra patrón; dicho ensayo consistió en el uso de un biofiltro, éste fue un prototipo elaborado manualmente para generar un circuito recirculante de agua, las dosificaciones usadas de arcilla : ceniza de cáscara de arroz fueron: 1:1/3, 1:1/2 y 1:1; posteriormente las muestra de agua tratada se analizaron para saber el porcentaje de remoción del contaminante.

Los resultados encontrados fue que el porcentaje de remoción de arsénico respecto a las dosificaciones usadas en el ensayo del biofiltro fueron 33.44%, 40.49% y 93.56% con respecto a la muestra patrón.

Después de aplicar la prueba de hipótesis Chi-cuadrado a los resultados del ensayo, podemos decir que en ambos casos el porcentaje de remoción de arsénico del agua superficial del río Huandoval, depende del tratamiento que se le aplique (dosificación).

Palabras claves: Bio-filtro, bio-adsorción, adsorbente, ECA, remoción.

Abstract

This research project was carried out with the economic benefit of the inhabitants of the Huandoval district and its surroundings, as well as its agricultural hectares and the livestock sector, because the chemical filters used to remove pollutants from the water are too expensive; that's why I use clay and rice husk ash, both raw materials from the department of Ancash.

To corroborate the removal efficiency of the materials used, the test was carried out on the sample extracted from the Huandoval river, called the standard sample; This test consisted of the use of a biofilter, this was a prototype elaborated manually to generate a recirculating water circuit, the used dosages of clay: rice husk ash were: 1:1/3, 1:1/2 and 1:1; later, the treated water samples were analyzed to know the percentage of removal of the contaminant.

The results found were that the arsenic removal percentage with respect to the dosages used in the biofilter test were 33.44%, 40.49% and 93.56% with respect to the standard sample.

After applying the Chi-square hypothesis test to the test results, we can say that in both cases the percentage of arsenic removal from the surface water of the Huandoval river depends on the treatment applied to it (dosage).

Keywords: Bio-filter, bio-adsorption, adsorbent, ECA, removal.

I. INTRODUCCIÓN

El agua, es el líquido elemental para la vida en este planeta, por ello es el principal origen de vida de la flora, fauna y la vida humana, siendo el elemento más necesario que demanda el acelerado incremento poblacional, lo cual a su vez provoca la contaminación de este líquido elemento, provocando la escasez del mismo, teniendo en cuenta que actualmente existen en la tierra cerca de 2200 millones de habitantes que no tienen facilidad de acceso a una fuente de agua adecuada para consumo humano (OMS, 2019). Debido a que el arsénico es uno de los metales químicos naturales que resultan altamente tóxicos en la salud de las personas y la existencia en los ríos, se revisó los resultados del monitoreo realizado por ANA (2016) donde se confirmó que el nivel de arsénico en el río Huandoval, ubicado en la provincia de Pallasca en el departamento de Ancash, es de 0.068mg/l este nivel supera a los permisibles por los estándares de calidad ambiental (ECA) el cual indica que el nivel de arsénico para aguas tratables debe ser como máximo de 0.01 mg/l.

A pesar de los perjuicios para la salud humana causados por los elevados niveles de arsénico disuelto en el agua, recién desde el 2019 la ONU exige a los gobiernos cumplir con los límites permisibles que dictaminan concentraciones de arsénico menores en el agua.

Puesto que basados en, Basu, A (2014), quien nos dice que el arsénico al ser un elemento natural, el cual lo encontramos en el medio ambiente tanto de forma orgánica como inorgánica. La forma inorgánica es mucho más tóxica y se encuentra en las aguas subterráneas, superficiales y en muchos alimentos; esta forma provoca muchos efectos negativos en la salud, como cáncer (principalmente en la piel, pulmones hígado, riñones, vejiga) y efectos cardiovasculares y neurológicos.

Según la R.M N°389-2011/MINSA en países como China, Pakistán y algunos países en América Latina (Venezuela, Chile, México, Argentina, El Salvador), donde el suelo y el agua consumida por los seres humanos contienen de forma natural altos niveles de arsénico, alrededor de cuatro millones de personas consumen agua que contiene niveles de arsénico perjudiciales para su salud y la beben con regularidad (por encima de 10mg/L). En 2003, China fue el

mayor productor de compuestos de arsénico, seguida de Chile y Perú, y Estados Unidos fue el mayor consumidor de arsénico del mundo.

Para Shankar, S. (2014), el problema del arsénico radica en la fácil migración en condiciones naturales. No obstante, los seres humanos han tenido un impacto significativo en la creación de formas tóxicas de As mediante el uso de la minería, combustibles fósiles, pesticidas orgánicos, herbicidas y agentes deshidratantes agrícolas, la industria y el uso de arsénico como un aditivo alimentario para ganado y también aves de corral.

Un estudio realizado por la universidad Nacional de Cajamarca publicó en setiembre de 2015 que los pobladores de esta ciudad terminaron contaminados después de consumir productos que estuvieron expuestos al agua que proviene de la planta El Milagro que es utilizada por la minera Yanacocha, la cual es mina de oro más grande de Sudamérica.

Así mismo una publicación de octubre de 2017 reveló que en un examen médico se hallaron metales pesados en el organismo de niños menores de edad, los cuales radican en los andes del Perú debido a la exposición que tuvieron los cuerpos de los menores a la actividad minera, dicho examen se realizó por el médico especializado en calidades del medio ambiente Fernando Osorio Plenge entre setiembre y octubre del 2016.

Por ello, basados en esta problemática, se planteó la siguiente interrogante: ¿en qué medida reducirá el arsénico el biofiltro basado en arcilla y ceniza de cáscara de arroz, en proporciones 1:1/3, 1:1/2 y 1:1 disuelto en las aguas del río Huandoval en la provincia de Pallasca, departamento de Ancash?

A su vez cabe resaltar que esta investigación es de justificación social, dado que pudo ser de mucha ayuda para las poblaciones cercanas, puesto que lo que se busca son soluciones económicas para las zonas rurales, los elementos que se utilizan en este proceso son materia prima del departamento de Ancash.

Esta propuesta de biomateriales, por su disponibilidad, innovación y muy bajo costo, buscaremos utilizar sus como absorbentes naturales, para remover arsénico (As) que se encuentra en el agua del río Huandoval y de esta manera beneficiar a los habitantes del poblado de Huandoval y alrededores, en la provincia de Pallasca; también se logrará un aporte científico muy importante puesto que la purificación de agua por medio de biomateriales es un medio económico y muy solicitado para solucionar los problemas de contaminación en el agua y así generar un limpio abastecimiento de la misma para la sociedad.

Así mismo, se formuló el siguiente objetivo general: Determinar el porcentaje de remoción de arsénico disuelto en las aguas del río Huandoval, con el biofiltro basado en arcillas y cáscara de arroz en proporciones 1:1/3, 1:1/2 y 1:1. Para lograr este objetivo fue necesario plantearse los siguientes objetivos específicos: determinar la temperatura de activación térmica de la arcilla y la ceniza de cáscara de arroz mediante el ensayo de análisis térmico diferencial, determinar la composición química de la ceniza de cáscara de arroz mediante el ensayo de fluorescencia de rayos x, determinar la composición estructural de la arcilla mediante el ensayo de difracción de rayos x, extraer la muestra del río Huandoval para determinar la cantidad de arsénico y pH del agua (muestra patrón), someter la ceniza de cáscara de arroz, activada térmicamente, a una solución de NaOH al 1% para una mayor remoción de metales, elaborar manualmente un prototipo, el cual funcionará como biofiltro para la remoción de arsénico de la muestra patrón, preparar la mezcla de los absorbentes en las dosificaciones indicadas y calcular su porcentaje de remoción usando el biofiltro elaborado manualmente y finalmente realizar una validez mediante probabilidades estadísticas.

A consecuencia de la interrogante planteada anteriormente, se elaboró la siguiente hipótesis: el biofiltro basado en arcilla y cáscara de arroz, en proporción 1:1/3, 1:1/2 y 1:1, removerá al 100% el arsénico disuelto en las aguas del río Huandoval en la provincia de Pallasca, departamento de Ancash.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se hacen referencia los antecedentes de autores los cuales hicieron investigaciones y aportes, puesto que estos ayudaron a comprender el marco de nuestra investigación.

A nivel internacional según **José Ignacio, Ceseña Quiñonez (2019)**, realizó su investigación en la Universidad de Guanajuato – México sobre: “*Remoción de arsénico del agua para consumo humano empleando un hidróxido doble laminar Mg/Fe*” El agua contaminada por presencia de arsénico se ha tornado un problema grave para la salud pública en todo el planeta. El uso de compuestos de hidrotalcita neutra (HT) ha demostrado ser una alternativa eficaz y práctico para la absorción de arsénico, debido a su alta tasa de remoción y su costo barato. El hidróxido doble en capas de Mg/Fe se sintetizó por coprecipitación para eliminar el arsénico del agua que lo contiene. Este sólido se polimerizó a 100°C y a 350°C y se determinó por XRD y DSC-TGA. Se efectuaron varios ensayos para ayudar en la eliminación de arsénico mediante el balanceo de contacto en un sistema de lotes utilizando una solución de arsénico sintético y muestras de manantial. El sólido tratado térmicamente a 350°C reveló tener capacidad de eliminar el arsénico, con una capacidad de absorción de 447.7 mg de arsénico por gr de absorbente en 180 min de tiempo. Esta capacidad de eliminación es gracias a la temperatura térmica a la que fue tratada.

Asimismo, **Vania Isabel Martínez Peña (2018)**, esta investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – México sobre: “*REMOCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA MEDIANTE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE FERRITA DE NÍQUEL CUBIERTAS CON QUITOSÁN DE *Aspergillus niger**” En este trabajo de investigación se describen procesos eficientes para la extracción de quitosán fúngico por medio de un método ácido/alcalino. Se ha determinado que el quitosán es un biopolímero que posee una propiedad quelante de iones metálicos. Además, se desarrolló un procedimiento de co-precipitación en una sola etapa factible vii para la síntesis de las nanopartículas magnéticas de ferrita de níquel las cuales están recubiertas con quitosán fúngico. Los sistemas magnéticos nanoestructurados (con y sin quitosán) mostraron la capacidad para remover arsénico presente

en agua de la Comarca Lagunera efectuando la recuperación de éstas con un campo magnético externo. Se identificó que, a un número determinado de exposiciones, las nanopartículas magnéticas de ferrita de níquel las cuales están recubiertas con quitosán en efecto son eficientes para la adsorción de arsénico en aguas que contengan con dicho metaloide.

Del mismo modo, **M. Martínez-Cabanas (2017)**, estudio realizado en la Universidad de Coruña sobre: "*Desarrollo de Materiales Híbridos para la Eliminación de Arsénico de Medios Acuáticos*" La contaminación de los ecosistemas acuáticos representa un alto grado de riesgo para los organismos y las personas que viven allí. El desarrollo de métodos tecnológicos limpios, eficientes y económicos son los retos a los que se enfrenta la humanidad actualmente. En el transcurso de las últimas décadas se han llevado a cabo muchas investigaciones para eliminar los contaminantes del agua utilizando sustancias naturales o restos de actividades agropecuarios e industriales. En este trabajo se sintetizaron materiales híbridos a partir de elementos naturales o de costo bajo. Se han utilizado materiales híbridos sintéticos como absorbentes para eliminar el arsénico del agua. La síntesis y caracterización estructural de estos materiales híbridos es parte fundamental de esta tesis. Al mismo tiempo, se estudiaron diversos parámetros fisicoquímicos que alteran el proceso de absorción de arsénico con cada uno de los materiales que aquí se han sintetizados. Asimismo, se ha elaborado también estudios de absorción en columna para corroborar la viabilidad de dicho proceso a mayor escala. Por último, también se realizaron estudios de remoción de cadmio y 2,4,6-trinitrotolueno para verificar la eficacia de estos materiales híbridos en la eliminación de otros contaminantes.

Por otro lado, para **Rivera A, Piña, J. (2016)**, realizaron su investigación en la Facultad de Ingeniería de Campus Morelos: "*Remoción de arsénico de agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de adsorción*" donde se probaron zeolitas naturales para la eliminación de arsénico a partir del agua potabilizada en conjunto con Fe en un estudio piloto que se realizó a pequeña escala. En sus experimentos, los autores Ribera A. y Piña J.

emplearon zeolitas las cuales ya se encontraban recubiertas por óxido de Fe, adquirido en una planta industrializada de eliminación de Fe. Dichos autores emplearon una muestra de agua de pozo de suministro de Mazatlán, Sinaloa, una de las ciudades importantes en México (As: 0.021-0.032 mg/L, Fe: 0.41-3.18 mg/L). El proceso de intercambio iónico es rápidamente continuo por un proceso de oxidación mediante Cl₂, el cual forma una capa de óxido de Fe en la zeolita. Este revestimiento va a absorber el Fe disuelto. En estos procesos el 19-60 % de arsénico fue removido gracias a la coprecipitación como compuestos insolubles de Fe.

De igual manera, **Andrea Acuña-Piedra, Andrés Araya-Obando, Luis G. Romero-Esquivel (2016)**, realizaron su investigación en el Instituto Tecnológico de Costa Rica sobre: "*Selección teórica de adsorbentes potenciales naturales de bajo costo para la remoción de arsénico en el agua de consumo humano en Costa Rica*" El arsénico disuelto en el agua destinada para consumo humano puede dañar gravemente la salud de quienes lo consumen. En Costa Rica, las fuentes de agua potable que consumen los humanos tienen niveles de arsénico por encima del límite permitido (10 µg/L). En algunos países se ha utilizado con éxito la eliminación de arsénico con materiales absorbentes. Para lo cual se han empleado diversos materiales absorbentes sintéticos, ya sean de origen natural o un el resultado de procesos agrícolas o industriales. Los absorbentes de carácter sintético, en su mayoría cuentan con una alta capacidad de absorción lo cual a su vez significa un alto costo adquisitivo, contrario a esto, los materiales de origen natural o residuos de procesos suelen ser más económicos y factibles de obtener, aunque tienen capacidades de absorción menores. En el marco de dicho contexto, se muestra un examen de varias opciones de materiales de origen natural y fuentes locales con muy bajo costo adquisitivo, con una composición relativamente alta en óxidos de aluminio, titanio y hierro, los cuales se les podría emplear para eliminar el arsénico disuelto en el agua.

A nivel nacional, según **Herrera Santur, Wendy Carolina (2020)**, en su investigación realizada en la Universidad Cesar Vallejo sobre: "*Remoción de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope empleando cloruro*

férrico y cal.” En esta investigación se tuvo por objetivo calcular la eficacia de la eliminación de arsénico por medio del uso de cloruro férrico y cal, los elementos coagulantes tienen la propiedad de desestabilizar a las partículas coloidales una vez que son agregados en agua. Por consiguiente, los productos de origen químico son caracterizados como tratamientos efectivos para la remoción de arsénico en las aguas subterráneas. La muestra de agua que se empleó en esta investigación fue extraída del pozo que se encuentra en el centro poblado menor Cruz del Médano – Mórrope, la cual en el análisis mostró que contiene 0.10mg/l e arsénico. Este estudio se ejecutó a nivel de laboratorio, se desarrollaron técnicas de coagulación/floculación y se plantearon 15 pruebas, el cual consistía en oxidar el As (III) a As (V) contenido en 4 litros de agua agregando 2 gotas de hipoclorito de sodio tal como se planteaba la biografía posteriormente examinada. También se empleó cloruro férrico en dosis de 300 mg/l, 200 mg/l y 100 mg/l y también se usa bastante cal para llevar la muestra de agua al pH establecido de 5,6,7 y 8. Posteriormente se procedió a la mezcla en revoluciones rápidas y lentas, estas estuvieron 1 minuto 100 rpm y 10 minutos 30 rpm.

De la misma forma, **Avendaño Cáceres, Edgardo (2019)**, en su investigación realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (Tacna) sobre: *“Remoción de arsénico del Río Sama empleando la metodología de hierro cero Valente (Cuenca del Río Sama, Provincia de Tacna)”* La innovación de hierro Valente cero, fue plasmada al siguiente trabajo de indagación, el cual se complementó con radiación solar y citrato. La lana de acero comercial fue la fuente de hierro y citrato que se empleó en esta investigación, así mismo el limón conseguido en el mercado local de Tacna, estos son insumos fáciles de conseguir y de muy bajo costo, constituyendo así una solución alternativa de nivel casero. La metodología fue adaptada a una muestra de agua del trío Sama (sector de Yaras). Se propuso un diseño experimental factorial 2², más tres puntos centrales con la finalidad de establecer el dicto de los factores: limón (gotas) y cantidad de hierro (gr), con esta finalidad se mantuvo constante el tiempo expuesto a la radiación solar y sedimentación. Los resultados que se obtuvieron en el proceso de exploración

nos mostraron que la cantidad de hierro es el único factor significativo, el proceso tuvo un comportamiento lineal con un $r^2 = 75.63\%$. al finalizar las cinco distintas circunstancias experimentales y agregando una gota de limón y dos gr de lana de acero, obtuvimos que el mayor porcentaje de arsénico fue de 98%.

Por otro lado, **Cruz Novoa, Bryan Richard (2019)**, realizo su investigación sobre: “*Estabilización del pH en la Laguna Verde 3, usando arcilla y almeja.*” El propósito de este estudio fue equilibrar el pH del agua extraída de la laguna verde 3, que actualmente tiene un pH ácido de 3.56, esta laguna se encuentra ubicada a 4073 m.s.n.m en el distrito de Quiruvilca en la provincia de Santiago de Chuco, departamento de la Libertad. Los materiales empleados (arcilla, almeja) tiene la característica que al ser activados térmicamente muestran pH alcalino de 10.15 y 13.67 correspondientemente. Ese mezclado fue utilizado en dosificaciones 2:1:1 y 2:2:1 en híbrido, previamente se con la mezcla se realizaron esferas de 2mm de diámetro, posteriormente estas muestras fueron sometidas al ensayo de juego de jarras para finalmente determinar su rango de alcalinidad mediante el ensayo de pH, finalmente se consiguió como consecuencia para la dosificación 2:1:1 un pH de 7.65; de la misma manera para la dosificación 2:2:1 el pH final fue 9.77, ambos resultados finales se encuentran dentro del rango alcalino lo cual permite la estabilización del agua de la laguna verde 3. Adicional, basándonos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, los resultados de la dosificación 2:1:1 están entre los parámetros del límite máximo permitido para el consumo de las personas.

Asimismo, **Chumbes Chacón, Joel Efraín (2018:)**, hizo su investigación en la Universidad Cesar Vallejo sobre: “*Reducción de arsénico en aguas subterráneas empleando uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones, Taparachi, Juliaca*” El siguiente trabajo de indagación se realizó con la finalidad de reducir la presencia de arsénico disuelto en las aguas subterráneas de Juliaca-Taparachí, en cuyas aguas la concentración de arsénico es de 0.06 mg/L, este nivel excede el límite máximo permisible de acuerdo a la norma técnica peruana, la cual pone un límite máximo de 0.05

mg/l y de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) el límite máximo permisible es de 0.01 mg/L; en esta investigación se implementó la oxidación solar como una propuesta para la remoción de arsénico, por lo que se usó zumo de limón, el cual funciona como catalizador para de esta manera apresurar el proceso de oxidación del alambre de hierro expuesto al medio ambiente, por consiguiente los 12 resultados de las 12 pruebas experimentales realizadas al agua subterránea de la ciudad de Juliaca – Taparachí, nos indican que se disminuyó notoriamente la proporción de arsénico en un 97% y 98%. La eliminación de arsénico se logró realizando la mezcla de 6kg de alambre de hierro, 1.3 ml de zumo de limón y 8 horas de exhibición al medio ambiente en radiación solar, esto logró reducir la presencia de arsénico en un 98.18%.

De la misma forma, **Zare Aurora, Kenyu Erik (2018)**, esta investigación fue realizada en la Universidad Privada San Pedro (Chimbote) sobre: “Remoción de arsénico de las aguas del Rio Santa usando arcilla natural del centro poblado de Otuzco – Cajamarca.” El objetivo de este proyecto de investigación es comprobar si la arcilla natural del centro poblado de Otuzco – Cajamarca, activada térmicamente, es eficaz para eliminar el arsénico en el agua que se encuentra a 100 metros antes de la desembocadura del río Santa hacia el mar, para lo cual fue necesario realizar un examen de los modelos extraídos de las aguas del río Santa, previamente y posteriormente de ser manipuladas. Este informe es una indagación explicativa basada en una dirección cuantitativa y de esquema experimental. Se desplegó el examen de datos en tablas en Excel. La muestra de agua antes del tratamiento contenía arsénico en una concentración de 0.0878 mg/l y después del tratamiento se obtuvo una concentración de 0.079 mg/l, esto demuestra una efectividad de 10.02% con respecto a la muestra patrón. A pesar de la cantidad de arsénico removida, el resultado final sigue sobrepasando el nivel permisible establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) el que nos dice que el límite máximo permisible es de 0.010 mg/l en aguas para consumo de las personas.

Finalmente a nivel local, **Bayona García, Celeste Blanca Violeta – López Villanueva, Tula Guadalupe (2020)**, realizaron su investigación en la Universidad Cesar Vallejo acerca de: “*Purificación del agua de consumo comunitario empleando carbón activado de cascara de nogal (Juglans regia L.) en Tambillos – Pomabamba – Ancash*” el objetivo de este estudio fue comprobar el grado de desinfección utilizando carbón activado de cáscara de nogal (*Juglans regia L.*) en el agua consumida por los habitantes de Tambillos – Pomabamba – Ancash 2020. Durante el proceso de muestreo se sacaron 30 litros del ojo de agua, a esta muestra se le examinaron las particularidades organolépticas, físico-químicas y microbiológicas, donde las deducciones obtenidas destacan a los límites lícitos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua de consumo para las personas. Luego, durante el experimento se recogió restos de cáscara de nogal (*Juglans regia L.*) para finalmente elaborar el carbón activado a partir de esta. Los ejemplares empíricos estuvieron valuados dentro de frascos de plástico de 1 litro, con la idéntica cantidad del modelo patrón. A cada botella se añade diferente cantidad de carbón activado (60gr, 120gr y 180gr) con desiguales turnos de conservación (40 min, 80 min y 120 min) para eliminar el manganeso y hierro. Finalmente concluimos que el carbón activado de cáscara de nogal es eficaz para eliminar metales como manganeso y hierro, donde la muestra experimental 3 con 180gr y 120 min elimina en 50.01% la presencia de Mn de la muestra y 55.83% la presencia de Fe, siendo esta la más efectiva.

Asimismo, **Quijano Carranza, Dony Antony (2020)**, realizó su investigación en la Universidad Privada San Pedro (Chimbote) sobre: “*remoción de arsénico de las aguas del río Pelagatos empleando ceniza de paja de trigo*” este proyecto de indagación basado en ceniza de cáscara de trigo (Dosis 2gr, 2.5gr y 3gr) fue eficiente para la remoción de arsénico en el agua de río Pelagatos en la provincia de Pallasca departamento de Ancash, las coordenadas UTM del punto de extracción de la muestra patrón fueron: zona 18L Este: 18651 y Norte: 9095598 respectivamente, con una Altitud de 3964 msnm. La presente investigación se trabajó con metodología experimental, inicialmente se empezó por calcinar la paja de trigo, a continuación, se

efectuó la prueba del juego de jarros a cada una de las muestras experimentales, el tiempo en contacto entre los absorbentes y la muestra de agua fue en 3 tiempos, primero de 3 min a 100 rpm, segundo 15 min a 50 rpm y el tiempo de reposo fue de 15 min. Finalmente, los resultados de las muestras experimentales fueron: muestra n°1 removi6 el 39%, muestra n°2 removi6 56% y muestra n°3 removi6 70% respectivamente con respecto a la muestra patr6n; concluyendo as6 que los resultados en las muestras n°2 y n°3 son efectivos ya que se encuentran dentro de los par6metros de agua para consumo humano seg6n ECA.

Del mismo modo, **Rodas Salazar, Diego Antonio (2019)**, en su investigaci6n sobre: "*Remoci6n de fosforo en aguas residuales utilizando cenizas de hoja de eucalipto y arcilla.*" Esta investigaci6n tuvo como finalidad elaborar un compuesto empleando hoja de eucalipto y arcilla de Anta-Carhuaz, con el objetivo de lograr la remoci6n de plomo en el agua excedente. Basados en estudios anteriores los cuales han confirmado que las hojas del eucalipto poseen actividades anti-hipergluc6micas y anti-hiperlipid6micas entre otras, dichas actividades corresponden a agregados fen6licos. Se emple6 metodolog6a experimental, la cual radic6 en la elaboraci6n de 120 granos biofiltrantes de 3mm de di6metro a base de arcilla, hoja de eucalipto y maicena y en las dosificaciones seg6n la muestra experimental, experimental 1: 1:1:1 y experimental 2: 1:2:1, posteriormente se activ6 la funci6n de renovaci6n a una temperatura de 250°C. Luego se efectu6 el examen de prueba de jarras a 100rpm durante 2 min y 50rpm durante 15 min. Al finalizar dicho ensayo se valid6 la eficacia de remoci6n de fosforo entre las muestras experimentales 1 y 2 son de 62.2% y 84.6% respectivamente con respecto a la muestra patr6n.

Por otro lado, **Dom6nguez Villanueva, Miriam Yaveli (2017)**, en su investigaci6n sobre: "*Remoci6n de ars6nico de las aguas del rio Huandoval utilizando un compuesto de arcilla, almid6n y fierro*" La finalidad de esta indagaci6n fue comprobar la eficacia de remoci6n de ars6nico en el agua del r6o Huandoval en el punto que desemboca en el r6o Tablachaca, de un compuesto de arcilla, almid6n y fierro (Dosificaci6n A:1, A:1/3 y Fe:1/2). Esta

es una indagación aplicada y explicativa, inicialmente se tomaron 3 muestras de agua del punto en mención, después de realizar el proceso experimental con el material compuesto, luego se procesan los datos en excel y SPSS 18, posteriormente para analizar los datos se fabricarán tablas, gráficos y porcentajes, finalmente los resultados fueron validados empleando la prueba de hipótesis t-student. Por ello, se han desarrollado soluciones alternativas para recuperar esta agua contaminada y aprovecharla mejor.

Igualmente, **Cribillero Maguiña, Yudi Stefani (2016)**, "*Propuesta de un biofiltro compuesta de choro (*aulacomya ater*) y arcilla para el sistema de agua en el caserío de Tomeque – Yautan – Casma*" Esta investigación consistió en la elaboración de un biofiltro a base de choros y arcilla con la finalidad de mejorar el sistema de abastecimiento de agua en el caserío de Tomeque. Tomaron muestras, esta estuvo conformada por 10 viviendas para así determinar el número de personas que son afectadas por la falta de tratamiento de agua. Este estudio está relacionado con la propuesta de un biofiltro a base de choros y arcilla, esto le permite ajustar su dinamismo bactericida y aprobará establecer si el agua es idónea para el consumo de las personas dado que en este lugar no cuentan con un apropiado método de agua potable, se espera que esto permita a los residentes de Tomeque consumir un agua sin contaminantes.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Según Carrasco (2019), el tipo de estudio de investigación básico tiene el diseño de ampliar los conocimientos teóricos, sin mostrar interés directo por posibles aplicaciones.

En esta oportunidad, hablamos de una investigación aplicada, ya que nos permitió utilizar los conocimientos existentes para darle respuesta a una interrogante que nace a raíz de una problemática (alto porcentaje de arsénico disuelto en el agua).

Diseño de investigación: Según La Universidad de Barcelona, el esquema experimental es un proceso de investigación que tiene como finalidad instaurar una relación clara de causa y efecto entre las variables. Para lograr esto, el experimentador debe actuar de la siguiente manera:

- 1) Incitará el fenómeno que quiere estudiar. Ósea, manejará la variable independiente.
- 2) Encerrará el fenómeno que quiere estudiar. Ósea, manejará el efecto de las variables extrañas.

Por consiguiente, desarrollaremos una investigación experimental ya que estaremos manipularemos la variable independiente en cuanto a los porcentajes de arcilla, cascara de arroz y NaOH que se añadirán a las muestras del agua tomadas del río Huandoval, Pallasca, Ancash.

3.2. Variables y Operacionalización

3.2.1 Variable Dependiente: Porcentaje de remoción de arsénico.

Definición Conceptual:

Reyes et al (2016) plasma la definición del término remoción como “la separación de metales pesados disueltos en un elemento líquido” (p.35)

Basu et al (2014) “el arsénico se encuentra en la atmósfera, el suelo, las rocas, los cuerpos de agua, los minerales y organismos de forma inorgánica, orgánica y metilada”.

Definición Operacional:

El equipo utilizado para su medición será la espectroscopia de absorción atómica, que calcula la congregación de arsénico actual en las soluciones de agua.

Indicador:

Referido en proporción de remoción de arsénico (As).

3.2.2. Variable Independiente: El biofiltro de Arcilla y Ceniza de Cáscara en arroz en proporción 1:1/3, 1:1/2 y 1:1.

Definición Conceptual:

En esta variable, Alarcón y Ferrera. (2016) un biofiltro se define como “un filtro biológico que elimina los contaminantes de las aguas residuales además de ser ecológicos y económicos”. (p. 15).

Definición Operacional:

La herramienta utilizada para su medición será una báscula analítica, este calcula el peso expresado en gramos.

Indicador:

Está citado en gramos de la mezcla de arcilla y ceniza de cáscara de arroz en proporción 1:1/3, 1:1/2 y 1:1, sobre mililitros de agua de la muestra. **(gr/ml)**.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población se encuentra conformada por el agua fluente en el río Huandoval, en el tramo RHuan1.

3.3.2. Muestra

La muestra está comprendida por tres porciones de agua extraídas del lugar de estudio, las cuales suman una cantidad de 11 litros que fueron extraídos y transportados según como lo indica la Norma NTE INEN 2169:2013.

3.3.3. Muestreo

Se ejecutó un muestreo no probabilístico por beneficio, de toda el agua fluente del río Huandoval se eligió el punto de control RHuan1 para la experimentación y la muestra fue tomada lo más cerca posible por facilidad de acceso para los tesisistas.

Así mismo, bajo *criterio de inclusión* se eligió un punto de muestreo que está cerca al punto de control RHuan1, el cual se halla aún más cerca de los principales contaminantes.

De la misma manera, *como criterio de exclusión* se han excluidos los puntos más lejanos considerados como área de influencia, así mismo también los puntos que están cerca de la zona de influencia, pero estos fueron difíciles de acceder.

3.3.4. Unidades de análisis

1 litro de agua del río Huandoval, provincia de Pallasca, departamento de Ancash.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla N°1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

OBJETOS ESPECÍFICOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Determinar las propiedades de la arcilla.	Observación científica.	Gráfico de Kols and Kovash	Determinar los límites de consistencia y el tipo de arcilla.
Determinar el análisis térmico diferencial de la arcilla de Anta-Carhuaz para su óptima temperatura de activación.	Observación científica.	Curva de pérdida de masa y Curva calorimétrica ATD	Encontrar la temperatura de activación en un tiempo determinado
Extraer una muestra del río Huandoval para determinar la cantidad de arsénico y pH del agua (Muestra Patrón).	Observación científica.	Tabla ECA y prueba de jarras	Determinar cantidad de arsénico y pH del agua
Determinación de la composición química de la ceniza de cáscara de arroz	Observación científica.	Ensayo de fluorescencia de rayos x	Remoción de arsénico.

Fuente: Elaboración Propia, 2021.

3.5. Procedimiento

3.5.1. Recolección y procesamiento de los materiales para la elaboración del filtro

Se empezó extrayendo la arcilla de un yacimiento de Anta-Carhuaz, esta fue sometida al proceso de lavado y filtrado a través de la tela organzo para separar arcillas, limos y grava, se tamizó por la malla N° 200 y se envió a la ciudad de Trujillo para que se le realice el examen de análisis térmico diferencial (ATD) y así establecer la adecuada temperatura de activación. Posteriormente se trasladó una muestra de arcilla activada térmicamente a la ciudad de Lima para realizar el examen de difracción de rayos x y determinar la estructura de la muestra.

También se trajo la muestra de cáscara de arroz del Valle de Santa, la cual fue sometida a una pre calcinación para reducir el volumen de la misma, posteriormente fue tamizada por la malla N° 200 y también fue trasladada a la ciudad de Trujillo para el ensayo de ATD correspondiente, y de la misma manera, la muestra activada térmicamente también fue llevada a la ciudad de Lima para realizarle el examen de fluorescencia de rayos X y determinar la estructura química de la muestra, finalmente se sometió esta muestra activada térmicamente a una solución de NaOH preparada al 1% para incrementar su capacidad de eliminación de metales.

Luego se trajo la cantidad de agua necesaria para el proceso experimental, esta fue extraída de las aguas del río Huandoval en la provincia de Pallasca, departamento de Ancash; y se transportó en un cooler para ser llevado a un laboratorio donde se le realizará el ensayo de pH y se determinará la cantidad de arsénico que contiene esta denominada muestra patrón.

3.5.2. Diseño del prototipo de biofiltro

Este prototipo consiste en unir tres piscinas de agua (baldes) con tuberías rectas de ½” las cuales deben tener incorporada una llave de control (llave de paso) para controlar el caudal, en la primera piscina se colocará una capa de piedra de espesor de 2” con piedra de ½” y sobre ésta irá dos capas de grava de 1” de espesor, las cuales tendrá entre ellas dos papeles de filtro y entre estos los absorbentes en las dosificaciones respectivas.

En la tercera piscina se colocó una bomba sumergible con una potencia de 6w. con una línea de impulsión de ½” que conecte ésta con la primera piscina y de esta manera hacer recircular el agua en un circuito cerrado para que esté constantemente filtrándose por los absorbentes usados.

El tiempo necesario que esté la muestra en recirculación deberá ser determinado por los investigadores basándose en antecedentes o en investigación propia.

3.5.3. Realización del experimento

Puesto que el biofiltro casero elaborado para este proceso consta de tres piscinas, cada una de estas tiene una función distinta.

La primera piscina tiene la función de almacenar el filtro de piedras de ½” y piedra grava, así como también los absorbentes en sus dosificaciones respectivas dentro de una cubierta de papel de filtro, así también esta primera piscina recibe el agua de la tubería de impulsión proveniente de la recirculación del sistema para un filtrado constante con los absorbentes.

La finalidad de la segunda piscina es que el agua entre sin presión y de esta manera lograr que se asienten los sólidos en el fondo de esta piscina, de esta manera lograr una disminución en la cantidad de sólidos totales y transportar por rebose hacia la tercera piscina un agua con menor cantidad de sólidos.

Finalmente, en la tercera piscina se almacena el agua más limpia y ésta es la encargada de contener en ella una bomba sumergible, la cual a través de una línea de impulsión bombea el agua hasta la primera piscina creando de esta manera un sistema de recirculación para un mayor porcentaje de absorción del contaminante, según el tiempo de recirculación que el investigador estime apropiado.

Al finalizar el proceso de remoción, será de la tercera piscina de donde serán extraídas las muestras para sus respectivos exámenes de laboratorio.

3.6. Método de análisis de datos

En esta indagación puesto que contamos con una variable cuantitativa, continua y paramétrica; y cuya escala de medición es la razón, los investigadores emplearon un análisis descriptivo, el cual sirvió para determinar la técnica estadística de la media aritmética y porcentajes, en donde se graficaron los resultados en diagramas de barras y diagrama tipo pastel para una mejor objetividad. A continuación, se realizó la prueba de hipótesis Chi-cuadrado, ya que el análisis de datos se mantuvo ligado a la hipótesis.

3.7. Aspectos Éticos

La actual tesis se rigió con el código de ética de la Universidad Cesar Vallejo, según la ley universitaria 30220 mediante oficio N°0275-2020-VI-UCV con fecha 28 de agosto del 2020, Fomentando la integridad científica de las investigaciones, plasmando los máximos estándares de rigor científico, responsabilidad y honestidad, para aseverar la exactitud del conocimiento científico, protegiendo los derechos y bienestar de los partícipes de los estudios, investigadores y la propiedad intelectual.

Según el código de ética de IEEE, Advancing Technology for Humanity, en el campo de las ingenierías, los altos estándares éticos, que tienen en cuenta la responsabilidad, la integridad, la competitividad técnica, el

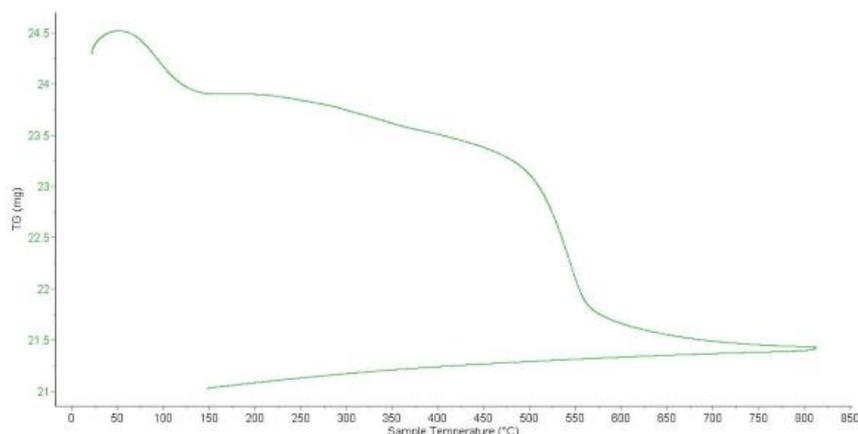
trato justo y la colaboración experta en la toma de decisiones, son parte del principio de que la tecnología afecta la calidad de la vida humana.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados de la temperatura de activación térmica de los absorbentes.

4.1.1. determinación del análisis térmico diferencial de la arcilla de Anta - Carhuaz para la óptima temperatura de activación.

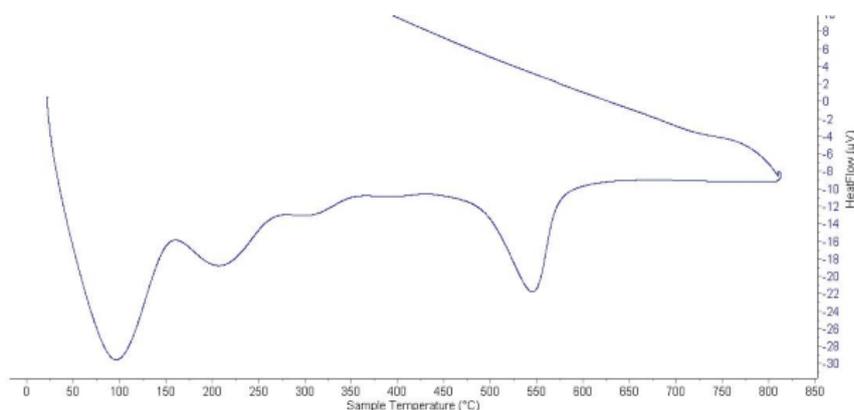
Figura N° 1: Curva de pérdida de masa – análisis termogravimétrico – Arcilla Anta - Carhuaz



Fuente: Laboratorio de polímeros - UNT

Interpretación: En el examen termogravimétrico se muestra dos importantes caídos del material, la primera entre un rango de 70°C hasta 120°C, posteriormente se muestra una caída más intensa entre el rango de 470 y 560° posteriormente la caída es más leve, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 9% de su masa inicial.

Figura N° 2: Curva calorimétrica DSC – Arcilla Anta – Carhuaz

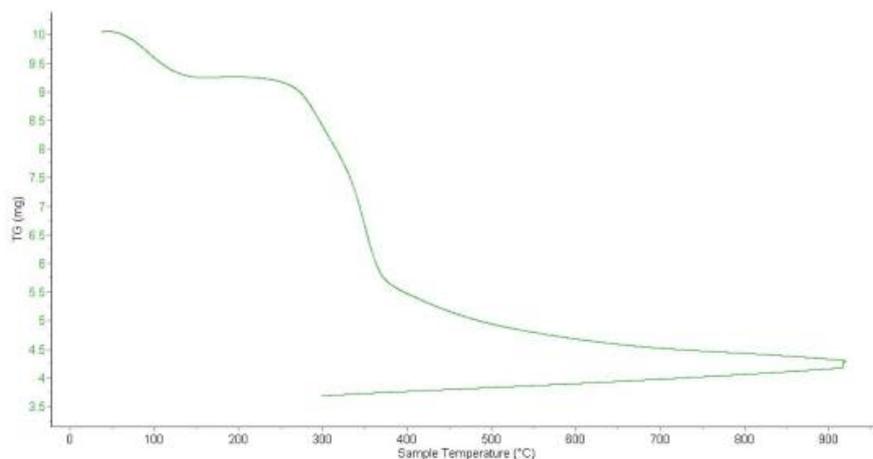


Fuente: Laboratorio de polímeros - UNT

Interpretación: Respecto al examen calorimétrico, se logra mostrar una primera banda endotérmica, aproximadamente a 100°, luego a 250° y más adelante un pequeño pico a aproximadamente 550°C, todas estas temperaturas podrían indicar alteración estructural y cambio en las peculiaridades en el material.

4.1.2. determinación del examen térmico diferencial de la ceniza de cáscara de arroz.

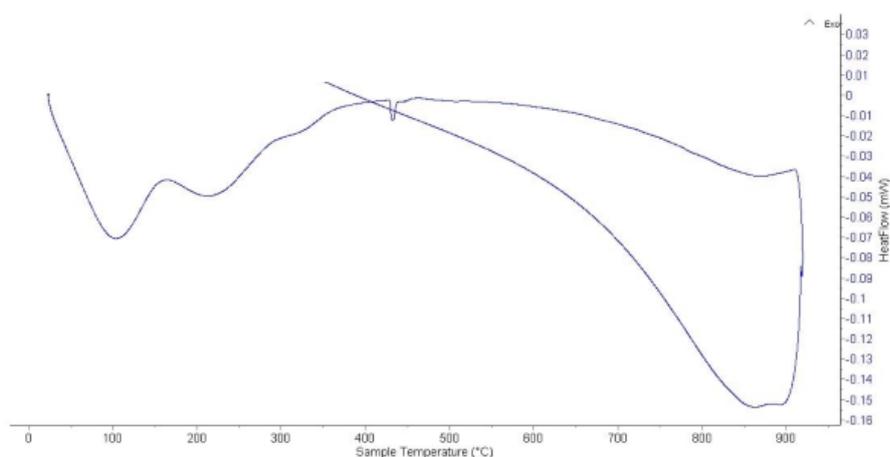
Figura N° 3: Curva de pérdida de masa – análisis termogravimétrico – Ceniza de cáscara de arroz



Fuente: Laboratorio de polímeros - UNT

Interpretación: Según el examen termogravimétrico se evidencia dos desplomes del material, la primera se da en un nivel entre 80 y 130°C y la más significativa, la segunda, se da entre 270 y 350°C a la postre el desplome es pausado, incluso alcanzar a derrochar un total de 54% de su masa originaria aproximadamente cuando se ha tocado su máxima temperatura de examen.

Figura N° 4: Curva calorimétrica DSC – Ceniza de cáscara de arroz



Fuente: Laboratorio de polímeros - UNT

Interpretación: conforme al examen calorimétrico, se logra mostrar picos endotérmicos en 100 y 210°C y posteriormente, más adelante, se evidencia una leve subida de absorción térmica a 430°C la cual es una temperatura que indica un cambio estructural y de las características del material.

4.2 Determinación de la composición química de la ceniza de cáscara de arroz mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X.

Figura N° 5: Composición elemental de la ceniza de cáscara de arroz en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	1.918	2.104
SiO ₂	82.377	90.354
P ₂ O ₃	0.647	0.710
SO ₂	0.394	0.432
ClO ₂	1.080	1.185
K ₂ O	3.578	3.924
CaO	0.856	0.938
TiO	0.011	0.012
MnO	0.151	0.166
Fe ₂ O ₃	0.124	0.136
Ni ₂ O ₃	0.002	0.002
CuO	0.004	0.005
ZnO	0.021	0.023
SrO	0.009	0.010
Total	91.171	100.00

Fuente: Laboratorio de Arqueometría – UNMSM

4.3 Determinación de la composición estructural de la arcilla mediante el ensayo de difracción de rayos X.

Figura N° 6: Cuantificación de las principales fases presentes en la muestra analizada

Muestra	Fase	%W
M2021-071-001-a	<i>Goethite</i> (Fe+3O(OH))	100
	<i>Calcite</i> (Ca(CO ₃))	1.4
	<i>Montmorillonite (bentonite)</i> ((Na,Ca) _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·xH ₂ O)	81.5
	<i>Alternaric acid hydrate</i> (C ₂₁ H ₃₀ O ₈ ·H ₂ O)	2.9
	<i>Muscovite-1M, syn</i> (KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂)	3.1
	<i>Quartz; syn</i> (SiO ₂)	1.1

Fuente: Laboratorio de difracción de rayos x – UNMSM

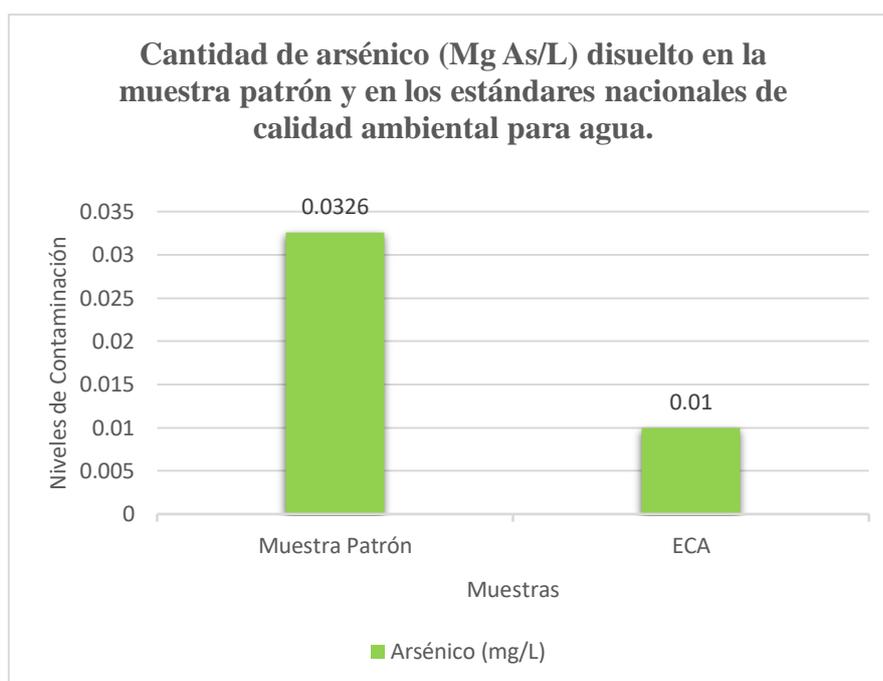
4.4 Cantidad de arsénico (Mg As/L) disuelto en la muestra de agua antes del tratamiento (muestra patrón) en relación al límite máximo permisible de los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua.

Figura N° 7: Determinación de cantidad de arsénico en el agua

MUESTRA	Mg As/L
Muestra patrón	0.0326
ECA	0.01

Fuente: Laboratorios de COLECBI SAC

Figura N° 8: Cantidad de arsénico (Mg As/L) disuelto en la muestra patrón y en los estándares de calidad ambiental para agua.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Del ensayo de metales podemos observar que la muestra patrón (0.0326 Mg As/L) presenta una cantidad elevada de arsénico en relación al máximo permisible para ECA (0.01 Mg As/L).

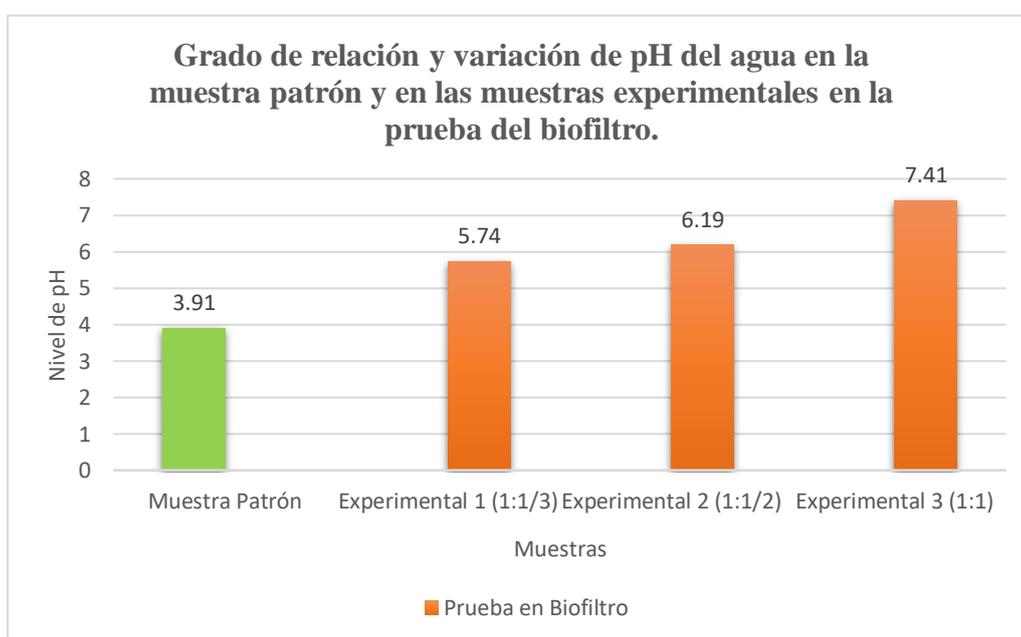
4.5 Determinación de la variación del pH en la muestra patrón y en las muestras experimentales en la remoción durante el uso del biofiltro.

Figura N° 9: Variación de pH del agua durante el proceso de remoción usando el biofiltro

MUESTRA	pH
Muestra Patrón	3.91
Experimental 1	5.74
Experimental 2	6.19
Experimental 3	7.41

Fuente: Laboratorios de COLECBI SAC

Figura N° 10: Grado de relación y variación de pH del agua en la muestra patrón y en las muestras experimentales en la prueba de biofiltro



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Del ensayo de remoción utilizando el biofiltro podemos observar un incremento del pH en relación directamente proporcional a la dosificación empleada, el pH se ha incrementado debido a las muestras alcalinas que se han empleado para la remoción.

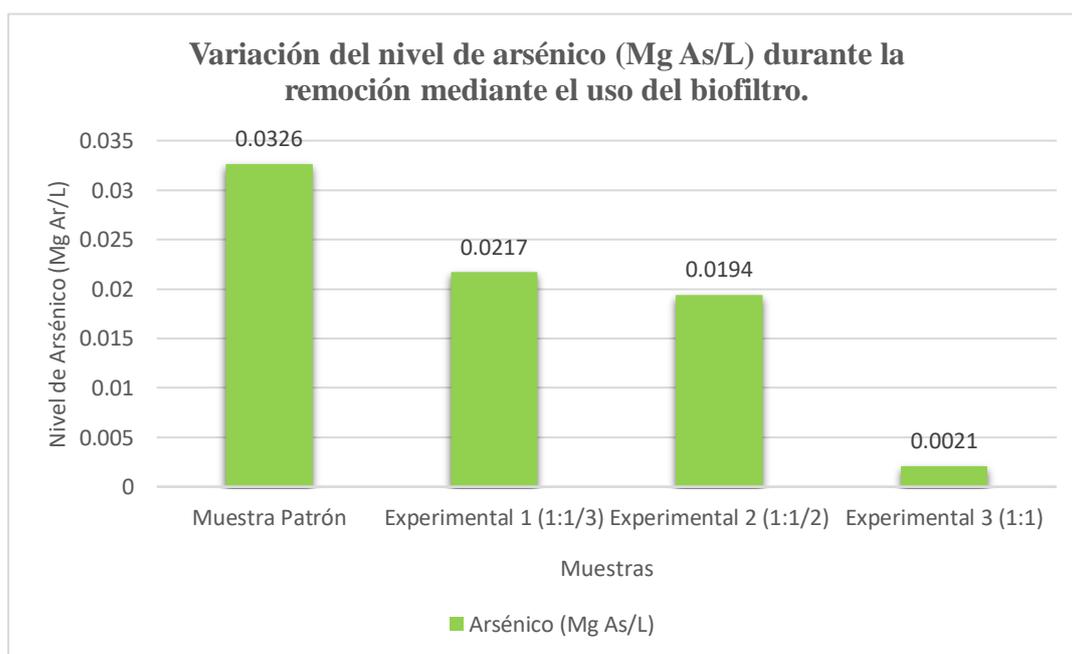
4.6 Cantidad de arsénico (Mg As/L) disuelto en el agua (muestra patrón) en comparación con las cantidades removidas de arsénico (muestras experimentales) durante la remoción utilizando el biofiltro elaborado manualmente.

Figura N° 11: Variación del nivel de arsénico en la prueba del biofiltro

Arsénico	Mg As/L
Muestra patrón	0.0326
Experimental 1 (1:1/3)	0.0217
Experimental 2 (1:1/2)	0.0194
Experimental 3 (1:1)	0.0021

Fuente: Laboratorios de COLECBI SAC

Figura N° 12: Variación del nivel de arsénico (Mg As/L) durante la remoción mediante el uso del biofiltro.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Del ensayo de remoción del contaminante utilizando el biofiltro, podemos observar el porcentaje de remoción de arsénico en cada una de las muestras experimentales, siendo estas las siguientes: 33.44%, 40.49% y 93.56% respectivamente, esto corrobora la eficiencia del biofiltro elaborado y de los absorbentes usados para la remoción de arsénico.

4.7 Determinación de la validez estadística de los resultados utilizando la prueba de hipótesis Chi-cuadrado.

Figura N° 13: Porcentaje de remoción de arsénico según las muestras experimentales

TRATAMIENTOS	REMOCIÓN DE ARSÉNICO
Experimental 1 (1:1/3)	33.44
Experimental 2 (1:1/2)	40.49
Experimental 3 (1:1)	93.56

Fuente: Elaboración propia

$$X^2_{\text{abs}}=19.16342 \quad \text{gl}=2$$

Interpretación: Después de aplicar la prueba de hipótesis Chi-cuadrado, a los resultados de la prueba de remoción en el biofiltro, para prueba de diferenciación de una muestra y siendo $X^2_{\text{abs}}=19.16342 > X^2_{\text{tabla}}=5.991$, podemos decir que si existe relación entre el resultado y la variable.

V. DISCUSIÓN

La finalidad de la presente investigación fue concluir si el prototipo de biofiltro basado en arcilla y ceniza de cáscara de arroz sería eficiente para la remoción de arsénico, posteriormente realizadas las investigaciones y realizadas las dosificaciones respectivas se determinó cuál de las tres dosificaciones usadas llegó a hacer un biofiltro eficaz y con una capacidad mayor para remover arsénico disuelto en una muestra de agua y de esta manera responder la interrogante planteada al inicio de la investigación y a su vez verificar la hipótesis plasmada.

Para lograr a corroborar anteriormente lo dicho, a la arcilla y cáscara de arroz se le practicaron ensayos iniciales, los cuales tuvieron por objetivo realizar la caracterización de estos, y posteriormente ser sometidos a la etapa de experimentación para llegar a evaluar el potencial de bioadsorción de cada dosificación de la biomasa; donde se obtuvo que:

De acuerdo al análisis calorimétrico de la arcilla, observamos la primera banda endotérmica, aproximadamente a 100°C, luego a 210°C y más adelante un pequeño pico a aproximadamente 550°C, todas estas temperaturas podrían indicar cambio estructural y cambio en las características del material, lo cual coincide con la tesis de Zare Aurora Kenyu Erik (2018), donde en los resultados del análisis térmico diferencial (ATD) para la activación térmica de la muestra de arcilla, podemos ver un pico endotérmico a 540°C, también podemos ver que en la tesis de Quijano carranza Dony Antony (2020), vemos que el examen térmico diferencial que le brindó el laboratorio fue de 600°C, con un tiempo de residencia de 45 minutos, y en el examen calorimétrico de la ceniza de cáscara de arroz, se puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y 210°C y, más adelante, se evidencia una leve subida de absorción térmica a 430°C, esta temperatura indica un cambio estructural y cambio del material, lo cual coincide con Quijano Carranza Dony Antony (2020), según el análisis calorimétrico, se puede mostrar un pico endotérmico en torno a 100°C consecutivamente se evidencia una leve subida de absorción térmica a 750°C esta temperatura indica un cambio estructural y cambio de las características del material.

Según la constitución primordial de la ceniza de cáscara de arroz en porcentaje de masa, del examen de fluorescencia de rayos x, el 90% de los óxidos presentes en la muestra es de SiO_2 , los iones de este elemento tienen un estado de oxidación de +4, esto es ideal para la remoción de arsénico el cual sus iones cuentan con un estado de oxidación de -3.5, ambas cargas positivas y negativas se van a atraer al entrar en contacto, lo cual también coincide con la tesis de Quijano Carranza Dony Antony (2020), donde se muestran los resultados del análisis primordial de la ceniza de paja de trigo en porcentajes de masa de los óxidos presentes, donde el más abundante fue el óxido de silicio (SiO_2) con 80.48%.

En el ensayo de difracción por rayos x se detalla los elementos con mayor porcentaje en la muestra de arcilla, siendo estos el Al_2O_3 y SiO_2 con un porcentaje de 19.74% y 70.093% y unas cargas de +3 y +4 respectivamente, las cuales favorecerán la remoción de arsénico y probablemente la existencia de otros metales pesados presentes en la muestra de agua, lo cual contradice con la tesis de Zare Aurora Kenyu Erik (2018) el cual nos dice que el análisis realizado por difracción de rayos x, el cual indica la composición estructural de la arcilla, muestra una moscovita, la cual presenta bajas propiedades de absorción.

En la muestra patrón observamos el nivel de arsénico, el cual supera en 3 al nivel máximo permisible por ECA, esto se debe principalmente a la actividad minera de la zona, y un pH ácido dado a la naturaleza de los contaminantes, y vemos que en la tesis de Zare Aurora Kenyu Erik (2018), se observa que la muestra antes del tratamiento contiene 0.0898 mg As/L el cual es de 8 veces más al nivel permisible por ECA, igualmente coincide con la tesis de Chumbes Chacón Joel Efraín (2018), nos dice que la total de arsénico en el agua subterránea desenterrada en la ciudad de Juliaca – Tarapachi sector 3 jirón Aliaga, es de 0.06 mg As/L con un pH de 7.1 por lo que exceden lo determinado por la OMS y D.S. N°031-2010.

Al activar por segunda vez la ceniza de cáscara de arroz poniéndola en contacto con una solución de NaOH al 1%, esto generó una reacción exotérmica por la naturaleza del activante (NaOH), se obtuvo como resultado

la incrementación de los poros de la muestra puesto que una solución de NaOH es considerada como un activante alcalino según el artículo científico *Minerals for pollution control vol. 1 2006*.

Los resultados al usar el biofiltro en el proceso de remoción fueron 33.44%, 40.49% y 93.56%, según las dosificaciones respectivas, puesto que el tiempo en contacto entre los absorbentes y el agua fueron mayor a otros ensayos realizados en laboratorios como el ensayo de prueba de jarras, y gracias a un filtro de piedra de capas de diámetro degradado se obtuvo una disminución en el nivel de sólidos totales, de la misma manera disminuyó la conductividad eléctrica de la muestra, el pH del agua fue equilibrado gracias a la naturaleza alcalina de los absorbentes, esto coincide con la tesis de Chumbes Chacón Joel Efraín (2018), donde explica que en relación a las diferentes cantidades de alambre de hierro de 6 y 8 gramos con 1.3ml de jugo de limón y expuestas a la irradiación solar por 6 y 8 horas, se evidenció que la técnica propuesta para la remoción de arsénico es muy seguro puesto que alcanzó una remoción máxima de 98.15% de arsénico con un pH de 6.5, de la misma forma la tesis de Wendy Carolina Herrera Santur (2020), donde la eficiencia de remoción de arsénico en estado de oxidación logra tener mejores resultados usando cloruro férrico y cal resultó ser eficiente, logrando así un 99% de remoción de arsénico en pH de 5,6,7 y 8, de las muestras de las aguas subterráneas del distrito de Morrope, así mismo en la tesis de Quijano Carranza Dony Antony (2019), realizando una comparación entre los resultados de las muestras de agua del grupo experimental podemos concluir que se disminuyó la cantidad de arsénico diluido en el agua en un 70% de la muestra M3 de 3gr de paja de trigo, tomando como referencia la muestra patrón.

Según la prueba de hipótesis Chi-cuadrado aplicado a la prueba de remoción por biofiltro obtuvimos que los resultados si tienen relación con la variable, es decir que la proporción de eliminación de arsénico en este caso depende de la dosificación que se usará, podemos ver que en la tesis de Quijano Carranza Dony Antony (2019), observamos que posteriormente de emplear la prueba de hipótesis t-student para modelos afines y $p < 0.05$ podemos decir

que la medida de las diferencias antes y después de aplicar la ceniza de paja de trigo es significativamente diferente de cero ($p=0.025$), por lo que también podemos indicar que la adición de ceniza de paja de trigo es efectiva para la remoción de arsénico en el río Pelagatos, distrito de Pampas, Pallasca, Ancash.

VI. CONCLUSIONES

1. La arcilla de Anta – Carhuaz alcanzó su temperatura de activación térmica a los 550°C por el tiempo de 45 minutos y la ceniza de cáscara de arroz logró su activación a los 430°C por el tiempo de 120 minutos.
2. La ceniza de cáscara de arroz activada térmicamente contiene 90.354% de SiO₂.
3. La arcilla de Anta – Carhuaz es de tipo montmorillonita con 81.5% de pureza.
4. Actualmente el río Huandoval se encuentra contaminado con arsénico en un nivel de 0.0326 mg/L. y un pH ácido de 3.21.
5. Al someter la ceniza de cáscara de arroz activada térmicamente a una solución de NaOH al 1%, se vuelve más porosa e incrementa su capacidad de absorción de metales.
6. El biofiltro elaborado manualmente basado en arcilla y ceniza de cáscara de arroz son eficientemente favorables en la remoción de arsénico del agua, con una eficiencia que alcanzó el 93.56% Mg As/L en comparación con los límites permisibles por ECA (0.001 Mg As/L).
7. La prueba de hipótesis Chi-cuadrado demostró que la proporción de remoción de arsénico está en relación directamente proporcional a la dosificación a usarse en el proceso de remoción.

VII. RECOMENDACIONES

Se deja presente las recomendaciones para los estudiantes que deseen seguir con esta investigación:

1. Se encomienda recurrir a la arcilla de Anta – Carhuaz para la remoción de metales por su composición química, así como también la cáscara de arroz del valle de Santa.
2. Investigar al compuesto con otras dosificaciones para considerar su eficiencia en una remoción al 100% de arsénico y otros metales.
3. Investigar si las dosificaciones usadas en este proyecto tienen las propiedades para dejar la muestra de agua apta para el consumo humano después del tratamiento con el biofiltro.
4. Se recomienda mejorar el biofiltro colocando las piscinas de agua alineadas de manera ascendente, recuperar por gravedad alrededor del 85% del agua empleada inicialmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUÑA-Piedra Andrea, Araya-Obando Andrés, Romero-Esquivel Luis G. (2016), “Selección teórica de adsorbentes potenciales naturales de bajo costo para la remoción de arsénico en el agua de consumo humano en Costa Rica”

Disponible en: <https://n9.cl/aihbo>

ALARCÓN, Alejandro y FERRERA, Ronald. Biorremediación de suelos y aguas contaminadas con compuestos orgánicos e inorgánicos. México: Trillas, 2016. 333 pp.

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

Disponible en: <https://n9.cl/7lhxe>

AVENDAÑO Cáceres, Edgardo (2019), “Remoción de arsénico del Rio Sama utilizando la metodología de hierro cero Valente (Cuenca del Rio Sama, Provincia de Tacna)”

Disponible en: <https://n9.cl/hrm18>

AYROS Carpio, Emileny S.; Coaquira Larico, Amparo D., “Optimización del proceso coagulación – floculación para la eliminación de arsénico en la planta de tratamiento de agua potable Hernán Perochena – Mollendo”

Disponible en: <https://n9.cl/1itvz8>

BASU, A., D. Saha, R. Saha, T. Ghosh, and B. Saha. 2014. A review on sources, toxicity and remediation technologies for removing arsenic from drinking water. Res. Chem. Intermed. 40: 447-485.

Disponible en: <https://n9.cl/hgrpf>

BAYONA García, Celeste Blanca Violeta – López Villanueva, Tula Guadalupe (2020), “Purificación del agua de consumo comunitario con carbón activado de cascara nogal (*Juglans regia* L.) en Tambillos – Pomabamba – Ancash”

Disponible en: <https://n9.cl/hmlif>

BEGAZO Valencia, Ysabo Polet; Pareja Molina, Stefanny Jesus, "Biosorción de arsénico utilizando biomasas secas en aguas superficiales"

Disponible en: <https://n9.cl/gghwv>

CARRASCO, Sergio (2019), Metodología de la Investigación Científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Perú: Editorial San Marcos EIRLTDA, 2019. 476 pp.

ISBN: 978-9972-38-344-1

Disponible en: <https://n9.cl/1gal1>

CESEÑA Quiñonez, José Ignacio (2019), "Remoción de arsénico del agua para consumo humano empleando un hidróxido doble laminar Mg/Fe"

Disponible en: <https://n9.cl/avyt>

Código de ética IEEE (Advancing Technology for Humanity)

Disponible en: www.ieee.org/about/corporate/governance/p7-8.html

CONDORI Flores, Soledad Soraida; Cordova Huaracha, Virginia, "Evaluación de la remoción de arsénico del agua subterránea del distrito de Sabandía, provincia de Arequipa, utilizando como adsorbente zeolita natural (clinoptilolita) acondicionada con óxido de hierro"

Disponible en: <https://n9.cl/m1bqa>

Contaminación minera en Perú: informe médico reveló presencia de metales pesados en menores.

Disponible en: <https://n9.cl/34u4u>

COAQUIRA Jhuallanca, Crish Lucero, "Remoción de arsénico de aguas naturales por proceso de oxidación con hierro y radiación solar del sector rural Caracoto Puno"

Disponible en: <https://n9.cl/qr8uf>

Clays and Clay Minerals for Pollution Control

Disponible en: <https://n9.cl/qed4>

CRUZ Novoa, Bryan Richard (2019), “Estabilización del pH en la Laguna Verde 3, usando arcilla y almeja”

Disponible en: <https://n9.cl/20rdy>

CRIBILLERO Maguiña, Yudi Stefani (2016), “Propuesta de un biofiltro compuesta de choro (*Aulacomyza ater*) – arcilla para el sistema de agua en el caserío de Tomeque – Distrito de Yautan – Provincia de Casma”

Disponible en: <https://n9.cl/pnhvt>

CHUMBES Chacón, Joel Efraín (2018), “Reducción de arsénico en aguas subterráneas mediante uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones, Taparachi, Juliaca”

Disponible en: <https://n9.cl/fuxzq>

DOMINGUEZ Villanueva, Miriam Yaveli (2017), “Remoción de arsénico de las aguas del río Huandoval utilizando un compuesto de arcilla, almidón y fierro”

Disponible en: <https://n9.cl/pqzqb>

Estado Peruano, «Ley Universitaria 30220.,» Diario El Peruano, 2014.

Disponible en: <https://n9.cl/kivhz>

ESCARCENA Flores, Carmen Rosa, “Remoción del arsénico de las aguas municipales y pozos domésticos en la ciudad de Juliaca por precipitación alcalina”

Disponible en: <https://n9.cl/8vls>

FRAGOULI, Despina et al. Bioelastomeric Composite Foams for the Removal of Pb²⁺ and Hg²⁺ from Water [en línea]. Revista ACS Sustainable Chem. Eng., 2016, 4 (10), pp 5495–5502. Setiembre 2016.

Disponible en: <https://cutt.ly/lhhGnDv>

Guía técnica: Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por arsénico R.M N° 389-2011/Minsa

Disponible en: <https://n9.cl/9924n>

HERRERA Santur, Wendy Carolina (2020), “Remoción de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope utilizando cloruro férrico y cal”

Disponible en: <https://n9.cl/mfejn>

LARICO Mamani, Piter Lizandro, “Estudio de la remoción de arsénico del Río Sama a nivel domiciliario utilizando lana de acero complementado con aireación y propuesta de diseño de un reactor batch”

Disponible en: <https://n9.cl/h7wqy3>

MARTINEZ Peña, Vania Isabel (2018), “Remoción de arsénico en agua mediante nanopartículas magnéticas de ferrita de níquel cubiertas con quitosán de aspergillus niger”

Disponible en: <https://n9.cl/cnqek>

M. MARTÍNEZ-Cabanás (2017), “Desarrollo de Materiales Híbridos para la Eliminación de Arsénico de Medios Acuáticos”

Disponible en: <https://n9.cl/c93kh>

MAMANI Navarro, Wile, “Determinación de la concentración de Arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación”

Disponible en: <https://n9.cl/j6e1th>

Organización Mundial de la Salud

Disponible en: <https://n9.cl/dg17a>

PARY Hilari, Anali; Mamani Parisuaña, Mauricio Wilber, “Remoción de arsénico (As) en aguas naturales por procesos de oxidación, floculación, sedimentación y filtración”

Disponible en: <https://n9.cl/gfkk0>

Planteamiento de estudios experimentales y cuasi experimentales

Disponible en: <https://n9.cl/nq6dl>

QUIJANO Carranza, Dony Antony (2020), “Remoción de arsénico de las aguas del rio Pelagatos utilizando ceniza de paja de trigo”

Disponible en: <https://n9.cl/yje24>

REYES, Yulieth C. et al. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo_[en línea]". Vol. 16 N°2, Julio-Diciembre 2016, pp.66-77, Sogamoso-Boyacá. Colombia

Disponible en: <https://cutt.ly/DhhGGUA>

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 0262-2020/UCV

Disponible en: <https://n9.cl/18og2>

RIVERA A, Piña, J. (2016), “Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de adsorción”

Disponible en: <https://n9.cl/qfxnk>

RODAS Salazar, Diego Antonio (2019), “Remoción de fosforo en aguas residuales utilizando cenizas de hoja de eucalipto y arcilla”

Disponible en: <https://n9.cl/m0ke9>

SHANKAR, S., U. Shanker, and N. Shikha (2014), “Arsenic contamination of groundwater: A review of sources, prevalence, health risks, and strategies for mitigation.

Disponible en: <https://n9.cl/xc866>

TAPIA Falcon, Norma Litz; Huanca Ccamercco, Marisela, “Remoción de arsenico en agua proveniente del rio tambo sector Quelgua con nanoparticulas de óxido de hierro soportadas en zeolita”

Disponible en: <https://n9.cl/ex2kox>

URVIOLA Zapata, Angelo; Vera Silva, Luz Saray, “Determinación de las condiciones óptimas de adsorción de arsénico sobre cáscara de huevo en una solución sintética para su aplicación en aguas del Rio Tambo evaluando el efecto de la matriz de composición”

Disponible en: <https://n9.cl/ac43p>

ZARE Aurora, Kenyu Erik (2018), “Remoción de arsénico de las aguas del Rio Santa usando arcilla natural del centro poblado de Otuzco – Cajamarca”

Disponible en: <https://n9.cl/3qdhz>

ANEXOS

ANEXO N° 1 - MATRÍZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES*	INDICADORES*	ESCALA DE MEDICIÓN
Remoción de Arsénico (Variable Dependiente)	Reyes et al (2016) "Remoción se define como la separación de metales pesados disueltos de un elemento líquido" (p.35).	El instrumento usado para su medida será la espectroscopia de adsorción atómica, que mide la concentración de arsénico presente en las soluciones de agua.	Composición química del agua.	Porcentaje de arsénico. pH	Razón.
	Basu et al (2014) el arsénico se encuentra presente en la atmósfera, suelo, rocas, cuerpos de agua, minerales y organismos de formas inorgánica, orgánica.		Unidad de medición	Está expresado en porcentaje	
			Cantidad de adsorción.	Porcentaje de arsénico disuelto.	
Biofiltro basado en arcilla y cascara de arroz (Variable Independiente)	Tapia y Villavicencio (2007) "Un bio-filtro es también conocido como filtro biológico, que elimina compuestos contaminantes en los efluentes, además, de ser económico y contribuye con el cuidado ambiental" (p. 45)	El instrumento usado para su medida será una balanza analítica, que mide el peso expresada en gramos.	Elemento usado para la medición	Balanza analítica (expresa el resultado en gramos)	Razón.
			Dosificación de los absorbentes	1:1/3	
			(Arcilla : ceniza de cáscara de arroz)	1:1/2	
			Unidad de medición	1:1	
			Está expresado en gramos por mililitro de agua		

ANEXO N° 2 – MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Prototipo de biofiltro con arcilla, cascara de arroz y NaOH para remoción del arsénico del río Huandoval, Pallasca, Áncash - 2021.

AUTOR: Abanto Pérez José Alexander, Reyes Benites Paul Neylor

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES																
<p>¿En qué medida reducirá el arsénico el biofiltro basado en arcilla y ceniza de cáscara de arroz, en proporciones 1:1/3, 1:1/2 y 1:1 disuelto en las aguas del río Huandoval en la provincia de Pallasca, departamento de Ancash?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar el porcentaje de remoción de arsénico disuelto en las aguas del río Huandoval, con el biofiltro basado en arcillas y cáscara de arroz en proporciones 1:1/3, 1:1/2 y 1:1</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>Objetivo específico 1: Determinar la temperatura de activación térmica de la arcilla y la ceniza de cáscara de arroz mediante el ensayo de análisis térmico diferencial.</p> <p>Objetivo específico 2: Determinar la composición química de la ceniza de cáscara de arroz mediante el ensayo de fluorescencia de rayos x.</p> <p>Objetivo específico 3: Determinar la composición estructural de la arcilla mediante el ensayo de difracción de rayos x.</p>	<p>El biofiltro basado en arcilla y cáscara de arroz, en proporción 1:1/3, 1:1/2 y 1:1, removerá al 100% el arsénico disuelto en las aguas del río Huandoval en la provincia de Pallasca, departamento de Ancash.</p>	<p>Variable 1: Remoción de arsénico</p> <table border="1" data-bbox="1503 539 2049 842"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Composición química del agua</td> <td>- Porcentaje de Arsénico - pH</td> </tr> <tr> <td>Unidad de medición</td> <td>- Está expresado en porcentaje.</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de adsorción</td> <td>- Porcentaje de Arsénico disuelto.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Variable 2: Biofiltro de arcilla y ceniza de cascara de arroz</p> <table border="1" data-bbox="1503 975 2049 1321"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Elemento usado para la medición</td> <td>- Balanza analítica (expresa el resultado en gramos)</td> </tr> <tr> <td>Dosificación de los absorbentes (Arcilla : ceniza de cáscara de arroz)</td> <td>- 1:1/3 - 1:1/2 - 1:1</td> </tr> <tr> <td>Unidad de medición</td> <td>- Está expresado en gramos por mililitros de agua.</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Composición química del agua	- Porcentaje de Arsénico - pH	Unidad de medición	- Está expresado en porcentaje.	Cantidad de adsorción	- Porcentaje de Arsénico disuelto.	Dimensiones	Indicadores	Elemento usado para la medición	- Balanza analítica (expresa el resultado en gramos)	Dosificación de los absorbentes (Arcilla : ceniza de cáscara de arroz)	- 1:1/3 - 1:1/2 - 1:1	Unidad de medición	- Está expresado en gramos por mililitros de agua.
Dimensiones	Indicadores																		
Composición química del agua	- Porcentaje de Arsénico - pH																		
Unidad de medición	- Está expresado en porcentaje.																		
Cantidad de adsorción	- Porcentaje de Arsénico disuelto.																		
Dimensiones	Indicadores																		
Elemento usado para la medición	- Balanza analítica (expresa el resultado en gramos)																		
Dosificación de los absorbentes (Arcilla : ceniza de cáscara de arroz)	- 1:1/3 - 1:1/2 - 1:1																		
Unidad de medición	- Está expresado en gramos por mililitros de agua.																		

**ANEXO N° 3 – UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO SANTA Y SUS
PRINCIPALES RIOS TRIBUTARIOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH Y LA
LIBERTAD**

**ANEXO N° 4 – ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL – ARCILLA ANTA -
CARHUAZ**



Trujillo, 08 de Junio del 2021

INFORME N° 243 - JUN-21

Solicitante: José Alexander Abanto Pérez - Reyes Benites Paul Neylor

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-243M	24.5 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900°C.
- Masa de muestra analizada: 24.5 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



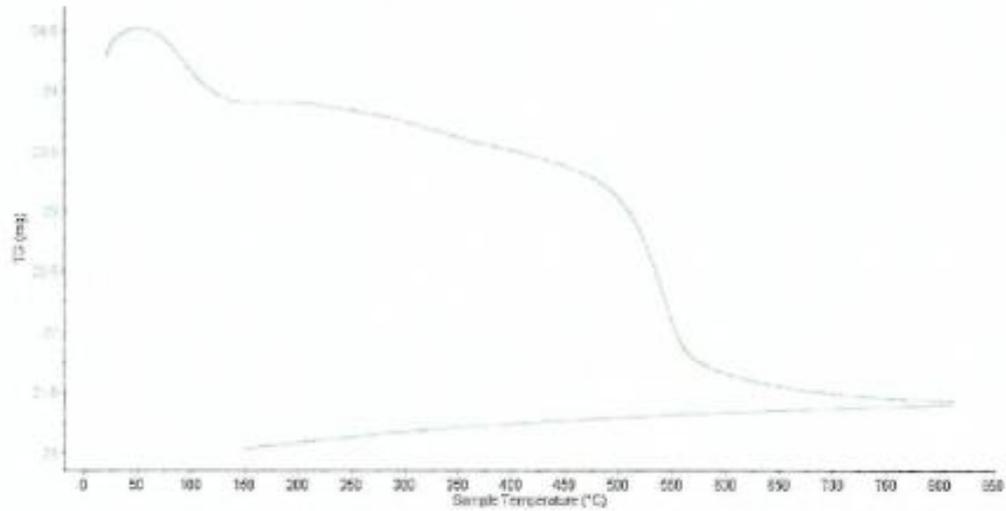


Trujillo, 08 de Junio del 2021

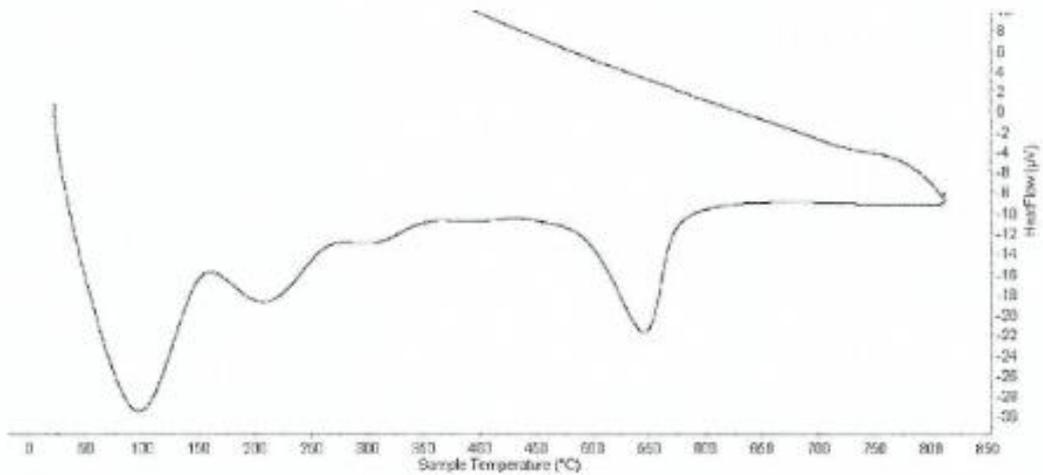
INFORME N° 243 - JUN-21

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD



LABORATORIO DE POLÍMEROS DPTO. I MA
JEFATURA



Trujillo, 08 de Junio del 2021

INFORME N° 243 - JUN-21

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes caída del material, la primera entre un rango de 70°C hasta 120°C, posteriormente se muestra una caída más intensa entre el rango de 470 y 560° posteriormente la caída es más leve, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 9 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar una primera banda endotérmica, aproximadamente a 100, luego a 210°C y más adelante un pequeño pico a aproximadamente 550 °C, todas estas temperaturas podrían indicar cambio estructural y cambio en las características en el material.

Trujillo, 08 de Junio del 2021



Ing. Edwin Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

**ANEXO N° 5 – ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL – CÁSCARA DE ARROZ –
VALLE DE SANTA**



Trujillo, 08 de Junio del 2021

INFORME N° 242 - JUN-21

Solicitante: José Alexander Abanto Pérez - Reyes Benites Paul Neylor

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-242M	10.1 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 10.1 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

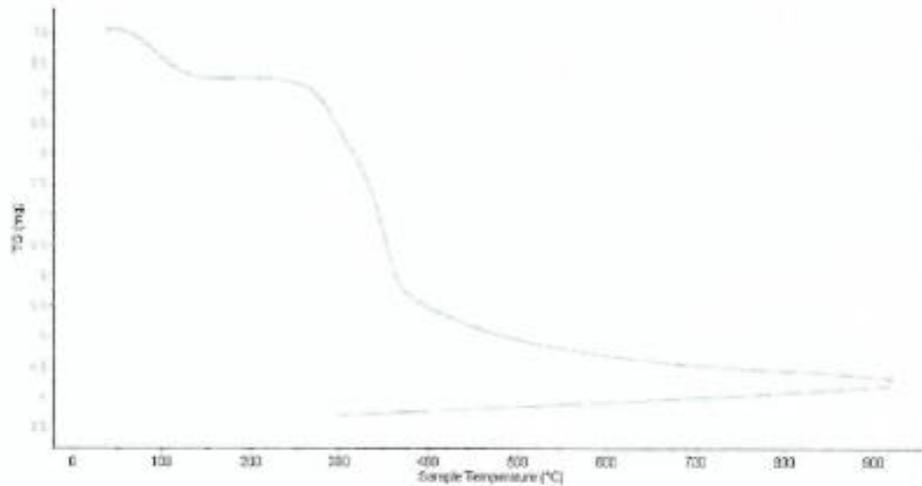


Trujillo, 08 de Junio del 2021

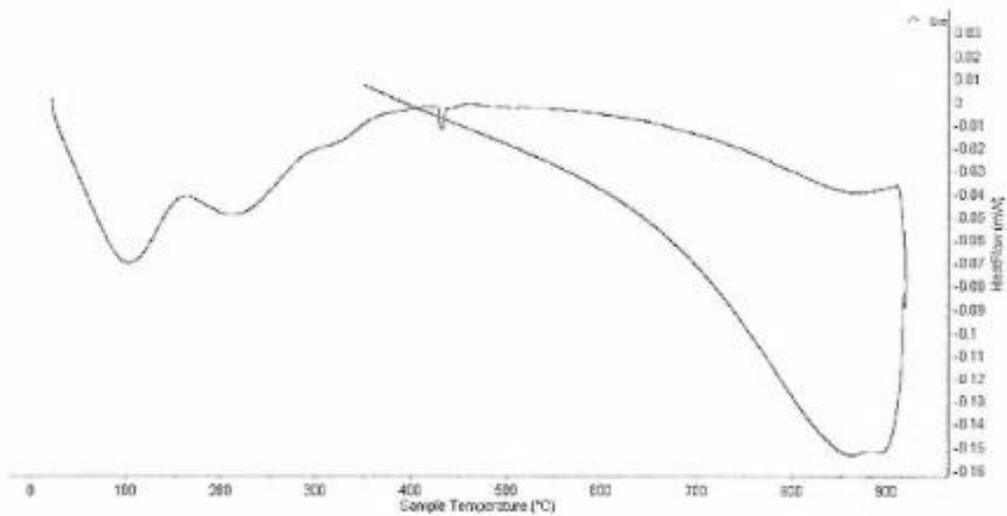
INFORME N° 242 - JUN-21

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica DSC



LABORATORIO DE POLÍMEROS DE I.O. I.M.A.P.
JEFATURA
[Handwritten Signature]



Trujillo, 08 de Junio del 2021

INFORME N° 242 - JUN-21

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 130°C y la más importante, la segunda, se da entre 270 y 350°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 54% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y 210°C y posteriormente, más adelante, se muestra un ligero pico de absorción térmica a 430°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 08 de Junio del 2021

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

**ANEXO N° 6 – ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN POR RAYOS X – ARCIILLA – ANTA
- CARHUAZ**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Lima, 17 de junio del 2021

Sres. José Alexander Abanto Pérez - Paul Neylor Reyes Benites

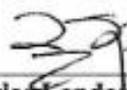
Presente-

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a ustedes para saludarlos cordialmente y, a la vez, hacerle llegar adjunto a esta carta el informe de medición y análisis de una (01) muestra, de acuerdo a la cotización N°. 090-LDRX-FCF-UNMSM-21.

Sin otro particular, reciba mis saludos cordiales.

Atentamente,


Dr. Carlos Landauro Sáenz
Laboratorio de Difracción de Rayos-X



Adj.: Informe N°-071-LDRX-FCF-UNMSM-2021 del servicio de medida y de análisis por difracción de rayos X.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

REPORTE DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE UNA MUESTRA POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Informe N.º 071-LDRX-FCF-UNMSM-2021

Fecha: 17 de junio del 2021

Solicitantes: Sres. José Alexander Abanto Pérez - Paul Neylor Reyes Benites

CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES:

Condiciones de la medición:

- El análisis se realizó en un Difractómetro marca **BRUKER**, modelo **D8-FOCUS**.
- Se empleó un tubo de Cu cuya longitud de onda, correspondiente a K_{α} -Cu, es $\lambda=1.5406\text{Å}$.
- Rango angular de análisis (2θ):
Inicio: 5°
Final: 80°
Paso: 0.01°
Tiempo por paso: 0.5 seg
- Generador Rayos-X:
Voltaje de salida del tubo = 40 kV.
Corriente de salida del tubo = 40 mA.
- Tipo de detector:
PSD Lynxeye.

Características de la muestra analizada:

Se analizó una (01) muestra en polvo identificada por el solicitante como arcilla, la cual fue codificada como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla I. Codificación de la muestra medida y analizada.

Código LDRX	Código solicitante
M2021-071-001-a	arcilla



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ANÁLISIS DEL DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA:

El difractograma correspondiente a la muestra analizada listada en la Tabla 1, se observa en la Figura 1.

Al realizar la comparación del difractograma de la muestra codificada como "M2021-071-001-a" (véase la figura 1) con los difractogramas de la base de datos ICDD-2007, y considerando la información proporcionada por el solicitante, se identificaron principalmente las fases, *Goethite* ($\text{Fe}+3\text{O}(\text{OH})$), *Calcite* ($\text{Ca}(\text{CO}_3)$), *Montmorillonite (bentonite)* $((\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})$, *Alternaric acid hydrate* ($\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$), *Muscovite-1M, syn* ($\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$) y *Quartz, syn* (SiO_2). Las fichas JCPDS-PDF asociadas a estas fases son 00-029-0713, 01-086-2334, 00-003-0015, 00-012-0856, 00-007-0025 y 00-046-1045, respectivamente (véase figura 2). Asimismo, para estimar el porcentaje en peso (%W) de las principales fases identificadas, se utilizó el método de RIR; donde dichos valores se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Cuantificación de las principales fases presentes en la muestra analizada.

Muestra	Fase	%W
M2021-071-001-a	<i>Goethite</i> ($\text{Fe}+3\text{O}(\text{OH})$)	100
	<i>Calcite</i> ($\text{Ca}(\text{CO}_3)$)	1.4
	<i>Montmorillonite (bentonite)</i> $((\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})$	81.5
	<i>Alternaric acid hydrate</i> ($\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	2.9
	<i>Muscovite-1M, syn</i> ($\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$)	3.1
	<i>Quartz, syn</i> (SiO_2)	1.1



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

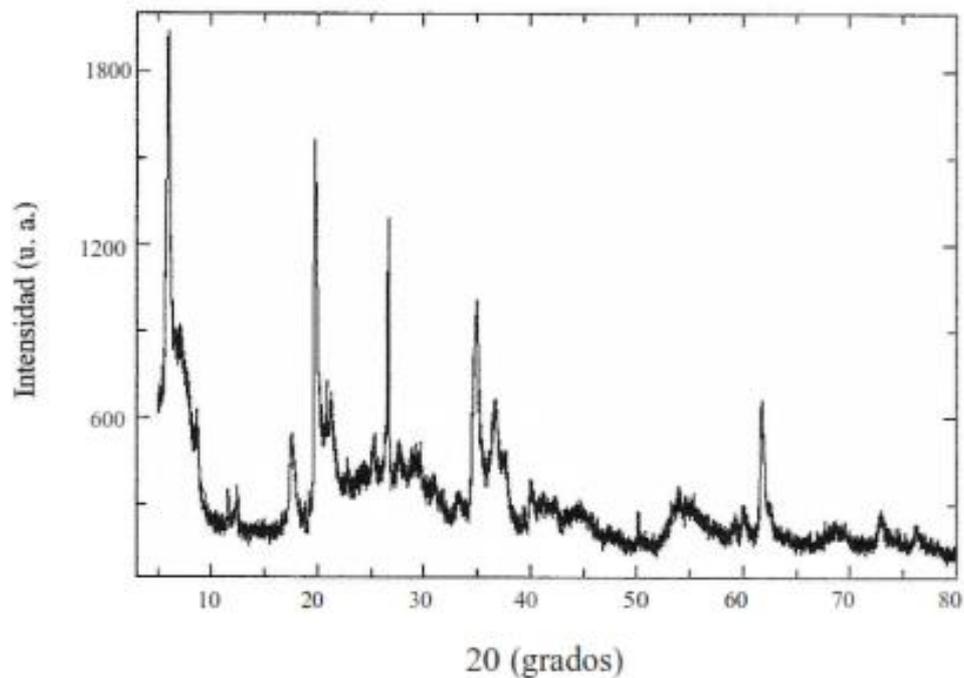


Figura 1. Difractograma de la muestra "M2021-071-001-a".



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANADO AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

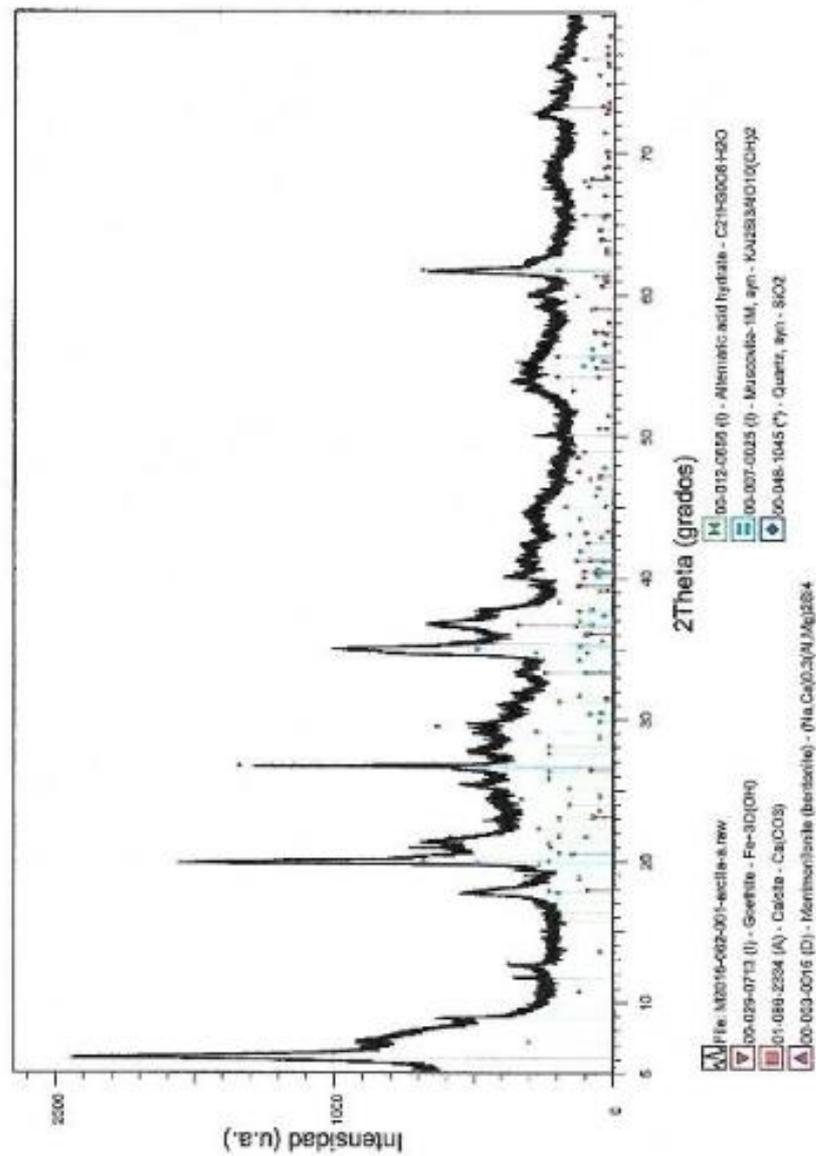


Figura 2. Difractograma de la muestra "M2021-071-001-a" con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.

**ANEXO N° 7 – ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X – CENIZA DE
CÁSCARA DE ARROZ – VALLE DE SANTA**



Informe N°165-LAQ/2021

Análisis de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de cáscara de arroz a pedido de los Sñres. Abanto Pérez, José Alexander y Reyes Benites, Paul Neylor, alumnos de la Universidad Cesar Vallejo, como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Prototipo de Biofiltro con Arcilla, Cáscara de Arroz y NaOH Para Remoción de Arsénico del Río Huandoval, Pallasca, Ancash - 2021”

La muestra había sido previamente calcinada a 430°C y se encuentra en forma de grano fino de color gris.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2370 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de cáscara de arroz. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de cáscara de arroz en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	1.918	2.104
SiO ₂	82.377	90.354
P ₂ O ₃	0.647	0.710
SO ₂	0.394	0.432
ClO ₂	1.080	1.185
K ₂ O	3.578	3.924
CaO	0.856	0.938
TiO	0.011	0.012
MnO	0.151	0.166
Fe ₂ O ₃	0.124	0.136
Ni ₂ O ₃	0.002	0.002
CuO	0.004	0.005
ZnO	0.021	0.023
SrO	0.009	0.010
Total	91.171	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

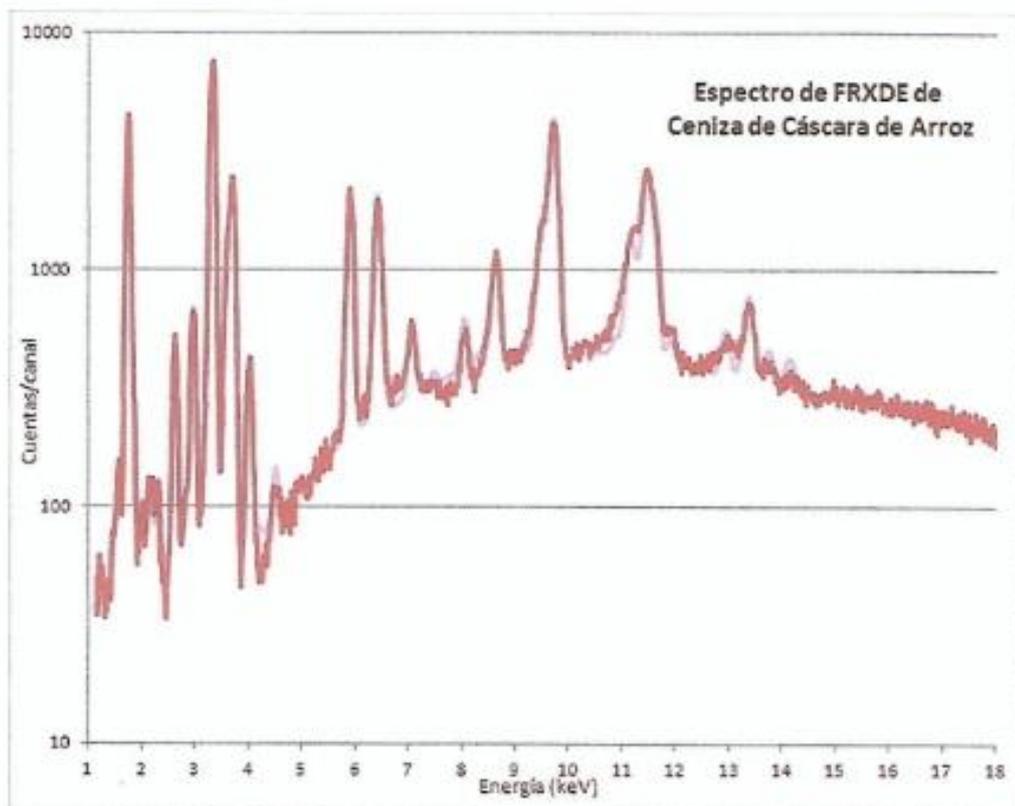


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de cáscara de arroz en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 15 de Junio del 2021

ANEXO N° 8 – pH de los absorbentes utilizados



INFORME DE ENSAYO N° 20210621-002

Pag 1 de 1

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR : **ABANTO PÉREZ JOSÉ ALEXANDER
REYES BENITES PAUL NEYLOR**
DIRECCIÓN : Urb. David Dasso Mz. Q' Lt.13 Nvo Chimbote
PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURL SUPERFICIAL**
CANTIDAD DE MUESTRA : Frasco de plástico con tapa
FECHA DE RECECIÓN : 2021-06-21
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-06-21
FCHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-06-21
CONDICIÓN DE LA MUESTAR : En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico
CÓDIGO DE LA MUESTRA : **SS 210621-2**

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	RÍO HUANDOVAL
ARCILLA	7.08
CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ PUESTA EN CONTACTO CON UN SOLUCIÓMN DE NaOH AL 1%	9.81
COMBINACIÓN DE DOS EELEMENTOS CON DOIFICACIÓN 1:1 DE ARCILLA Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROS PUESTA EN CONTACTO CON UNA SOLUCIÓN DE NaOH AL 1%	8.10

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: Potenciométrico

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C, sobre muestras ingresadas por los clientes.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 21 del 2021.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C

LC-MP-HRE
Versión: 04
Fecha 2015 - II - 30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA UNTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO N° 9 - PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LA MUESTRA PATRÓN



INFORME DE ENSAYO N° 20210622-004

Pag 1 de 1

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR : **ABANTO PÉREZ JOSÉ ALEXANDER
REYES BENITES PAUL NEYLOR**
DIRECCIÓN : Urb. David Dasso Mz. Q' Lt.13 Nvo Chimbote
PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURL SUPERFICIAL**
CANTIDAD DE MUESTRA : Frasco de plástico con tapa
FECHA DE RECECIÓN : 2021-06-22
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-06-22
FCHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-06-30
CONDICIÓN DE LA MUESTAR : En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico
CÓDIGO DE LA MUESTRA : **SS 210622-4**

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	RÍO HUANDOVAL
pH	3.91
Conductividad (uS/cm)	1172
Arsénico (mg/L)	0.0326
Sólidos totales (mg/L)	891

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: Potenciométrico

Conductivity: Laboratory Method

Arsénico: EPA 200.8

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C, sobre muestras ingresadas por los clientes.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 30 del 2021.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos

Gerente de Laboratorios

C.B.P. 326

COLECBI S.A.C

LC-MP-HRE

Versión: 04

Fecha 2015 - II - 30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA UNTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

**ANEXO N° 10 - PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LAS MUESTRAS
EXPERIMENTALES DEL ENSAYO DEL BIOFILTRO**



INFORME DE ENSAYO N° 20210622-005

Pag 1 de 1

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR : **ABANTO PÉREZ JOSÉ ALEXANDER
REYES BENITES PAUL NEYLOR**
DIRECCIÓN : Urb. David Dasso Mz. Q' Lt.13 Nvo Chimbote
PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURL SUPERFICIAL**
CANTIDAD DE MUESTRA : Frasco de plástico con tapa
FECHA DE RECECIÓN : 2021-06-22
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-06-22
FCHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-06-30
CONDICIÓN DE LA MUESTAR : En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico
CÓDIGO DE LA MUESTRA : **SS 210622-5**

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	RÍO HUANDOVAL
pH	5.74
Conductividad (uS/cm)	723
Arsénico (mg/L)	0.0217
Sólidos totales (mg/L)	510

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: Potenciométrico

Conductivity: Laboratory Method

Arsénico: EPA 200.8

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C, sobre muestras ingresadas por los clientes.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 30 del 2021.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C

LC-MP-HRE
Versión 04
Fecha 2015-II-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA UNTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



INFORME DE ENSAYO N° 20210622-006

Pag 1 de 1

SOLICITADO POR : **ABANTO PÉREZ JOSÉ ALEXANDER
REYES BENITES PAUL NEYLOR**

DIRECCIÓN : Urb. David Dasso Mz. Q' Lt.13 Nvo Chimbote

PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURL SUPERFICIAL**

CANTIDAD DE MUESTRA : Frasco de plástico con tapa

FECHA DE RECECIÓN : 2021-06-22

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-06-22

FCHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-06-30

CONDICIÓN DE LA MUESTAR : En buen estado

ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico

CÓDIGO DE LA MUESTRA : **SS 210622-6**

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	RÍO HUANDOVAL
pH	6.19
Conductividad (uS/cm)	418
Arsénico (mg/L)	0.0194
Sólidos totales (mg/L)	384

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: Potenciométrico

Conductivity: Laboratory Method

Arsénico: EPA 200.8

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C. sobre muestras ingresadas por los clientes.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 30 del 2021.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 328
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRE
Versión 04
Fecha 2015 - II - 30

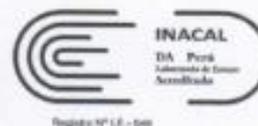
PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA UNTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO N° 20210622-007

Pag 1 de 1

SOLICITADO POR : **ABANTO PÉREZ JOSÉ ALEXANDER
REYES BENITES PAUL NEYLOR**

DIRECCIÓN : Urb. David Dasso Mz. Q' Lt.13 Nvo Chimbote

PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURL SUPERFICIAL**

CANTIDAD DE MUESTRA : Frasco de plástico con tapa

FECHA DE RECECIÓN : 2021-06-22

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-06-22

FCHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-06-30

CONDICIÓN DE LA MUESTAR : En buen estado

ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico

CÓDIGO DE LA MUESTRA : **SS 210622-7**

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	RÍO HUANDOVAL
pH	7.41
Conductividad (uS/cm)	87
Arsénico (mg/L)	0.0021
Sólidos totales (mg/L)	115

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: Potenciométrico

Conductivity: Laboratory Method

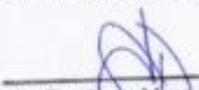
Arsénico: EPA 200.8

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C, sobre muestras ingresadas por los clientes.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 30 del 2021.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.S.P. 326
COLECBI S.A.C

LC-MP-HRE
Versión 04
Fecha 2015 - II - 30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA UNTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO N° 11 – PANEL FOTOGRÁFICO



Uno de los investigadores viajó a la ciudad de Huaraz para recolectar la muestra de arcilla necesaria para la investigación.



punto de extracción de la muestra de arcilla, centro poblado de Anta – Carhuaz donde podemos encontrar muchos yacimientos de este material.



En la imagen se aprecia la muestra de arcilla necesaria que trajimos de este yacimiento, de la misma manera también observamos una superficie plástica en la muestra lo cual nos da un buen indicio del tipo de arcilla que estamos buscando.



La malla N°200 nos ayuda a tamizar el carbón activado para tener una mayor área superficial de absorción.



en la imagen se aprecia a uno de los investigadores en el distrito de Huandoval, Provincia de Pallasca, departamento de Ancash, cerca al punto donde se va a extraer la muestra de agua (muestra patrón).



La imagen muestra el momento en que nos encontramos preparando la mezcla de arcilla y ceniza de cáscara de arroz en las dosificaciones ya indicadas, se agregó agua destilada según el índice de plasticidad de la arcilla (4.0ml de agua).



Con la mezcla preparada en las dosificaciones indicadas, se prepararon bolitas de 3mm de diámetro aproximadamente para el proceso de remoción.



En la imagen se aprecia a los investigadores realizando el armado del prototipo de biofiltro.



A continuación, los investigadores se encuentran mostrando el prototipo de biofiltro que se empleó para la remoción de arsénico.