

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación de los niveles de arsénico en aguas subterráneas mediante
carbón activado de *Chorisia integrifolia* Ulbr**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Luis Fernando Santisteban Suclupe

ASESOR

Wilmer Moisés Zelada Zamora

<https://orcid.org/0000-0002-6064-7506>

Chiclayo, 2026

**Evaluación de los niveles de arsénico en aguas subterráneas
mediante carbón activado de *Chorisia integrifolia* Ulbr**

PRESENTADA POR

Luis Fernando Santisteban Suclupe

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

César Augusto Ramírez Guanilo
PRESIDENTE

Ronald Esteban Villanueva Maguiña
SECRETARIO

Wilmer Moises Zelada Zamora
VOCAL

Dedicatoria

A mis queridos padres, Nelson Santisteban Llontop y Edita Suclupe Sandoval; Gracias por el esfuerzo hecho para darme la educación anhelada y a raíz de sus consejos que me permitieron valorar cada proceso en mi vida. A mis hermanos Marcelino, Kevin, Greysi y Jenner por siempre estar a mi lado, por el apoyo y preocupación. A mis abuelitos en el cielo, Jorge Suclupe Bances y José de la Rosa Santisteban Cuzo; aunque físicamente ya no están, estoy seguro de que han sido mis guías silenciosos desde lo alto. A mis abuelas Mercedes y María Cristina por sus valores y humildad.

Agradecimientos

Primeramente, agradecer al creador por darme salud y empeño para terminar esta investigación. A mi familia por su ayuda y esperanza. También los encargados de la escuela de ingeniería civil, el ing. Díaz Orrego Aníbal Teodoro e ing. Pedraza Franco Justo David, por sus opiniones y consejos aportadas. A mi asesor, el Dr. Zelada Zamora Wilmer Moisés, por su conocimiento y dedicatoria han sido necesario para el progreso de este trabajo y para mi crecimiento académico y profesional. Así mismo, a Jessica Alamo por ser mi fuerza en los momentos difíciles, por creer en mí y acompañarme con tanto amor.

Evaluación de los niveles de arsénico en aguas subterráneas mediante carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	10%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1%
4	www.as2014.com.ar Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
6	ri.biblioteca.udo.edu.ve Fuente de Internet	<1%
7	www.indeci.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	11
Abstract	12
Introducción.....	13
Revisión de literatura.....	16
Materiales y métodos	30
Resultados y discusión	59
Conclusiones	98
Recomendaciones	99
Referencias.....	100
Anexos	103

Lista de tablas

Tabla 1. Diseño de la investigación. Fuente: [21].....	30
Tabla 2. Indicadores para determinar la muestra. Fuente: [21].....	31
Tabla 3. Información de los pozos del distrito de mórrope.....	32
Tabla 4. Información de los pozos del caserío cruz del medano.....	32
Tabla 5. Información de los pozos del caserío lagartera.	32
Tabla 6. Operacionalización de variables.....	33
Tabla 7: Nivel de arsénico en el pozo la piedra	59
Tabla 8: Nivel de arsénico en el pozo parque central.....	60
Tabla 9: Nivel de arsénico en el pozo principal	61
Tabla 10: Nivel de arsénico en el pozo proyecto nuevo	62
Tabla 11: Nivel de arsénico en el pozo parque central.....	63
Tabla 12: Nivel de arsénico en el pozo n°1	64
Tabla 13: Nivel de arsénico en el pozo principal	65
Tabla 14: Nivel de arsénico en el pozo principal	66
Tabla 15: Nivel de arsénico en el pozo principal	67
Tabla 16: Nivel de arsénico en el pozo la piedra Mórrope después de filtrar con carbón activado.	68
Tabla 17: Nivel de arsénico en el pozo parque central Mórrope después de filtrar con carbón activado.	69
Tabla 18: Nivel de arsénico en el pozo principal Mórrope después de filtrar con carbón activado.	70
Tabla 19: Nivel de arsénico en el pozo proyecto nuevo después de filtrar con carbón activado.	71
Tabla 20: Nivel de arsénico en el pozo Parque central después de filtrar con carbón activado.	72
Tabla 21: Nivel de arsénico en el pozo N°1 al pasar después de filtrar con carbón activado..	73
Tabla 22: Nivel de arsénico en el pozo principal después de filtrar con carbón activado..	74
Tabla 23: Nivel de arsénico en el pozo Sr. Nicolas Valdera después de filtrar con carbón activado.	75

Tabla 24: Nivel de arsénico en el pozo Sr. Enrique Sandoval después de filtrar con carbón activado.	76
Tabla 25: Matriz de identificación de IA en la fase de construcción.	89
Tabla 26: Matriz de identificación de IA en la fase de operación.	90
Tabla 27: Matriz de evaluación de IA en la fase de construcción.....	91
Tabla 28: Matriz de evaluación de IA en la fase de operación.	92

Lista de figuras

Figura 1: en la siguiente figura se visualiza la textura del Arsénico. Fuente [9]	18
Figura 2: el ciclo de vida de la madera lupuna. Fuente:[14]	20
Figura 3: En la siguiente figura se visualiza la textura del CA. Fuente: [15]	21
Figura 4: las diferentes formas que puede tener el CA.	22
Figura 5: tipología del CA granular, polvo.	22
Figura 6: Propiedades del carbón activado. Fuente: [15].....	23
Figura 7: En la siguiente figura muestra el diagrama de activación física del CA. Fuente:[15]	24
Figura 8: En la siguiente figura muestra el diagrama de activación química del CA. Fuente:[15]	25
Figura 9: datos que deben ir en la etiqueta de la muestra de aguas. Fuente: DIGESA	27
Figura 10: estándar de calidad del agua en la categoría A1. Fuente: MINAN.....	27
Figura 11: Parámetros ambientales de la matriz de Leopold. Fuente: [20].....	29
Figura 12: Ubicación geográfica de los pozos a muestrear. Fuente: INGEMMET	35
Figura 13: muestra – 01: pozo la piedra distrito de Mórrope.....	36
Figura 14: muestra – 02: pozo parque central distrito de Mórrope.....	37
Figura 15: muestra – 03: pozo principal distrito de Mórrope.....	37
Figura 16: muestra – 04: pozo proyecto nuevo caserío Cruz del Medano - Mórrope.....	38
Figura 17: muestra – 05: pozo parque central caserío Cruz del Medano - Mórrope.....	38
Figura 18: muestra – 06: pozo N°1(Antiguo) caserío Cruz del Medano - Mórrope..	39

Figura 19: muestra – 07: pozo principal caserío lagartera - Mórrope.....	39
Figura 20: muestra – 08: pozo (Nicolás valdera) caserío lagartera - Mórrope.....	40
Figura 21: muestra – 09: pozo (Enrique Sandoval) caserío lagartera - Mórrope.	40
Figura 22: muestra de Mórrope – 01: colocación de etiquetas para su refrigeración y ensayo correspondiente.	41
Figura 23: muestra de caserío Cruz del Medano – 01: colocación de etiquetas para su refrigeración y ensayo correspondiente.....	41
Figura 24: muestra de caserío Lagartera – 01: colocación de etiquetas para su refrigeración y ensayo correspondiente..	41
Figura 25: Matriz de fabricación del CA a base de lupuna.....	42
Figura 26: Ubicación de la obra utilizada.	43
Figura 27: Recolección de la madera.	44
Figura 28: Recolección y selección de la madera.	44
Figura 29: Incineración de la madera.....	45
Figura 30: Molienda de la madera incinerada.....	45
Figura 31: Activación del carbón.....	46
Figura 32: Carbonización.....	46
Figura 33: Regulación del PH.....	47
Figura 34: Secado del carbón activado.....	47
Figura 35: Caracterización del carbón activado.....	48
Figura 36: almacenamiento del carbón activado en bolsas ziploc.	48
Figura 37: Diseño del filtro purificador de agua con 25gr de carbón activado.....	49
Figura 38: Diseño del filtro purificador de agua con 50gr de carbón activado.....	50
Figura 39: Diseño del filtro purificador de agua con 75gr de carbón activado.....	51
Figura 40: Diseño del filtro purificador de agua en Autodesk Inventor Professional.....	52
Figura 41: Diseño del filtro purificador de agua con soporte en Autodesk Inventor Professional	52
Figura 42: Corte de PVC para la elaboración del filtro.....	53
Figura 43: Lijado y pegado de PVC para la elaboración del filtro.....	53

Figura 44: Perforación de tapas de PVC para la elaboración del filtro.....	54
Figura 45: Perforación en los ejes de las tapas de PVC para la elaboración del filtro.....	54
Figura 46: Uniones de piezas para la elaboración del filtro.	55
Figura 47: Elaboración de soporte para el apoyo de los filtros.	55
Figura 48: Armado final de los filtros.	56
Figura 49: toma de muestras.	56
Figura 50: muestras con 25 gr de carbón activado.....	57
Figura 51: Muestras con 50 gr de carbón activado.	57
Figura 52: Muestras con 75 gr de carbón activado.	58
Figura 53: Tomas de muestras realizada de carbón activado con 25,50,75 gr.....	58
Figura 54: Diseño del filtro en Autodesk Inventor y importarlo en formato step.....	77
Figura 55: Programa ANSYS.....	77
Figura 56: Programa ANSYS comando Geometry.....	78
Figura 57: Programa ANSYS comando Edit Geometry in DesignModeler.	78
Figura 58: Programa ANSYS comando Body.	79
Figura 59: Programa ANSYS comando Mesh.	79
Figura 60: Programa ANSYS comando Body sizing.....	80
Figura 61: Programa ANSYS comando Mesh y generate Mesh.....	80
Figura 62: Programa ANSYS comando Face.....	81
Figura 63: Programa ANSYS comando Setup.....	81
Figura 64: Programa ANSYS comando Species.....	82
Figura 65: Programa ANSYS comando Materials.....	82
Figura 66: Programa ANSYS comando Materials para el contaminante As.	83
Figura 67: Programa ANSYS comando Materials para el contaminante As.	83
Figura 68: Programa ANSYS comando Methods.....	84
Figura 69: Programa ANSYS comando Run calculati3n.....	84
Figura 70: Programa ANSYS comando Contours.	85

Figura 71: Programa ANSYS presión dinámica.	85
Figura 72: Programa ANSYS presión dinámica.	86
Figura 73: Programa ANSYS Turbulencia intensiva.	86
Figura 74: Programa ANSYS simulación de partículas.	87

Lista de graficas

Gráfica 1. Resultado de la muestra inicial del pozo la piedra.	59
Gráfica 2. Resultado de la muestra inicial del pozo parque central.	60
Gráfica 3. Resultado de la muestra inicial del pozo principal.	61
Gráfica 4. Resultado de la muestra inicial del pozo proyecto nuevo.	62
Gráfica 5. Resultado de la muestra inicial del pozo parque central	63
Gráfica 6. Resultado de la muestra inicial del pozo n°1.	64
Gráfica 7. Resultado de la muestra inicial del pozo principal.	65
Gráfica 8. Resultado de la muestra inicial del pozo sr. Nicolas valdera.	66
Gráfica 9. Resultado de la muestra inicial del pozo sr. Enrique Sandoval.	67
Gráfica 10. Resultados de las muestras purificadas.	68
Gráfica 11. Resultados de las muestras purificadas por un filtro de carbón activado.	69
Gráfica 12. Resultados de las muestras purificadas.	70
Gráfica 13. Resultados de las muestras purificadas.	71
Gráfica 14. Resultados de las muestras purificadas.	72
Gráfica 15. Resultados de las muestras purificadas.	73
Gráfica 16. Resultados de las muestras purificadas.	74
Gráfica 17. Resultados de las muestras purificadas.	75
Gráfica 18. Resultados de las muestras purificadas.	76

Resumen

En este presente estudio se investiga evaluar cantidad de As (Arsénico) en aguas subterráneas a través de CA (Carbón Activado) de *Chorisia integrifolia* ulbr, en el distrito de Mórrope - región Lambayeque. Previamente se consigue CA a partir de *Chorisia integrifolia* ulbr empleándose 6 kilos, consiguiendo una cantidad de 1409 gr de CA lo que simboliza una utilidad del 76.52% de reducción a lo largo de todo el proceso. el cual está compuesto de las siguientes fases: Pre-incineración, trituración, activación química, carbonización, secado y molienda. Para evaluar el efecto de la concentración y el tiempo de contacto en la eliminación de As. Se eligieron nueve muestras totales de agua de pozos de Mórrope, Cruz del Médano y Lagartera, se determinó el análisis del nivel de arsénico antes de ser purificado y después de ser purificado empleando un filtro purificador hecho de PVC, se analizaron tres concentraciones de CA: 25, 50, 75 gr. Las muestras filtradas obtenidas se sometieron a un análisis de nivel de As por ICP-OES2, los resultados muestran que al identificar las cantidades de As de las aguas subterráneas del distrito de Mórrope de las nueve muestras se determinó concentraciones de 0.26 mg/L para el pozo la piedra Mórrope, 0.22 mg/L para el pozo parque central Mórrope, 0.31 mg/L para el pozo principal Mórrope, 0.30 mg/L para el pozo proyecto nuevo centro poblado cruz del medano, 0.29 mg/l para el pozo parque central centro poblado cruz del medano, 0.29 mg/L para el pozo N°1 centro poblado cruz del medano y 0.22 mg/L para el pozo principal caserío lagartera, 0.25 mg/L para el pozo Sr. Nicolas Valdera caserío lagartera, por ultimo 0.24 mg/L para el pozo Sr. Enrique Sandoval caserío lagartera, estando por encima del ECA (0.01 mg/L). Al realizar la purificación de las nueve muestras y verificar la capacidad de remoción de As de las aguas subterráneas del distrito de Mórrope en cantidades de 25 gr, 50 gr, 75 gr de carbón activado, se obtuvo resultados que van desde 0.0874 mg/L a 0.0066 mg/L para 25 gr; 0.0731 mg/L a 0.0045 mg/L para 50 gr y 0.0264 mg/L a 0.0013 mg/L para 75 gr. Mostrando una capacidad máxima de remoción de 99.5% ya que la muestra inicial fue 0.26 y final de 0.0013 siendo la muestra optima que está por debajo del ECA(0.01 mg/L).

Palabras claves: Arsénico, agua subterránea, filtro, *Chorisia integrifolia* ulbr, carbón activado.

Abstract

In this study, we investigated the evaluation of the amount of As (arsenic) in groundwater through CA (activated carbon) from *Chorisia integrifolia* ulbr, in the district of Mórrope - Lambayeque region. Previously, CA is obtained from *Chorisia integrifolia* ulbr using 6 kilos, obtaining an amount of 1409 grams of CA which symbolizes a usefulness of 76.52% reduction throughout the process, which is composed of the following phases: Pre-incineration, crushing, chemical activation, carbonization, drying and grinding. To evaluate the effect of concentration and contact time on As removal, nine total water samples were chosen. Nine total water samples were chosen from wells in Mórrope, Cruz del Medano and Lagartera, the analysis of the arsenic level was determined before being purified and after being purified using a purifying filter made of PVC, three concentrations of As were analyzed: 25, 50, 75 gr. The filtered samples obtained were subjected to As level analysis by ICP-OES2, the results show that when identifying the amounts of As in the groundwater of the district of Mórrope from the nine samples, concentrations of 0.26 mg/L were determined for the well La Piedra Mórrope, 0.22 mg/L for the well Parque Central Mórrope, 0.31 mg/L for the main well Mórrope, 0.30 mg/L for the well Proyecto nuevo Centro poblado Cruz del medano, 0.29 mg/L for the well Parque central Centro poblado Cruz del medano, 0.29 mg/L for the well N°1 Centro poblado Cruz del medano and 0.22 mg/L for the main well caserío lagartera, 0.25 mg/L for the well Mr. Nicolas Valdera caserío lagartera, and finally 0.24 mg/L for the well Mr. Enrique Sandoval caserío lagartera, being above the ECA (0.01 mg/L). When purifying the nine samples and verifying the As removal capacity of the groundwater of the Mórrope district in quantities of 25 g, 50 g and 75 g of activated carbon, results ranging from 0.0874 mg/L to 0.0066 mg/L for 25 g, 0.0731 mg/L to 0.0045 mg/L for 50 g and 0.0264 mg/L to 0.0013 mg/L for 75 g were obtained. 0.0066 mg/L for 25 gr; 0.0731 mg/L to 0.0045 mg/L for 50 gr and 0.0264 mg/L to 0.0013 mg/L for 75 gr. Showing a maximum removal capacity of 99.5% since the initial sample was 0.26 and final 0.0013 being the optimum sample which is below the ECA (0.01 mg/L).

Keywords: Arsenic, groundwater, filter, *Chorisia integrifolia* ulbr, activated carbon.

Introducción

Según la OMS, los adultos deben consumir 32 ml de agua por kg de peso corporal al día. Lamentablemente, desde septiembre de 2016, la aparición de As (Arsénico) en las aguas subterráneas ha ocasionado graves problemas en la salud de las personas del distrito de Mórrope, departamento de Lambayeque. Hasta el momento, algunas autoridades responsables no han encontrado soluciones. [1]

La situación en la localidad de Mórrope, ubicado en la región Lambayeque, es motivo de preocupación según los informes del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet). Las muestras recolectadas de los pozos de aguas subterráneas en 14 localidades destinadas al suministro diario, en el cual indican la aparición de arsénico nueve veces superiores al límite permitido. [2] De acuerdo con la agencia de noticias peruana, en diversas fuentes de agua se comprobó de la alta concentración de As, todos excediendo los límites establecidos. En respuesta a esta situación preocupante, se llevó a cabo una obra, especialmente en nueve caseríos de mórrope. En dicha obra, se instalarán 2036 kits de filtros intradomiciliarios. Es imperativo abordar y buscar soluciones inmediatas para garantizar el suministro de agua potable seguro en estas comunidades afectadas por la elevada presencia de As. [3]

En abril de 2018, se solicitó a (GERESA) que realizara muestras sobre el estado del agua y evaluaciones medicas para saber la salud de los niños y adultos para señalar el grado de afectación debido a la presencia de arsénico. GERESA llevó a cabo el análisis titulado "Contenido de As en las personas", el cual incluyó una evaluación de 191 participantes, compuesta de niño(a) de seis a doce años y mujeres embarazadas. Las muestras recopiladas fueron enviadas a CENSOPAS para su análisis correspondiente. Dentro del proyecto, se encontró que 166 personas presentaban un alto nivel de arsénico en el cuerpo superiores a los valores establecidos por la norma peruana. [4]

Así mismo, el gerente regional de salud nos menciona que en los porcentajes 3% y 5% se encuentran elevadas cantidades de arsénico en los niños, por ello han comenzado a manifestar síntomas relacionados a la intoxicación crónica. Este problema surge porque la población sigue consumiendo el agua no tratada y con el pasar del tiempo llegan estas enfermedades. [5]

En los años 2019 a 2022, (GERESA) realiza estudios de agua, donde se pudo identificar la alta presencia de As en el agua, los cuales estos estudios fueron evaluados a través de un laboratorio de ensayo certificado por (INACAL), dando como resultados niveles de arsénico por encima de los límites máximos permitidos que es 0.01 ng/l. [6]

Ante esta problemática, se sugiere realizar una investigación con el fin de caracterizar fisicoquímicamente el agua subterránea destinada al consumo diario en el distrito de Mórrope. Asimismo, se busca determinar la eficiencia de adsorción o remoción del arsénico a través del uso de CA derivado de residuos de la construcción que viene hacer la madera de encofrado lupuna (*Chorisia integrifolia* ulbr).

En la presente investigación, se planteó el siguiente problema: ¿Es el carbón activado de *Chorisia integrifolia* Ulbr es un método efectivo y sostenible para disminuir las cantidades de arsénico en aguas subterráneas, en comparación con diferentes métodos y materiales existentes? Esta investigación se centraría en analizar las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea, como su composición, con especial énfasis en la presencia de arsénico. Además, se exploraría la viabilidad y eficacia del CA a base de residuos de madera como agente para adsorber o eliminar el arsénico del agua.

En el aspecto económico, un método de purificación de agua, económico y sostenible para excluir el arsénico es por el método de adsorción. Al prevenir enfermedades relacionadas con el arsénico, el proyecto podría contribuir a la reducción de los costos médicos para la comunidad y las familias individuales. Si embargo esto mejoraría las características físicas, químicas y biológicas del agua. También puede hacer que la comunidad sea más atractiva para inversores, turistas y empresas, lo que podría estimular el desarrollo económico local. Ya que, ninguna persona quisiera vivir en un lugar donde exista alta concentración de arsénico en el agua.

En el ámbito social un proyecto de investigación orientado a solucionar el problema del arsénico en la comunidad de Morrapana, presenta una alternativa innovadora en comparación con los métodos existentes. Se propone un procedimiento para la exclusión de arsénico que emplea CA proveniente de madera de lupuna. El As es un contaminador común en muchas aguas subterráneas de todo el mundo, que simboliza un grave peligro para la salud humana. Ingerir arsénico a largo plazo, incluso en bajas concentraciones, puede causar cáncer de piel, pulmón, hígado, vejiga y riñón. También está relacionado con otras enfermedades como diabetes,

enfermedades cardiovasculares y neurológicas. Por lo que, al lograr disminuir el arsénico va a ayudar a mejorar la salud de las personas. podría generar un impacto positivo considerable en su salud, buena calidad de vida y el crecimiento sostenible de la comunidad. Además, contribuiría a aumentar la conciencia ambiental y garantizar el cumplimiento de regulaciones relacionadas con la calidad del agua.

En el aspecto ambiental al utilizar CA a base de residuos de madera estamos contribuyendo con el medio ambiente. También, el uso de CA a base de residuos de madera es una solución que combina la capacidad para eliminar contaminantes con importantes beneficios ambientales, contribuyendo a una gestión más renovable con los recursos de la naturaleza, la protección de la naturaleza y la salud humana.

Por último, para el progreso de esta investigación, se planteó una serie de objetivos, los que permitirán responder a la interrogante de la formulación del problema. El objetivo general es, evaluar el nivel de arsénico en aguas subterráneas mediante carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr, en el distrito de Mórrope - región Lambayeque. Y los objetivos específicos que contribuirán a la realización de la investigación son: el primero, Identificar la concentración de arsénico en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope; el segundo, Elaborar carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr; el tercero, Evaluar la capacidad de remoción del carbón activado mediante un filtro de adsorción con cantidades de 25, 50 y 75 gr; el cuarto, Determinar la cantidad óptima de carbón activado para remover el arsénico en las aguas subterráneas y que estén por debajo de 0.01 mg AS/l; el quinto, Simulación a través de CFD del contaminante de arsénico y por último, Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental.

Revisión de literatura

Antecedentes nacionales

M. Eca y A. Ñiquen [7] en la investigación titulada "Influencia de la concentración y el tiempo de contacto del carbón activado (CA) de cáscara de coco en la remoción de arsénico de aguas subterráneas de Mórrope", tuvo como objetivo principal evaluar cómo la concentración y el tiempo de contacto del CA de cáscara de coco afectan la eliminación de arsénico en las aguas subterráneas de Mórrope. El estudio experimental explicativo se llevó a cabo en poblaciones diferentes del distrito de Mórrope, identificando elevadas cantidades de arsénico. Para la eliminación de arsénico, se tomaron muestras con concentraciones de 2, 4 y 6 g/L, con tiempos de contacto de 1, 2 y 3 horas. Los resultados indican que la adsorción del CA con ácido acético es de aproximadamente el 90%, mostrando eficacia para la desaparición de los metales pesados. Además, el CA a base de coco, en una muestra de 6 g/L, puede eliminar hasta un 32% de arsénico, especialmente con un tiempo de contacto de 3 horas.

Paredes y Segura [8] en su investigación titulada "Estudio de la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal", realizada en la ciudad de Cajamarca, tuvo como objetivo principal examinar la eliminación de contaminantes metálicos en aguas contaminadas mediante el uso de CA vegetal. La metodología fue de carácter documental, involucrando el análisis de estudios previos sobre la eficiencia de diferentes tipos de CA en la depuración de los metales tóxicos. Los resultados destacaron que, entre los carbones activados de origen vegetal estudiados, tres mostraron porcentajes significativos de remoción. El CA de Tusa de maíz logró una tasa de eliminación de arsénico del 90,5%, el CA a base de cáscara de naranja eliminó el 98% del cromo (Cr), y el más eficiente fue el CA en chips de eucalipto, con una tasa de eliminación del 99,9% para el plomo (Pb). Estos resultados sugieren que el uso de CA de origen vegetal, especialmente el derivado de fragmentos de eucalipto puede ser altamente efectivo para la ejecución de metales pesados en aguas contaminadas.

Caicedo & Fuentes [9] en su proyecto de investigación titulada "Remoción de arsénico de aguas subterráneas de Pacora para uso y consumo humano mediante adsorción", realizada en Lambayeque, tuvo como objetivo principal eliminar el arsénico presente en las aguas subterráneas del distrito de Pacora destinadas al consumo humano mediante el proceso de adsorción, utilizando óxido de hierro como agente adsorbente. La metodología fue cuantitativa y experimental. Los resultados indican que es posible reducir el contenido de arsénico en el agua subterránea de Pacora a niveles adecuados para el consumo humano, especialmente en el tratamiento T1, utilizando un filtro que contiene 100% de óxido de hierro. La tasa de

eliminación alcanzó el 87,5%, reduciendo el contenido inicial de arsénico de 0,012 mg/L a 0,0015 mg/L, cumpliendo con el límite máximo establecido por la (OMS) de 0,01 mg/L. Además, el agua tratada en T1 con un filtro que contenía 100% de óxido de hierro mostró propiedades adecuadas para el consumo humano, incluyendo un contenido de hierro de 0,018 mg/L, turbidez de 3,433 NTU, pH de 8,29, conductividad de 3095 s/cm, temperatura de 22,83 °C y contenido de arsénico de 0,0015 mg/L.

Antecedentes internacionales

González & Alvarado [10] en su proyecto de investigación titulada "Desarrollo de carbón activado a partir de desechos agroindustriales con aplicación en adsorción de arsénico", realizada en Santiago de Chile, se centró en la creación de carbón activado a partir de astillas de madera de pino y cáscara de arroz. Se emplearon métodos de activación física con corrientes de N₂ y CO₂, así como activación química mediante impregnación con ZnCl₂ y H₃PO₄, seguido de modificación con hierro. La elección de astillas de pino se basó en su alta porosidad. Los carbones resultantes, denominados CAP-CO₂ y CAP-Zn, inicialmente mostraron niveles de adsorción bajos, alrededor del 21%. Sin embargo, mediante un método de impregnación de hierro y posterior oxidación, se logró mejorar significativamente el rendimiento, alcanzando una eliminación de arsénico del 82%.

Como sostiene Mani et al. [11] en su proyecto de investigación llamado 'Eliminación completa de arsenito del agua subterránea utilizando persulfato de potasio activado por UV y carbón activado granular impregnado con óxido de hierro', se investigaron la cinética y la termodinámica mediante la combinación de FeO/GAC en experimentos por lotes bacterianos. La caracterización de este absorbente se logró mediante el uso de técnicas como SEM, XRD e YPS, así como BET y mediciones de potencial. La solución que contenía 10 ppm de arsénico se eliminó con KPS activado por UV y FeO/GAC en 1 hora. En Cheongyang, Corea del Sur, la adición de 10 ppm de arsénico (III) al agua subterránea provocó una concentración de incendio provocado de más del 82 % en 90 minutos, incluso con contaminantes naturales presentes. Los resultados demuestran que el KPS activado por UV combinado con FeO/GAC puede tratar eficazmente fuentes de agua contaminadas con arsénico, ofreciendo potencialmente una solución alternativa a los métodos actuales.

Como sostiene Dinh et al. [12] Un proyecto de investigación llamado 'Un filtro de biocarbón activo integrado y un sistema de desionización capacitiva para la eliminación efectiva del arsénico del agua subterránea' implicó la integración con un proceso combinado de filtración y electrosorción. Tratamiento de aguas subterráneas ricas en arsénico. Mediante el uso de un filtro

hecho de biocarbón de cáscara de arroz y dióxido de manganeso activo (BC activo), el As (III) se convirtió en AsV y la fase inicial de As (0)³⁺As (VI, V). A un proceso de postratamiento le siguió la electrosorción mediante desionización capacitiva (CDI) para la eliminación de arsénico. El método BC activo demostró una rápida eliminación de 0,75 y 0,63 gr.

Bases teóricas

La base teórica utilizada para comprender los principales aspectos del tema de investigación es la siguiente:

Arsénico

El arsénico (As) es un elemento metaloide que ocurre de manera natural y se halla disperso en la corteza terrestre. La cantidad de As presente en la corteza terrestre suele ser de 2 mg/kg, pero esto fluctúa según la composición geológica del área. Los minerales de cobalto contienen naturalmente arsénico, que en general se encuentra en combinación con azufre u otros metales como manganeso, hierro, cobalto y plomo. [13]. Además, el As es un metaloide natural de la corteza terrestre y se distribuye extensamente en el entorno, estando presente en los elementos de la naturaleza. Las personas pueden estar expuestas a concentraciones elevadas de arsénico inorgánico al consumir agua contaminada, utilizar agua contaminada para cocinar y regar cultivos alimentarios, participar en procesos industriales, consumir alimentos contaminados y fumar. La intoxicación crónica al arsénico inorgánico, principalmente en los alimentos y agua potable, puede dar lugar a una intoxicación crónica, y los efectos más comunes incluyen daños en la piel y a base de eso se genera cáncer de piel.[9]



Figura 1: en la siguiente figura se visualiza la textura del Arsénico. Fuente [9]

Arsénico en la salud

Las fundamentales vías de exhibirse al arsénico son la ingestión o la inhalación. Ocasionando enfermedades en la Piel, efecto secundario sobre el sistema nervioso, irritación de órganos. Enfermedades de la vía respiratoria del tracto gastrointestinal y en casos extremos, incluso cáncer. estudios muestran el arsénico se acumula en los huesos después de una ingesta mínima. Los músculos y la piel tienen graves consecuencias para los humanos. [13]

Métodos de remediación de arsénico.

La elección del método de remediación del As se basa en la evaluación de diferentes factores, como los medios que se necesitan corregir en este caso las aguas subterráneas. Regularmente existen variedades formar de tratar el arsénico en aguas subterráneas una de ellas es el método de adsorción. [13]

Adsorción de arsénico

De manera general, consiste en la retención de componentes solubles que están en la interfase de una solución. La adsorción es profundamente empleada en procesos de purificación de agua debido a su simplicidad, efectividad y versatilidad. Sin embargo, la eficiencia del proceso depende de factores como el tipo de arsénico, el pH del agua, la concentración del contaminante y la presencia de otros.[13]

Materiales adsorbentes utilizados en la remoción.

Los diferentes materiales a base de carbono son capaces de eliminar el arsénico del agua, pero no son muy eficientes haciendo necesario buscar materiales que eliminen grandes cantidades de arsénico del agua. Distintos estudios demuestran la factibilidad de desarrollar materiales con buenas capacidades de adsorción natural, lo que provoca un interés en investigar este tipo de materiales alternativos que pueden eliminar o destruir contaminantes metálicos u orgánicos que estén presentes en aguas subterráneas.[13]

Los diferentes materiales adsorbentes para la eliminación de arsénico son:

- Carbón activado.
- Alúmina activada.
- Otros minerales (Arenas y Zeolitas).
- Biomosas (Algas, Hongos, Bacterias).
- Biopolímeros (Quitina y Quitosano).

Propiedades de la madera lupuna

La madera en cuestión es muy vulnerable a la descomposición. Puede perder más del 30% de su peso cuando es afectada por hongos, termitas e insectos que se alimentan de madera seca. En cuanto al tratamiento a presión con sales y celulosa llena, tanto la albura como el duramen permiten una penetración fácil y uniforme. Este proceso resulta en una alta absorción y una buena impregnabilidad de la madera, tienen variedad de usos que se le puede brindar uno de ellos es en el rubro de la construcción. [14]



Figura 2: el ciclo de vida de la madera lupuna. Fuente:[14]

Concepto de carbón

Es un mineral orgánico compuesto principalmente de carbono, y su formación requiere millones de años a partir de la condensación gradual de material vegetal parcialmente descompuesto. El proceso comienza con la formación de una capa de material vegetal descompuesto llamada turba. Existen tres tipologías principales de carbón, clasificados según su contenido de carbono y otros elementos:

Lignito: Es el tipo de carbón con menor contenido de carbono. Se forma relativamente rápido y tiene unos colores marrones oscuro a negro. Aunque es el menos denso de los tipos de carbón, aún se utiliza en la generación de energía.

Hulla: Este tipo de carbón se obtiene mediante la compresión del lignito. Destaca por su significativo poder calorífico, lo que lo hace idóneo para su aplicación en equipos de generación de energía. Presenta una textura dura y quebradiza, y su color oscuro. La acumulación de carbono en este tipo de carbón oscila entre el 75% y el 80%, proporcionando un contenido carbonoso sustancial.

Antracita: Este tipo de carbón, derivado de una transformación específica, se destaca como la opción superior entre otras variedades de carbones. Se caracteriza por presentar una

contaminación mínima y un alto poder calorífico. Al arder, emite una llama intensa, generando considerable calor y produciendo una cantidad reducida de humo. Su aspecto se distingue por ser negro, brillante y extremadamente duro. Con una concentración de carbono que puede llegar hasta el 95%, este carbón se posiciona como uno de los más puros. En un sentido más amplio, el término "carbón" engloba a compuestos que contienen el elemento carbono (C) dispuesto de manera regular. Los átomos que se encuentran fuera de la estructura cristalina poseen una captación libre, lo que las beneficia en atraer de inmediato mezclas circundantes hacia sí. [15]



Figura 3: En la siguiente figura se visualiza la textura del CA. Fuente: [15]

Concepto de carbón activado (CA)

El CA se ha convertido en uno de los medios más seguros para el proceso de fluidos subterráneos y la purificación de ciertas aguas residuales. En términos generales, se considera que el CA es el adsorbente más eficiente para el tratamiento de líquidos. Puede emplearse en forma de polvo o grano, y existen numerosos tipos de carbón activado disponibles en el mercado. Algunos de ellos son de origen vegetal, como especies de diversas forestales, nuez de coco y turba, mientras que otros son de origen mineral. [15]

El carbón se puede hallar de distintas formas, varían de acuerdo al uso que se le va a dar.



Figura 4: las diferentes formas que puede tener el CA.

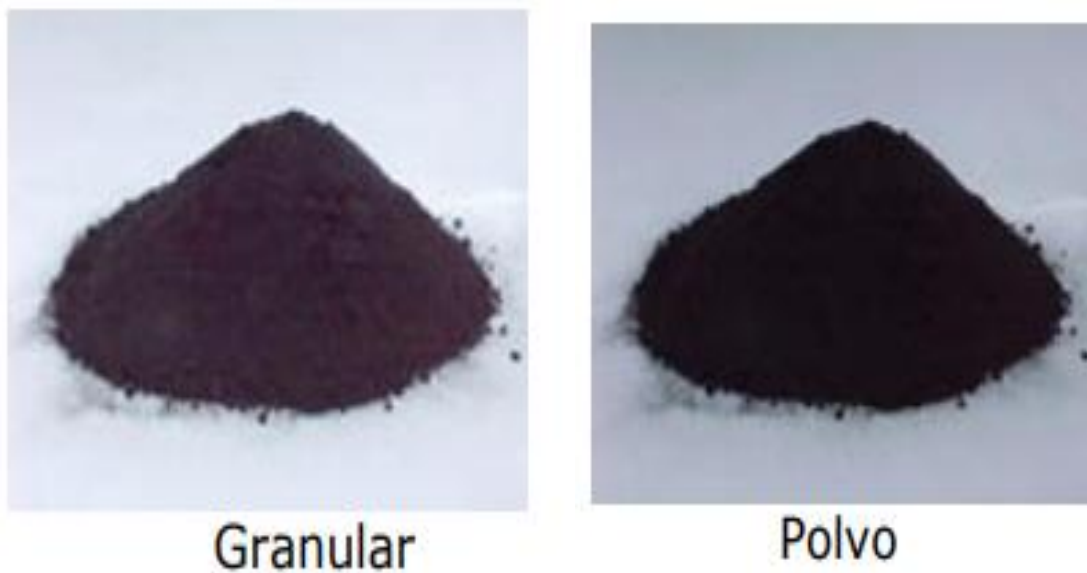


Figura 5: tipología del CA granular, polvo.

Propiedades del carbón activado (CA)

Desde la antigüedad, los ancestros descubrieron que el carbón de residuos de madera tenía diversas aplicaciones, no solo como fuente de energía, sino también para la limpieza y con propósitos farmacéutico. Hoy en día, el carbón activado se usa ampliamente para eliminar el color, el olor y el sabor de una variedad de artículos. La presencia del carbón activado se evidencia en aplicaciones simples como filtros de acuarios o refrigeradores, así como en sistemas industriales más complejos, como las modernas plantas de procesamiento de agua o en procesos avanzados de producción de antibióticos. La versatilidad del CA se sustenta en varias propiedades fundamentales: su gran capacidad para eliminar diversas sustancias y su baja selectividad en la retención de componentes específicos. [15]

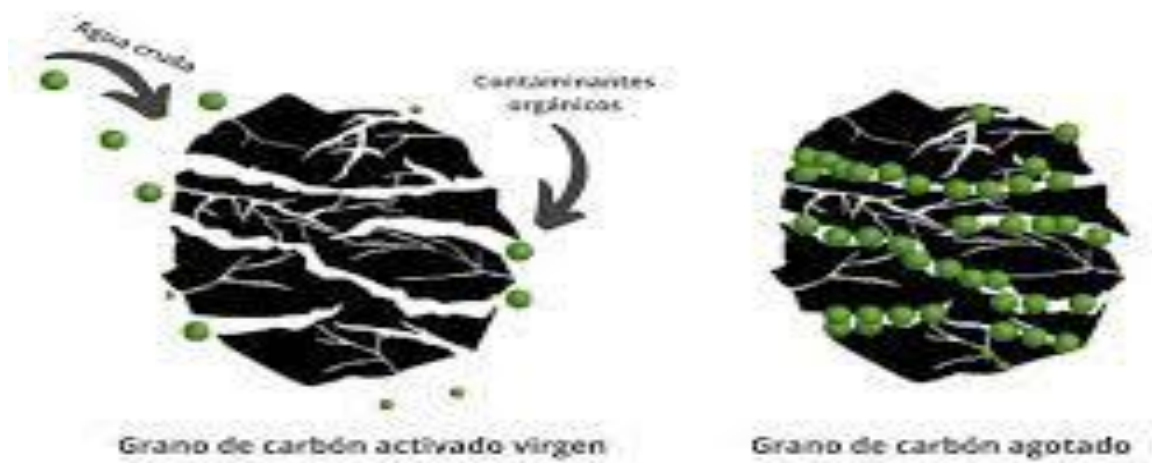


Figura 6: Propiedades del carbón activado. Fuente: [15]

Características fisicoquímico del CA

✚ Composición química

La composición química del carbón puede variar, pero el CA es esencialmente carbón puro, al igual que los diamantes, el grafito y diversos elementos o el carbón vegetal. Todos estos materiales exhiben propiedades de adsorción, un fenómeno fisicoquímico en el que una sustancia sólida, llamada adsorbente, retiene cierto tipo de moléculas presentes en un líquido o gas, conocidas como adsorbatos, en sus paredes. La composición química típica del carbón activado es aproximadamente 75-80% de carbono, 5-10% de ceniza, 60% de oxígeno y 0,5% de hidrógeno.[15]

✚ Composición física

El carbón activado es semejante al grafito en ciertos aspectos. Su estructura suele generar una distribución bien definida de tamaños de poro. Como resultado, se pueden identificar tres tipos de poros según las diferencias en sus radios: macroporos ($r > 25$ nm), mesoporos ($25 > r > 1$ nm) y microporos ($r < 1$ nm). [15]

✚ Producción de Carbón Activado Vegetal

El CA puede producirse a partir de diversos materiales, aunque comercialmente se utilizan principalmente algunos materiales carbonosos específicos. Esto se debe a que los materiales derivados de estos tienen propiedades que abarcan todo el espectro de aplicaciones del carbón activado, y además son accesibles y económicos. [15]

✚ Proceso de activación físico

Este procedimiento involucra la carbonización de la materia prima a temperaturas elevadas, casi al punto de incandescencia, con el objetivo de expulsar los hidrocarburos presentes. Posteriormente, este carbón principal se le agrega el agente oxidante, que suele ser el vapor del agua. La operación resultante es endotérmica, esto significa que se requiere mantener una temperatura constante en el rango de 800 a 1000 °C. Es importante destacar que la activación se produce debido a una reacción química con el agente activante, que actúa como oxidante. Este intermediario activante puede ser aire, dióxido de carbono, entre otros. [15]

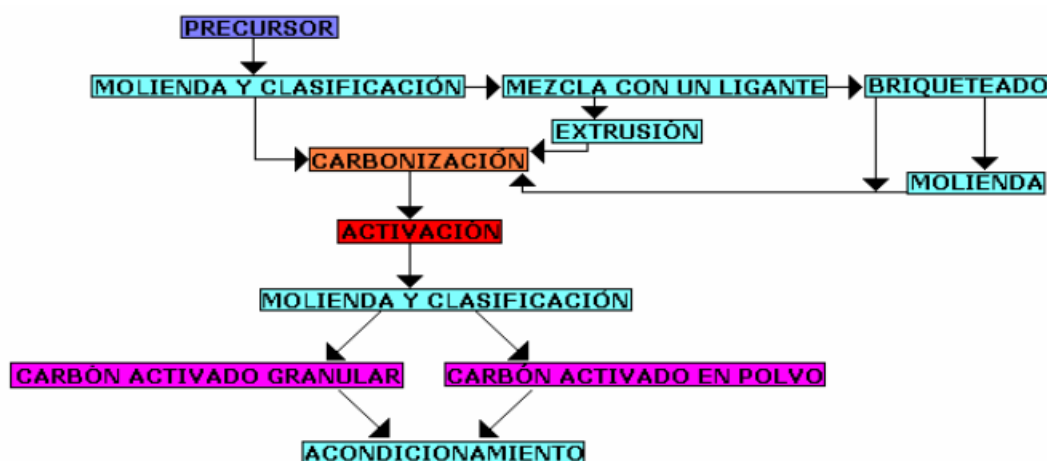


Figura 7: En la siguiente figura muestra el diagrama de activación física del CA. Fuente:[15]

✚ Proceso químico

En este proceso implica el calentamiento del carbón junto con el agente activante en un reactor a temperaturas elevadas. Durante este proceso, el agente activante reacciona con el carbón, provocando la liberación de gases y vapores que se encontraban atrapados en su estructura porosa. Estos gases y vapores generados durante la activación química se componen por CO, CO₂, CH₄ y agua, entre otros. La liberación de estos productos de descomposición permite la creación de nuevos espacios y canales en la estructura del carbón, lo que aumenta su área de superficie interna y su capacidad de adsorción. La elección del agente activante a utilizar depende de las características deseadas para el carbón activado. Por ejemplo, el cloruro de zinc se utiliza principalmente para activar el carbón en aplicaciones de purificación de agua, debido a su capacidad de aumentar significativamente la capacidad de adsorción del carbón y su capacidad para eliminar impurezas orgánicas. Por otro lado, el ácido fosfórico se utiliza comúnmente en aplicaciones de desgasificación, como en la extracción de sustancias orgánicas volátiles. Es capaz de generar un mayor espacio en la superficie interna en el carbón y de mejorar su capacidad de adsorción para ciertos contaminantes volátiles. El hidróxido de potasio, por su parte, se utiliza principalmente en la fabricación de CA lo cual brinda una mayor capacidad de adsorción y reactividad química al carbón, lo que lo hace adecuado para la eliminación de sustancias químicas y la purificación de soluciones. [15]

DIAGRAMA DE LA ACTIVACIÓN QUÍMICA

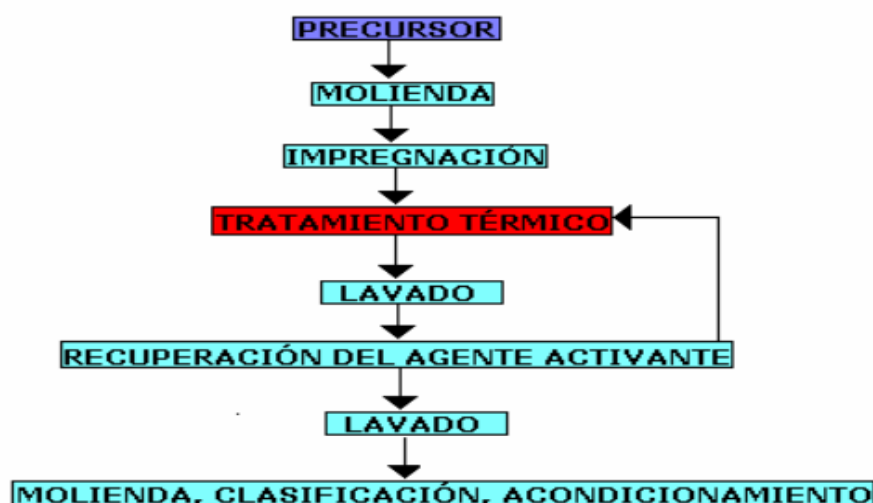


Figura 8: En la siguiente figura muestra el diagrama de activación química del CA. Fuente:[15]

✚ Parámetro físico químico

Esta información hace referencia a las indicaciones proporcionadas por DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) para tomar muestras de agua con el objetivo de analizar la presencia de elementos pesados. Según DIGESA, es recomendable emplear recipientes de plástico con cierre hermético. Estos recipientes deben estar no contaminados y despejados de cualquier tipo de contaminación que pueda afectar los resultados del laboratorio.

Además, se señala que la muestra de agua debe ser tomada sumergiendo el frasco aproximadamente 20 cm por debajo de la fuente, asegurando así que se capture una muestra representativa del cuerpo de agua. Una vez capturada la muestra, se debe preservar a una temperatura de 4°C para garantizar la estabilidad de los metales pesados actuales en el agua hasta su posterior análisis en el laboratorio. [15]

Toma de muestras del agua

Estos son los parámetros que deben de contener la etiqueta de una muestra de agua según el decreto de la N° 17752 “Ley General de las aguas”:

1. Número de Muestra: Se refiere al orden en el que se tomó la muestra.
2. Código de identificación: Es el código o nombre que se utiliza para identificar el lugar de muestreo.
3. Origen de la fuente: Indica de dónde proviene el agua que se ha tomado. Por ejemplo, puede ser de un río, lago, pozo, entre otros.
4. Descripción del punto de muestreo: Se utiliza para describir el lugar exacto donde se tomó la muestra.
5. Fecha y hora de recoger la muestra: Se registra la fecha y hora exacta en que se realizó la muestra.
6. Preservación realizada, tipo de preservante utilizado: Se especifica si se realizó algún tipo de conservación o preservación de la muestra y qué tipo de preservante se utilizó.
7. Tipo de análisis requerido: Se indica qué tipo de análisis se realizará con la muestra. Esto puede incluir análisis fisicoquímicos, bacteriológicos u otros tipos de análisis específicos.
8. Nombre del encargado para el muestreo: Se registra el apelativo de la persona u organismo responsable de tomar la muestra. [16]

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: _____ Código de Laboratorio: _____
LABORATORIO FISICO - QUIMICO		
Solicitante/Programa:		
Origen de la Fuente:	Punto de Muestreo:	
Localidad:	Fecha y Hora de Muestreo:	
Distrito:	Fecha y Hora de Llegada Lab.:	
Provincia:	Cantidad de Muestra:	
Departamento:	Muestreador:	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Aguas: _____ Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/ Parámetros:		

Figura 9: datos que deben ir en la etiqueta de la muestra de aguas. Fuente: DIGESA

Estándar de calidad del agua

Mediante Decreto Supremo N° 004-2017 - MINAN, se aprobaron las Normas de Calidad Ambiental del Agua (ECA) y se desarrolló normativa complementaria que establece valores mínimos de concentraciones de arsénico en la Categoría 1: Población y áreas recreativas.[17]

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable				
Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Figura 10: estándar de calidad del agua en la categoría A1. Fuente: MINAN

¿Qué es realmente el CFD?

En el grupo científico lo han llamado Dinámica de fluidos computacional a sus (CFD, por sus siglas en inglés) al uso de las computadoras como herramientas para resolver numéricamente las ecuaciones de movimiento de los fluidos. El CFD es un instrumento informático utilizado para predecir y entender cómo actúa un fluido en unas condiciones determinadas.[18]

¿Cómo se hace una simulación de CFD?

A continuación, se explica los parámetros a seguir para realizar simulaciones y poder comprender los resultados y el potencial que tiene el CFD.[19]

- **Modelado:** Para iniciar con la simulación el primer paso es modelar tu proyecto que se quiera analizar. Se puede hacer el modelado en el mismo programa u otros programas, teniéndose en cuenta que tu objeto o pieza no tiene que ser un volumen si no una pieza.
- **Mallado:** La simulación CFD se basa en volúmenes finitos y cuando se trabaja con volúmenes se tiene que dividir en pequeños volúmenes, este parámetro se lo conoce como enmallado.
- **Ajuste de parámetros:** Para este paso se debe tener los dos pasos anteriores, ya que acá se especifica sus parámetros y características del fluido.
- **Ejecución de simulación:** Una vez hecho los pasos anteriores ya se puede correr la simulación.
- **Análisis de los resultados:** Al culminar toda la simulación se muestran distintos aspectos, dentro de los resultados se puede observar el flujo del agua, esto varia de que se está analizando.

Software de «CFD Simulation»

Según [19] para realizar simulaciones CFD, se tiene diferentes programas dentro de ellas tenemos:

- **Star CCM+**
- **Ansys Fluent**
- **OpenFOAM**

Materiales y métodos

Tipo de estudio

Según [21] esta investigación se describe con la siguiente tipología:

- **según su finalidad**

Investigación Aplicada: En vista que la presente investigación aplica los conocimientos de la ingeniería para brindar una solución al problema de la alta cantidad de arsénico en el distrito de mórrope.

- **según los datos analizados**

Investigación Cuantitativa: Dado que se tomarán los resultados de los ensayos del laboratorio, para verificar con precisión la variación de los niveles de arsénico con carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr.

- **según la metodología para constatar la hipótesis**

Investigación Experimental: Esta investigación, busca evaluar cómo actúa al incorporar el carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr, teniendo en cuenta los resultados del laboratorio ya que serán la prueba para demostrar la hipótesis.

Nivel de investigación

Según [21], considerando la magnitud del objeto sobre el tema, esta investigación se clasifica como correlacional, puesto que su propósito es medir la correlación entre las variables.

Diseño de investigación

Se trata de establecer un proceso para afirmar si nuestra hipótesis es la correcta; en el caso de este estudio, se ha optado por un grupo de control y un post prueba, siendo su esquema el siguiente:

01	X1	04
02	X2	05
03	X3	06

Tabla 1. Diseño de la investigación. Fuente: [21]

Donde:

01, 02 y 03: número de muestras de agua por pozo (Grupo de control).

X1: Adición de 25 gr de carbón activado (Grupo experimental).

X2: Adición de 50 gr de carbón activado (Grupo experimental).

X3: Adición de 75 gr de carbón activado (Grupo experimental).

04, 05 y 06: Resultados de las muestras tras la adición del CA.

Población

La población de estudio se centró en las aguas subterráneas de la zona de Mórrope de Lambayeque, zona con altas concentraciones de arsénico.

Muestra

El tipo de muestro es probabilístico lo cual se realizará considerando la población encontrada en el punto anterior, por lo cual se aplicará la siguiente formula estadística para determinar la muestra.[20]

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

n= Tamaño de muestra buscado

N= Tamaño de la población (Según la plataforma nacional de datos georreferenciados GEO PERÚ, se registraron un total de 85 fuentes en todo el distrito de Mórrope.)

Z= Valor Z. Depende del Nivel de Confianza que establezca por el investigador

e= Error estimado aceptado, el investigador lo establece

p= probabilidad de que ocurra el evento

q= (1-p) Probabilidad de que no ocurra el evento

Determinación de la muestra

Tabla 2. Indicadores para determinar la muestra. Fuente: [21]

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	VALOR
Tamaño de la población	N	85
Depende del Nivel de Confianza que establezca por el investigador	Z	0.67
Error estimado aceptado, el investigador lo establece	e	0.11
probabilidad de que ocurra el evento	p	0.50
Probabilidad de que no ocurra el evento	q	0.50

Tratando de una población con tamaño definido, se utiliza los indicadores de la tabla para encontrar la muestra.

$$n = \frac{85 * 0.67^2 * 0.50 * 0.50}{0.11^2 * (85 - 1) + 0.67^2 * 0.50 * 0.50}$$

$$n = 9$$

Por lo tanto, se aplicará un número total de 9 muestras para la evaluación de los niveles de arsénico en aguas subterráneas mediante carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr.

Las 9 muestras que se utilizarán para la experimentación se recolectarán del mismo distrito de mórrope, centro poblado cruz del medano y caserío lagartero.

Distrito de Mórrope: en el distrito de mórrope se realizarán tres muestras de pozos diferentes.

Tabla 3. Información de los pozos del distrito de mórrope. Fuente: propia

Nombre	Coordenadas	Tipo de pozo
Mórrope Pozo la piedra	608950-9276870	Pozo tajo abierto
Mórrope Parque central	608876-9276944	Pozo tajo abierto
Mórrope principal	609540-9277367	Pozo tubular

Centro poblado cruz del médano: en el caserío cruz del médano se realizarán tres muestras de pozos diferentes.

Tabla 4. Información de los pozos del caserío cruz del medano. Fuente: propia

Nombre	Coordenadas	Tipo de pozo
Proyecto nuevo	615219-9280701	Pozo tubular
Parque central	615036-9279951	Pozo tajo abierto
Pozo N°1	615077-9280184	Pozo tubular

Caserío lagartero: en el caserío lagartera se realizarán tres muestras de pozos diferentes.

Tabla 5. Información de los pozos del caserío lagartera. Fuente: propia

Nombre	Coordenadas	Tipo de pozo
Pozo principal	609540-9277367	Pozo tubular
Pozo (Nicolás valdera)	614325-9280955	Pozo tajo abierto
Pozo (Enrique Sandoval)	614347-9280993	Pozo tajo abierto

Hipótesis

El carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr eliminará o reducirá los niveles de arsénico en las aguas subterráneas.

Variables

Variable independiente

Carbón activado de *Chorisia integrifolia*

Variable dependiente

Evaluación de los niveles de arsénico de las aguas subterráneas.

Tabla 6. Operacionalización de variables *Fuente: propia*

Operacionalización de variables						
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD	METODO DE MEDICIÓN	
Independiente	Carbón activado de <i>Chorisia Integrifolia</i> ulbr	-----	Proporción de carbón activado.	25,50,75	gr	Balanza analítica
Dependiente	Evaluación de los niveles de arsénico de las aguas subterráneas	Filtro de purificación que contenga carbón activado	Cantidad de remoción del carbón activado	-----	mg/l o ppm As	EPA 200.7 Metales ICP

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la siguiente investigación se utilizarán las siguientes técnicas e instrumentos:

- ✓ **Técnica:** El muestreo de los pozos según la “Ley General de las aguas”

Instrumento: Para muestrear los pozos de estudio depende de los materiales mencionados en la “ley general de las aguas” los cuales son:

- Equipo de refrigeración (cooler)
- 36 frascos de polietileno 1000 ml
- Marcador indeleble
- Cuaderno de campo

- Lapiceros
- Mascarilla
- Etiquetas
- Guantes quirúrgicos
- Guardapolvo
- Zapatos de seguridad

✓ **Técnica:** Preparación del CA y filtro

Instrumento: Para la preparación del CA y el filtro se necesitará los siguientes materiales:

- 4 kg de madera, Algodón, 1 tubo PVC de 4", 1 pegamento para PVC, 1 lija, 2 codos de ½", 1 tubo de ½", 2 uniones universales, 2 llaves de paso.
- Agua destilada., Cloruro Férrico (Cl₃Fe) 85 %.
- Termómetro, Balanza analítica., Horno eléctrico (120°), Horno mufla digital (120°), Medidor de pH - metro., Molino, Olla de hierro, Tamiz.

✓ **Técnica:** Interpretación de resultados

Instrumento: La clave de este proceso es la discusión e interpretación de lo que estamos analizando, para esto contamos con herramientas muy útiles como: hojas de cálculo para organizar datos, gráficos para visualizar tendencias, organizadores gráficos para mapear ideas y cuadros comparativos para identificar diferencias.

✓ **Procesamiento de información:** Se refiere a las herramientas utilizadas donde se procesará los resultados de los ensayos, dentro de estas herramientas se tiene softwares como: Microsoft Word, Excel.

Procedimiento

Ubicación geográfica de los pozos subterráneos

Según la fuente de ANA e investigaciones recientes por INGEMMET, se recopiló información de los pozos subterráneos del distrito de Mórrope, los datos obtenidos son las coordenadas geográficas, profundidad, estado actual del pozo y niveles de arsénico en mg/l. se consideraron en el estudio pozos que estén utilizables, finalmente se utilizó 9 pozos del distrito de Mórrope, tres del mismo distrito, tres del caserío Cruz del Médano y tres del caserío Lagartera. Cuya agua será tratada con un filtro de PVC que contenga carbón activado.[22]

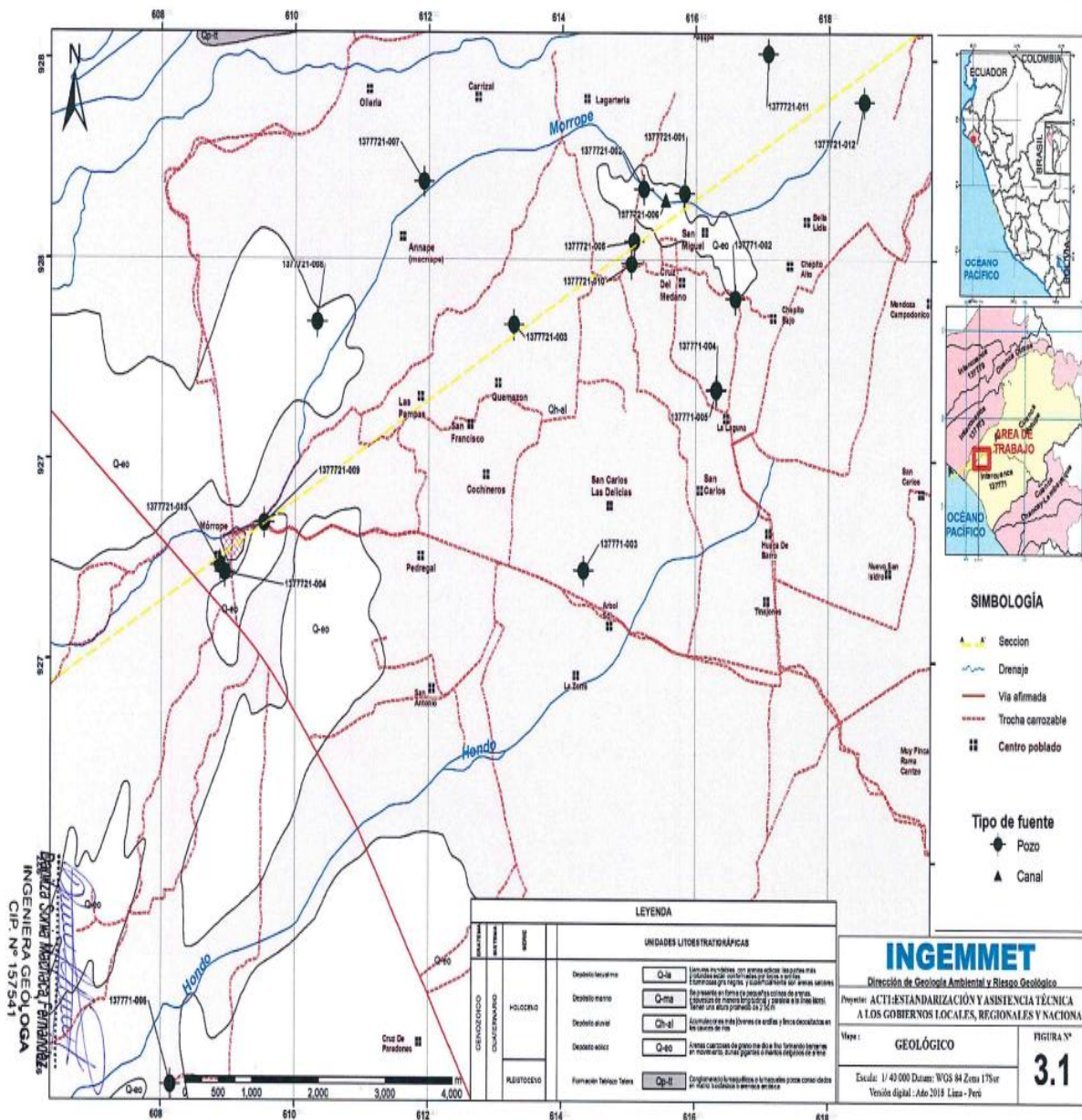


Figura 12: Ubicación geográfica de los pozos a muestrear. Fuente: INGEMMET

Proceso de recolección de muestras de cada pozo

Para iniciar esta investigación, primeramente, se debe realizar una previa visita al área de trabajo para poder identificarse de forma visual los pozos a muestrear. [16]

Según la ANA, el protocolo del seguimiento de la calidad del agua - DGRH para la recolección de muestras da los siguientes parámetros.

- Se pueden tomar directamente del cuerpo de agua o, si es posible, colocarlos en un tanque de plástico.
- Realizar el enjuague con agua de la muestra, para su próxima agitación y desechar la muestra.
- La muestra realizada debe ser mayor a los 20 cm de profundidad del cuerpo de agua.
- En cuanto a los metales pesados, se usarán frascos con boca ancha y cierre hermético de 1000 ml.
- Se guardarán los frascos en equipo de refrigeración a 4°C.



Figura 13: muestra – 01: pozo la piedra distrito de Mórrope. Fuente: propia.



Figura 14: muestra – 02: pozo parque central distrito de Mórrope. Fuente: propia.



Figura 15: muestra – 03: pozo principal distrito de Mórrope. Fuente: propia.



Figura 16: muestra – 04: pozo proyecto nuevo caserío Cruz del Medano - Mórrope. Fuente: propia.



Figura 17: muestra – 05: pozo parque central caserío Cruz del Medano - Mórrope. Fuente: propia.



Figura 18: muestra – 06: pozo N°1(Antiguo) caserío Cruz del Medano - Mórrope. Fuente: propia.



Figura 19: muestra – 07: pozo principal caserío lagartera - Mórrope. Fuente: propia.



Figura 20: muestra – 08: pozo (Nicolás valdera) caserío lagartera - Mórrope. Fuente: propia.



Figura 21: muestra – 09: pozo (Enrique Sandoval) caserío lagartera - Mórrope. Fuente: propia.

Seguidamente, se colocó las etiquetas a las nueve muestras para su traslado al laboratorio correspondiente.



Figura 22: muestra de Mórrope – 01: colocación de etiquetas para su refrigeración y ensayo correspondiente. Fuente: propia.



Figura 23: muestra de caserío Cruz del Medano – 01: colocación de etiquetas para su refrigeración y ensayo correspondiente. Fuente: propia.

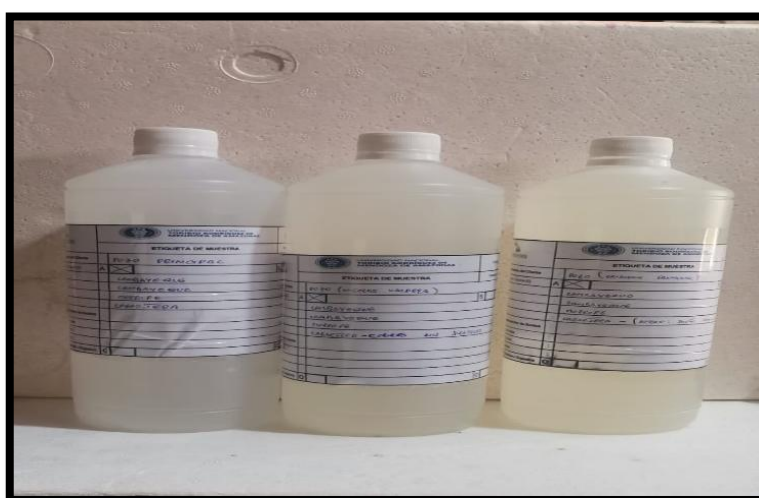


Figura 24: muestra de caserío Lagartera – 01: colocación de etiquetas para su refrigeración y ensayo correspondiente. Fuente: propia.

Proceso de obtención y activación de carbón activado producido a base de residuos de madera.

Se requiere una materia prima con una estructura que incluya inherentemente poros. Es crucial que esta materia prima presente un alto rendimiento de mezcla durante el desarrollo de carbonatación. Para la elaboración química se ve influenciada por tres factores principales: el entorno de la materia prima utilizada, sin embargo, la temperatura durante por carbonatación y el agente activante empleado en el proceso. Estos elementos determinan las propiedades y características específicas del carbón activado producido.

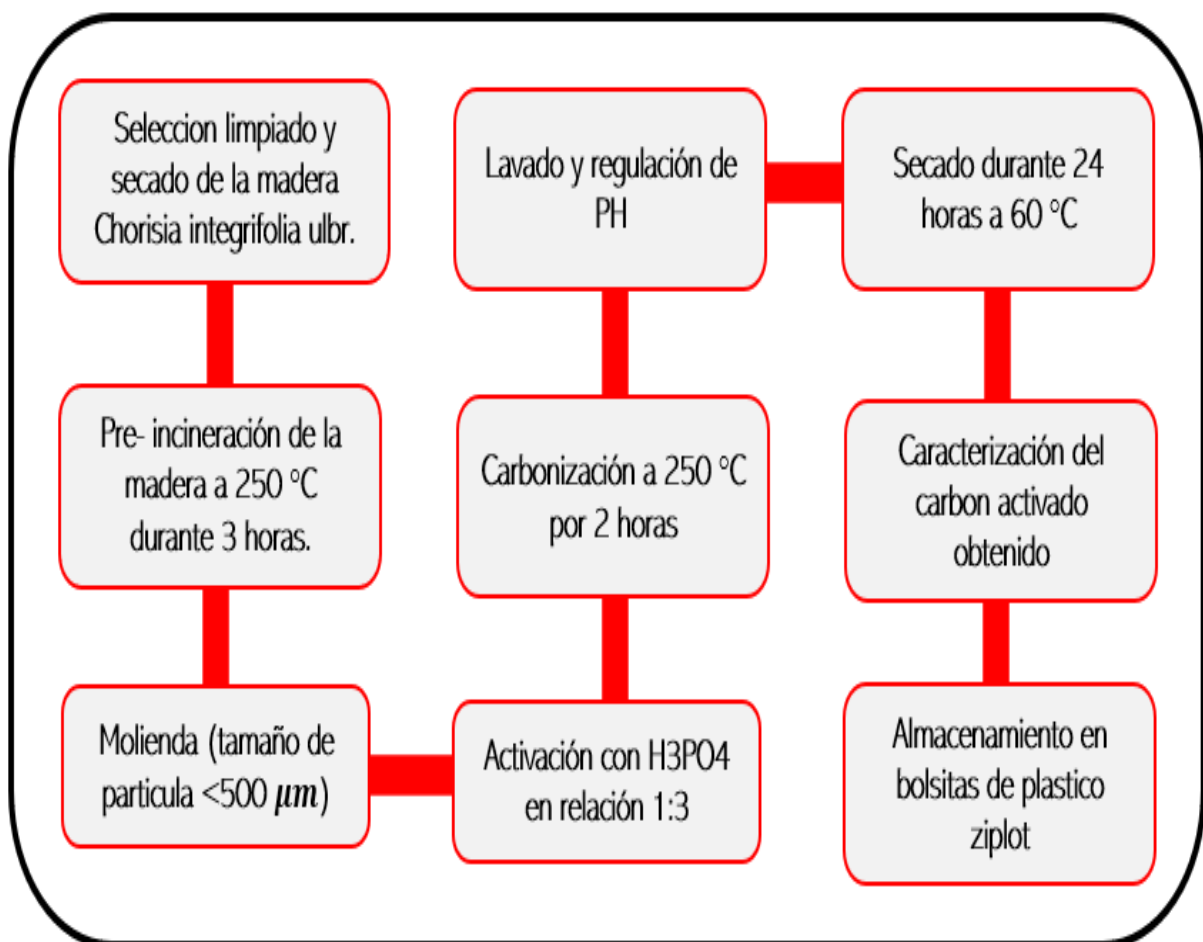


Figura 25: Matriz de fabricación del CA a base de lupuna. Fuente: propia

Recolección:

En la recolección del material, se determinó por identificar obras que estén en la fase de desencofrado. Para ello se optó por la obra "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CANAL PRINCIPAL SASAPE - MÓRROPE EN LA ZONA OESTE DEL VALLE CHANCA Y DISTRITO DE MÓRROPE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE".



Figura 26: Ubicación de la obra utilizada. Fuente: propia

una vez identificado la obra se dio su respectiva visita, lo cual estaba en fase de desencofrado, obteniendo la materia prima que es la madera lupuna para la fabricación del CA.



Figura 27: Recolección de la madera. Fuente: propia

A continuación, se visitó a 10 puentes que estaban en fase de desencofrado obteniendo 6 kilos de madera lupuna, lo cual se procedió a su selección y limpieza.



Figura 28: Recolección y selección de la madera. Fuente: propia

sin embargo, una vez obtenido la materia prima, se procedió a cortar en trozos pequeños, para su incineración correspondiente a 250 °C por tres horas.



Figura 29: Incineración de la madera. Fuente: propia

Por el contrario, una vez incinerada la madera se procede a moler en un molino manual toda la materia incinerada como se visualiza en las imágenes.



Figura 30: Molienda de la madera incinerada. Fuente: propia

Además, se procedió a su activación química con H_3PO_4 (ácido fosfórico) en relación 1:3 utilizando un total de 2 litros.



Figura 31: Activación del carbón. Fuente: propia

Asimismo, se procede a su carbonización luego de agregarle el ácido fosfórico, esta fase es muy importante ya que si se pasa de temperatura pierde su funcionalidad.



Figura 32: Carbonización. Fuente: propia

Luego, se procede a lavar el CA con agua destilada hasta regular su PH, el PH que debe tener el carbón activado tiene que estar entre 5 a 7, lo cual se medirá con un peachimetro.



Figura 33: Regulación del PH. Fuente: propia

sin embargo, se procede a la fase del secado del CA, este consiste en poner el CA en un horno a 180°C por 6 horas.



Figura 34: Secado del carbón activado. Fuente: propia

Por lo tanto, se pasa a moler para tener una dimensión de carbón uniforme, es decir tenemos que caracterizar el carbón activado.



Figura 35: Caracterización del carbón activado. Fuente: propia

Finalmente, se procede a guardar el carbón activado en bolsas ziploc teniendo como resultado 1409 gr.



Figura 36: almacenamiento del carbón activado en bolsas ziploc. Fuente: propi

Diseño del sistema purificador de agua a través de PVC.

Primeramente, se diseñó el filtro en programa Autodesk Autocad 2021, con sus medidas respectivas y materiales a utilizar.

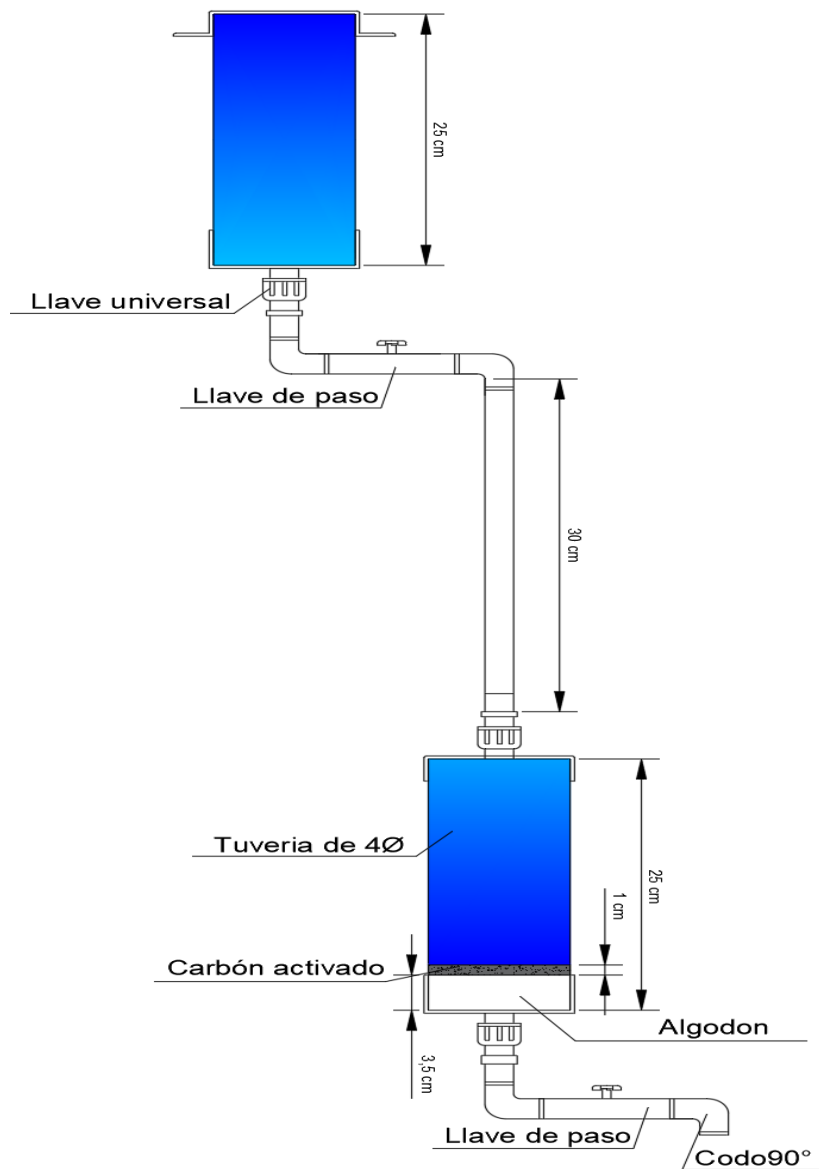


Figura 37: Diseño del filtro purificador de agua con 25gr de CA. Fuente: propia

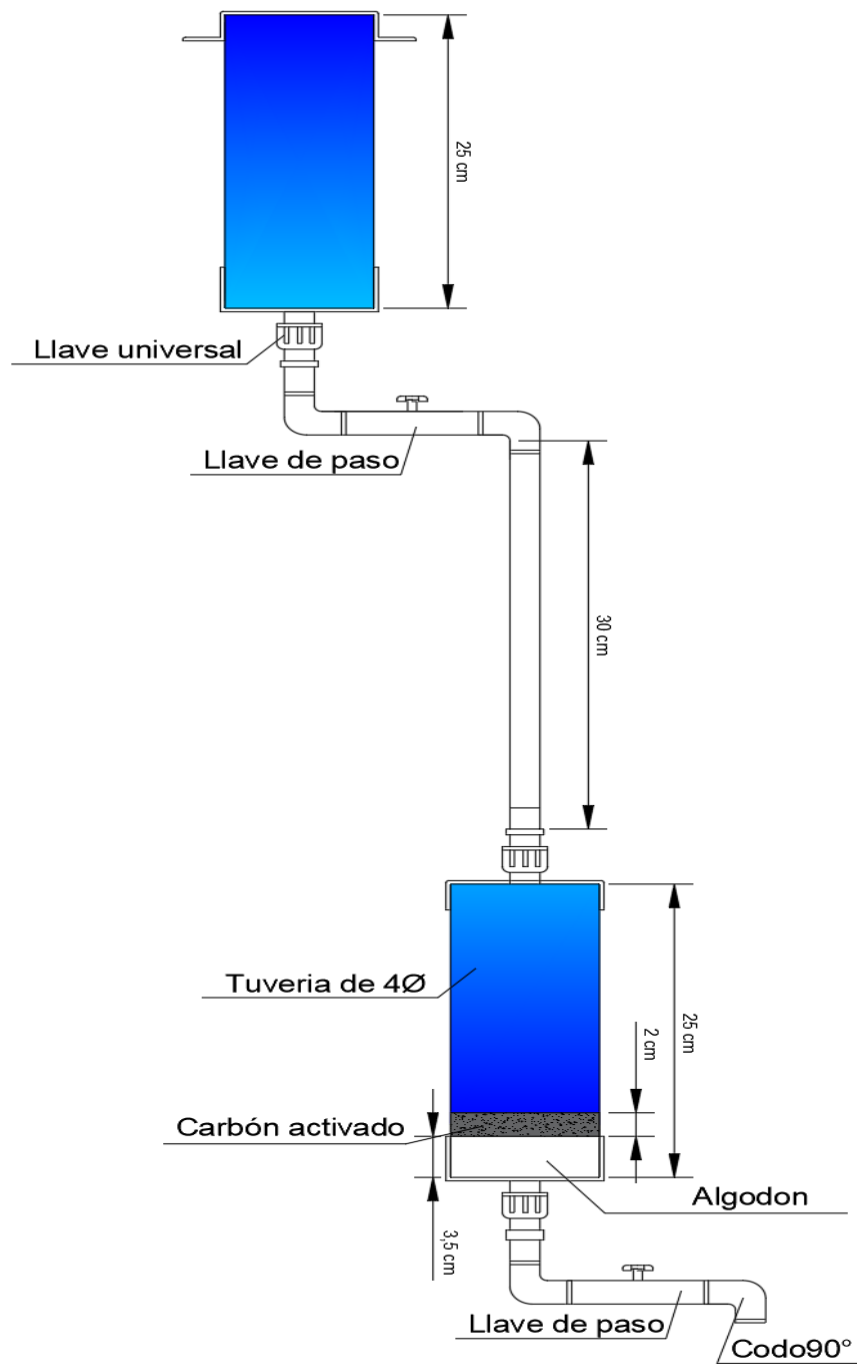


Figura 38: Diseño del filtro purificador de agua con 50gr de CA. Fuente: propia

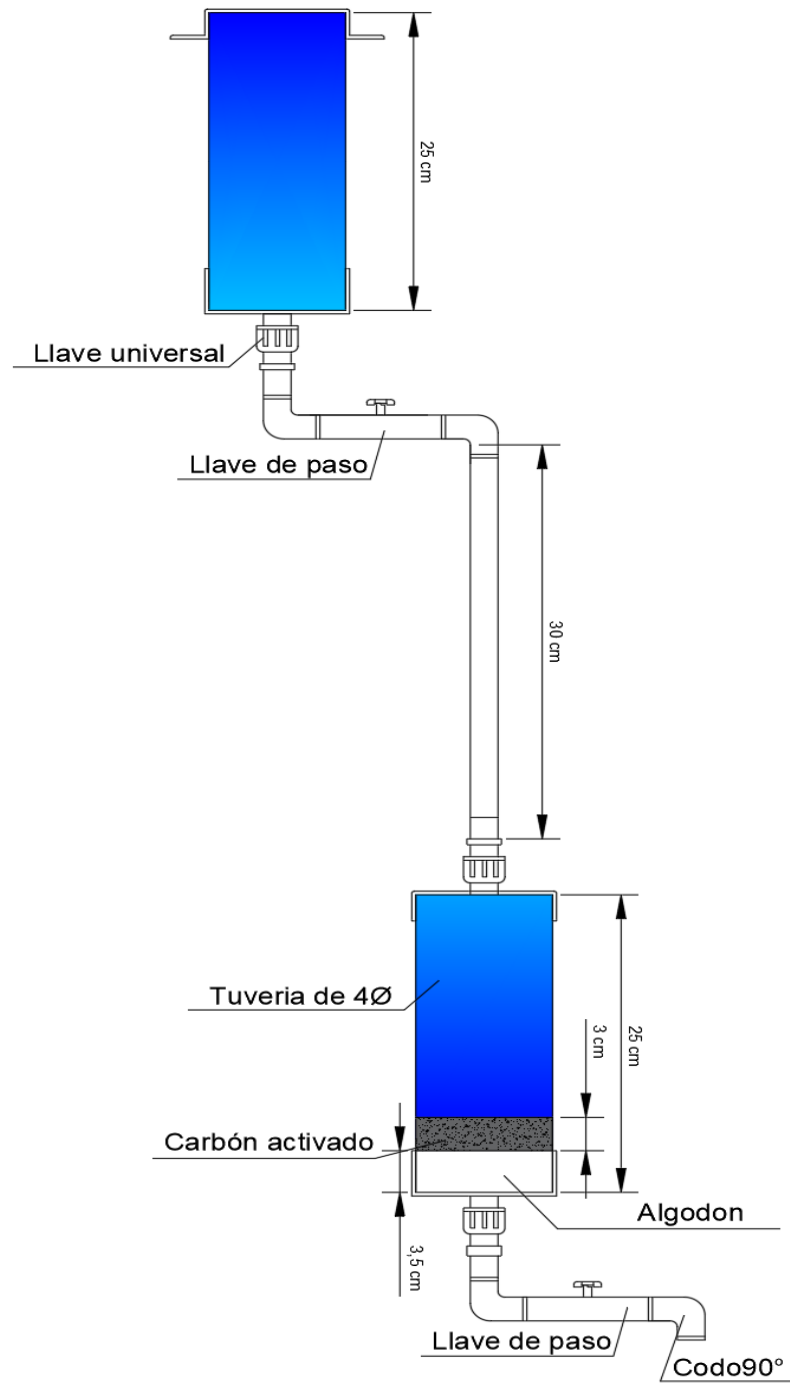


Figura 39: Diseño del filtro purificador de agua con 75gr de CA. Fuente: propia

Finalmente, se modela en el programa Autodesk Inventor Professional 2021.

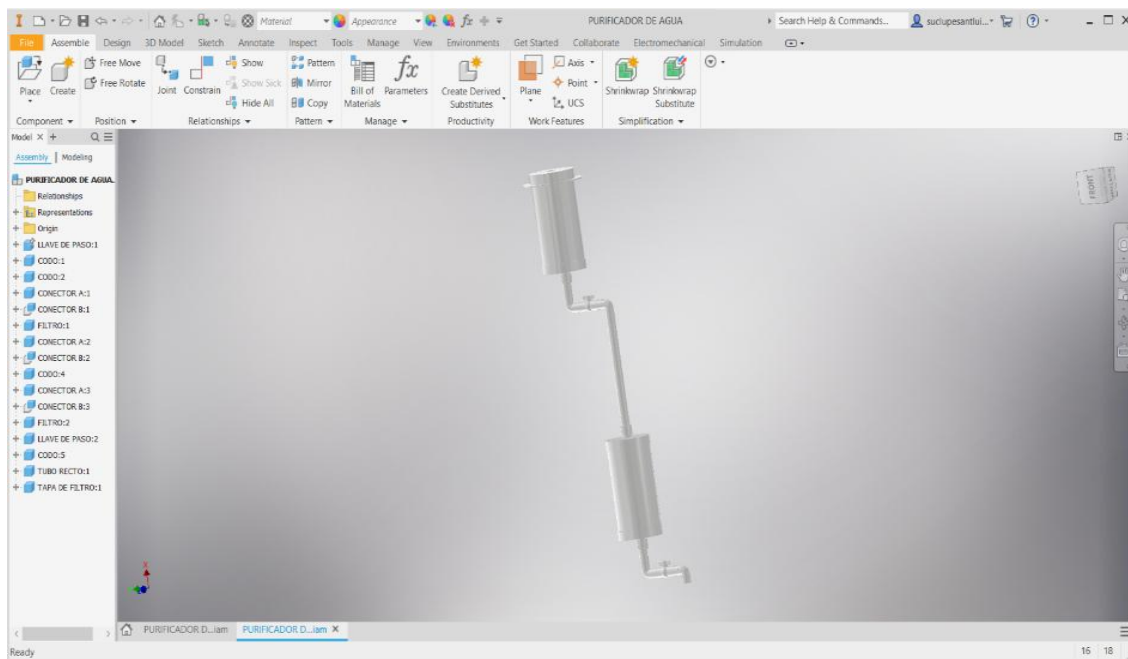


Figura 40: Diseño del filtro purificador de agua en Autodesk Inventor Professional. Fuente: propia

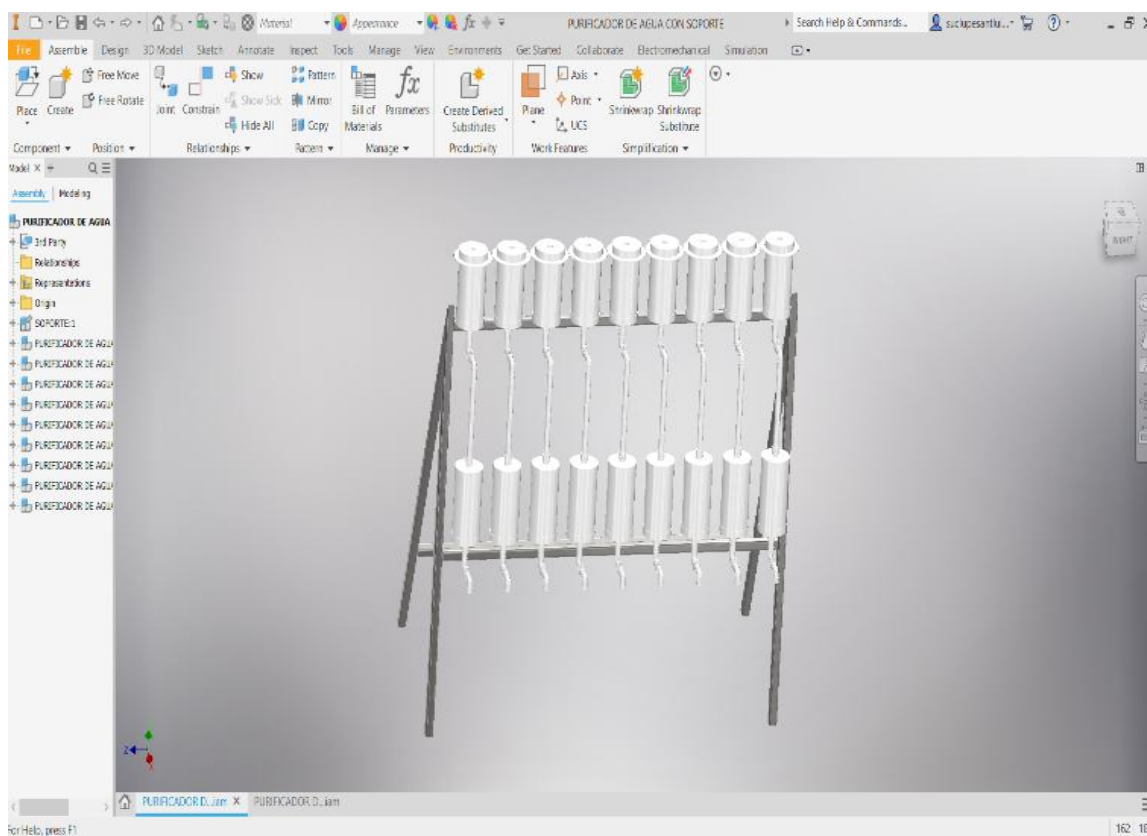


Figura 41: Diseño del filtro purificador de agua con soporte en Autodesk Inventor Professional. Fuente: propia

Proceso de elaboración del filtro a base de PVC.

Primero, se compró los materiales correspondientes en la ferretería más cercana, luego se procedió a cortar el tubo PVC de 4" a 25cm.



Figura 42: Corte de PVC para la elaboración del filtro. Fuente: propia

Segundo, se procedió a lijar las aristas del PVC de 25 cm, para luego continuar con su pegado correspondiente.



Figura 43: Lijado y pegado de PVC para la elaboración del filtro. Fuente: propia

Tercero, se hicieron perforaciones en las tapas T, para que pueda succionar aire y tenga mayor presión a la hora de bombear el agua.



Figura 44: Perforación de tapas de PVC para la elaboración del filtro. Fuente: propia

Cuarto, se hicieron perforaciones en los ejes de las tapas para luego proceder a ensamblar con las uniones universales.



Figura 45: Perforación en los ejes de las tapas de PVC para la elaboración del filtro. Fuente: propia

Quinto, se procedió armar el filtro uniendo la tubería de PVC de 4" de 25 cm, las tapas perforadas en su eje con las uniones universales y los codos con las llaves de paso.



Figura 46: Uniones de piezas para la elaboración del filtro. Fuente: propia

Sexto, se procedió armar la base donde se apoyarán los filtros, esta base estará hecha de madera.



Figura 47: Elaboración de soporte para el apoyo de los filtros. Fuente: propia

Finalmente, se procede a colocar los filtros en el soporte elaborado. Teniendo como resultado 9 filtros.



Figura 48: Armado final de los filtros. Fuente: propia

Proceso de purificación utilizando los filtros de PVC.

Primeramente, se recolectaron 9 baldes de agua de 20 litros. Es decir, un balde por cada muestra.

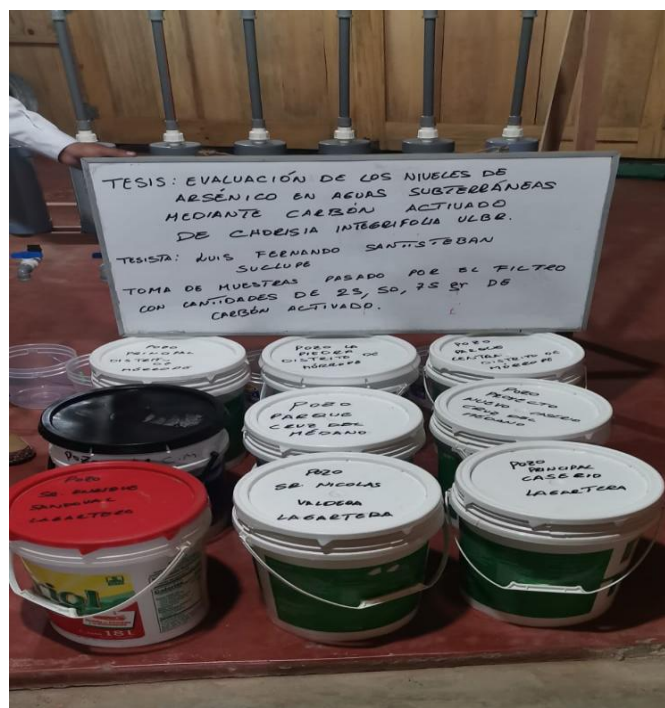


Figura 49: toma de muestras. Fuente: propia

Segundo, se procede a agregar carbón activado en el filtro a 25 gr, para las 9 muestras, luego se procede a tomar las muestras pasadas por el filtro.



Figura 50: muestras con 25 gr de carbón activado. Fuente: propia

Tercero, se procede a agregar carbón activado en el filtro a 50gr, para las 9 muestras, luego se procede a tomar las muestras pasadas por el filtro.



Figura 51: Muestras con 50 gr de carbón activado. Fuente: propia

Cuarto, se procede a agregar carbón activado en el filtro a 75gr, para las 9 muestras, luego se procede a tomar las muestras pasadas por el filtro.



Figura 52: Muestras con 75 gr de carbón activado. Fuente: propia

Finalmente, se trasladan las muestras para su ensayo correspondiente.



Figura 53: Tomas de muestras realizada de carbón activado con 25,50,75 gr. Fuente: propia

Resultados y discusión

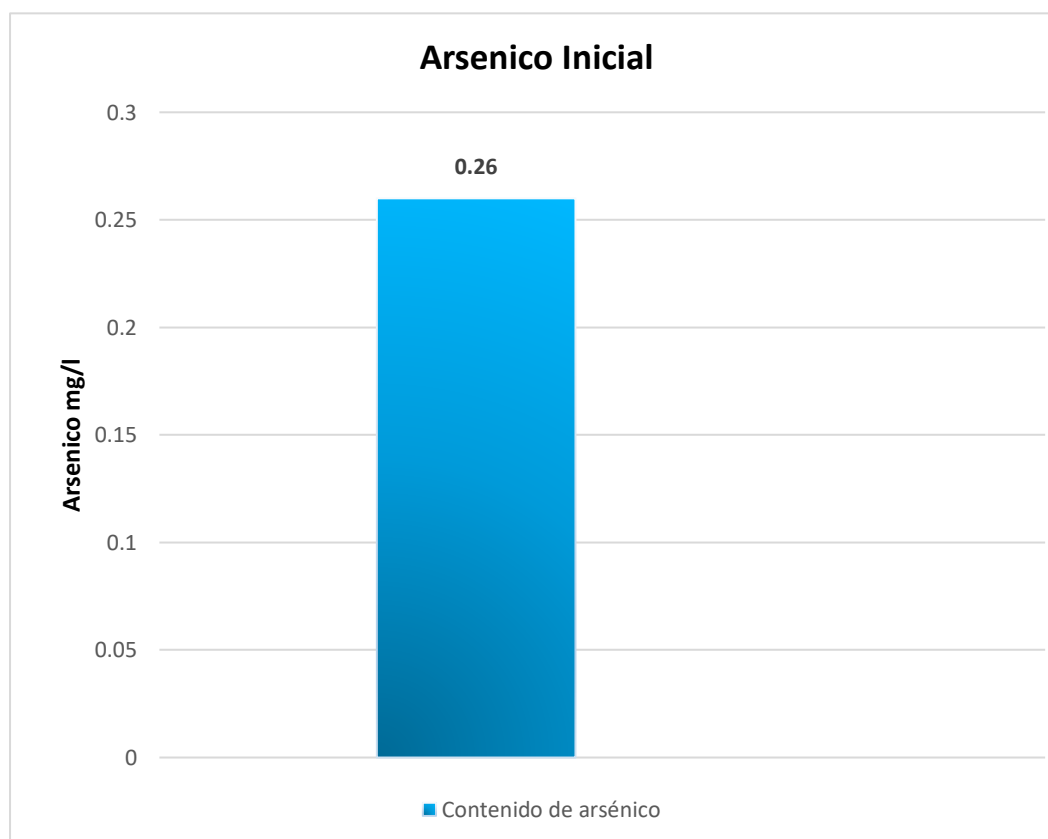
Presencia de arsénico en las aguas subterráneas en el distrito de Mórrope.

Mórrope pozo la piedra

Tabla 7: Nivel de arsénico en el pozo la piedra

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
01	0.26	mg/l

Los datos presentados en la Tabla 7, se visualiza que la cantidad inicial de arsénico es de 0.26 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 1*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



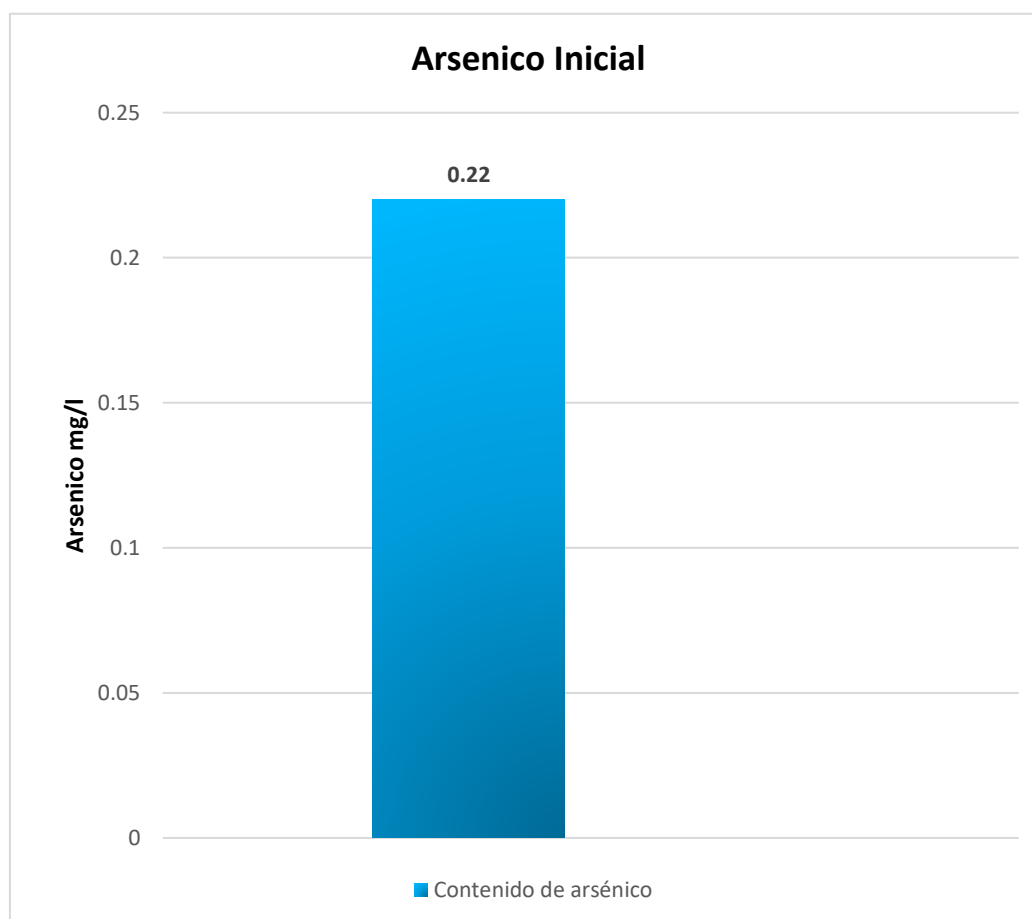
Gráfica 1. Resultado de la muestra inicial del pozo la piedra. Fuente: propia

Mórrope parque central

Tabla 8: Nivel de arsénico en el pozo parque central

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
02	0.22	mg/l

Los datos presentados en la Tabla 8, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.22 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 2*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



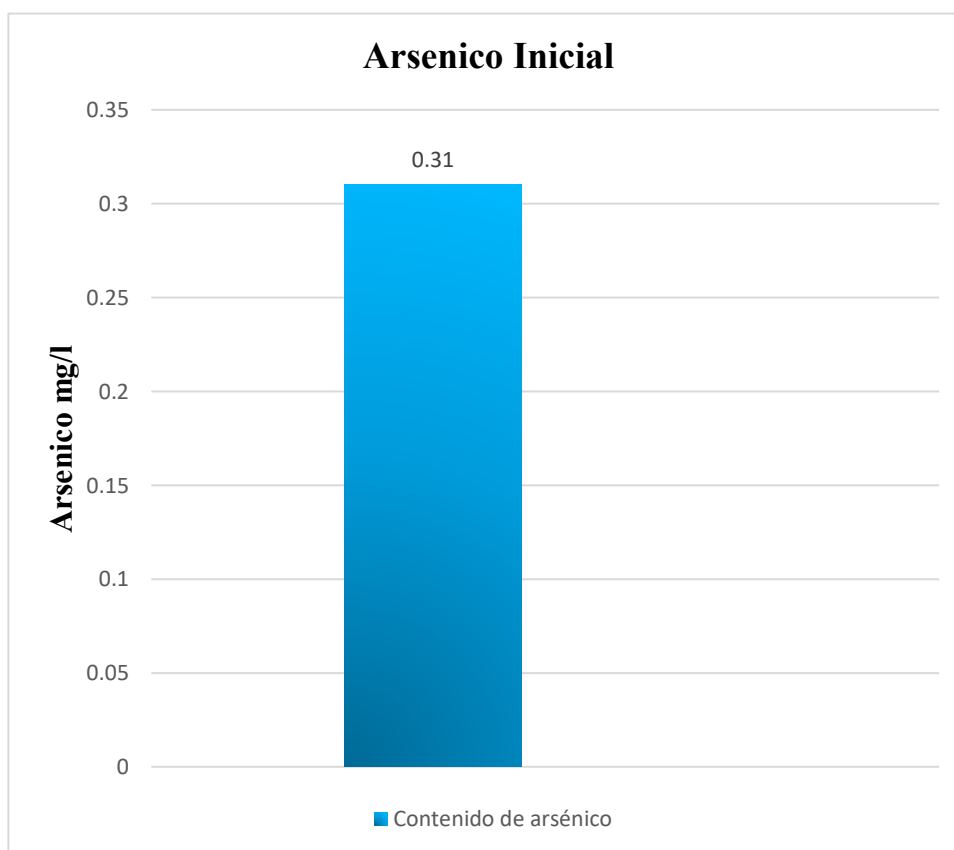
Gráfica 2. Resultado de la muestra inicial del pozo parque central. Fuente: propia

Mórrope pozo principal

Tabla 9: Nivel de arsénico en el pozo principal

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
03	0.31	mg/l

Los datos presentados en la Tabla 9, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.31 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 3*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



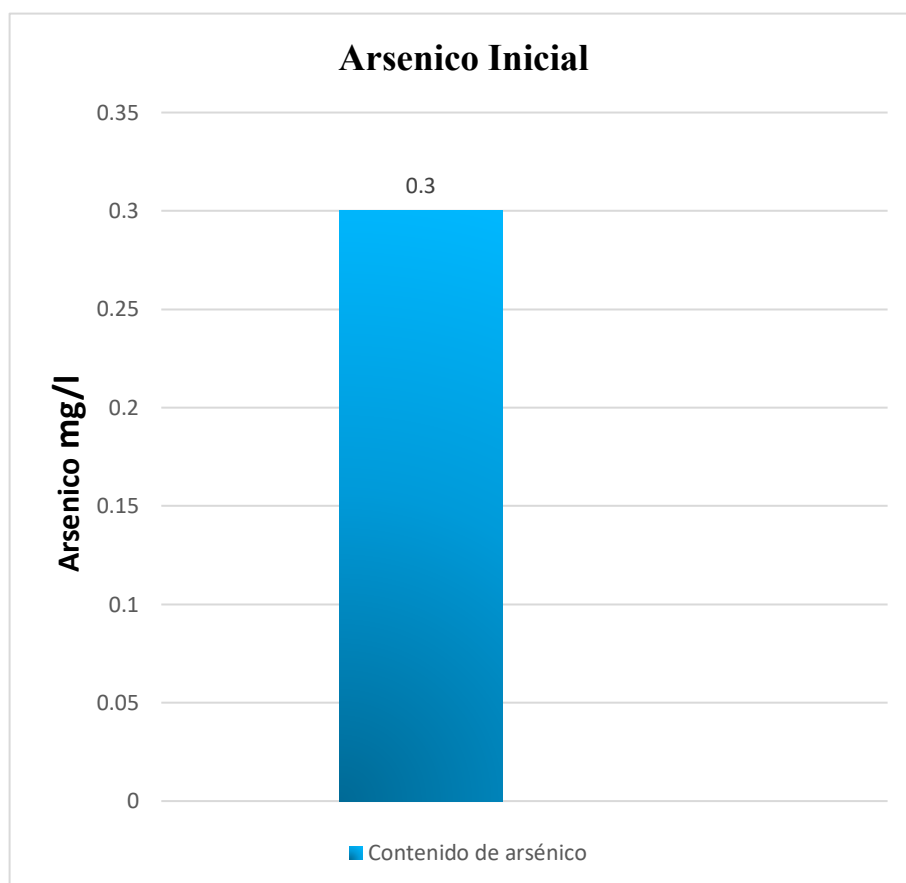
Gráfica 3. Resultado de la muestra inicial del pozo principal. Fuente: propia

Centro poblado Cruz del Medano pozo proyecto nuevo

Tabla 10: Nivel de arsénico en el pozo proyecto nuevo

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
04	0.30	mg/l

Los datos presentados en la Tabla 10, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.30 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 4*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



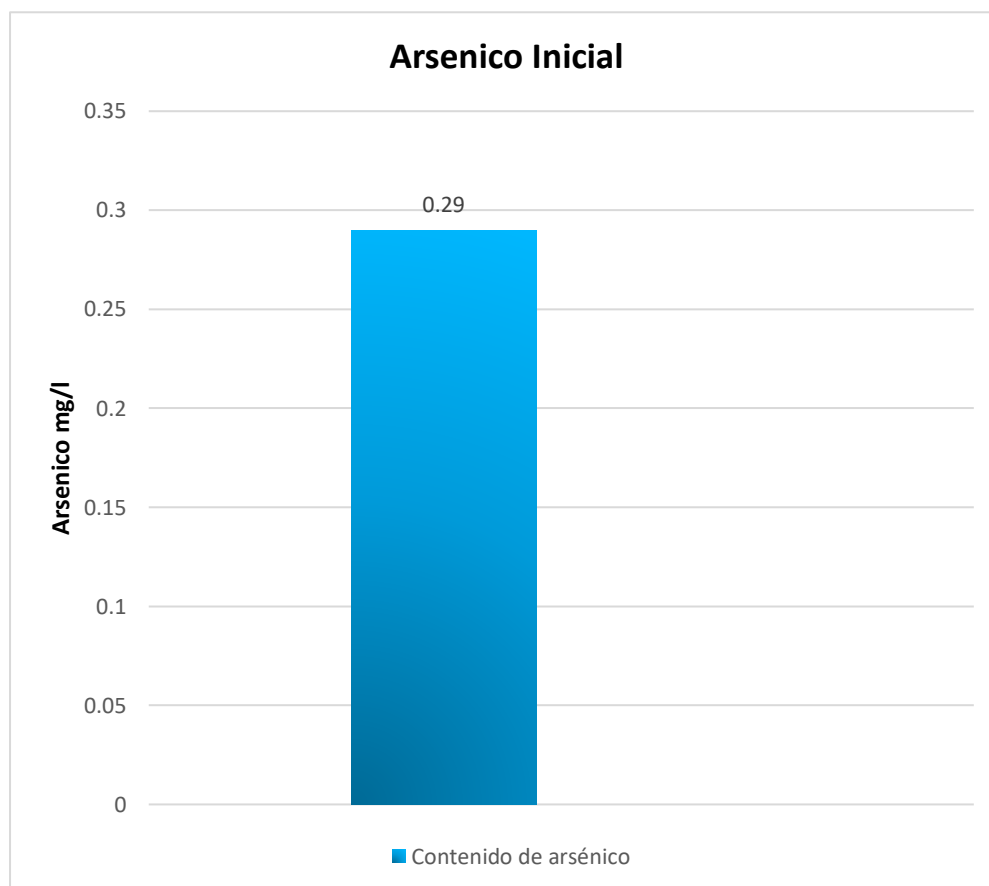
Gráfica 4. Resultado de la muestra inicial del pozo proyecto nuevo. Fuente: propia

Centro poblado Cruz del medano pozo parque central

Tabla 11: Nivel de arsénico en el pozo parque central

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
05	0.29	mg/l

Los datos presentados en la Tabla 11, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.29 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 5*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



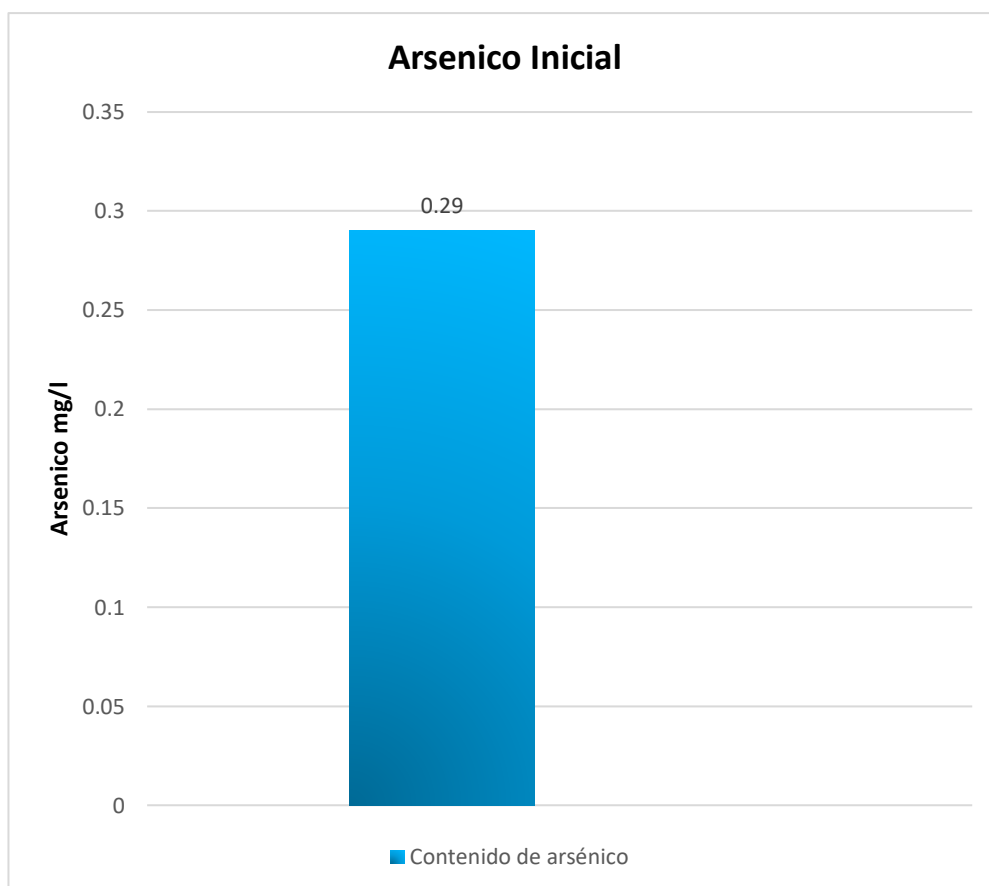
Gráfica 5. Resultado de la muestra inicial del pozo parque central. Fuente: propia

Centro poblado Cruz del medano pozo N°1

Tabla 12: Nivel de arsénico en el pozo n°1

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
06	0.29	mg/l

Los datos presentados en la Tabla 12, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.29 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 6*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



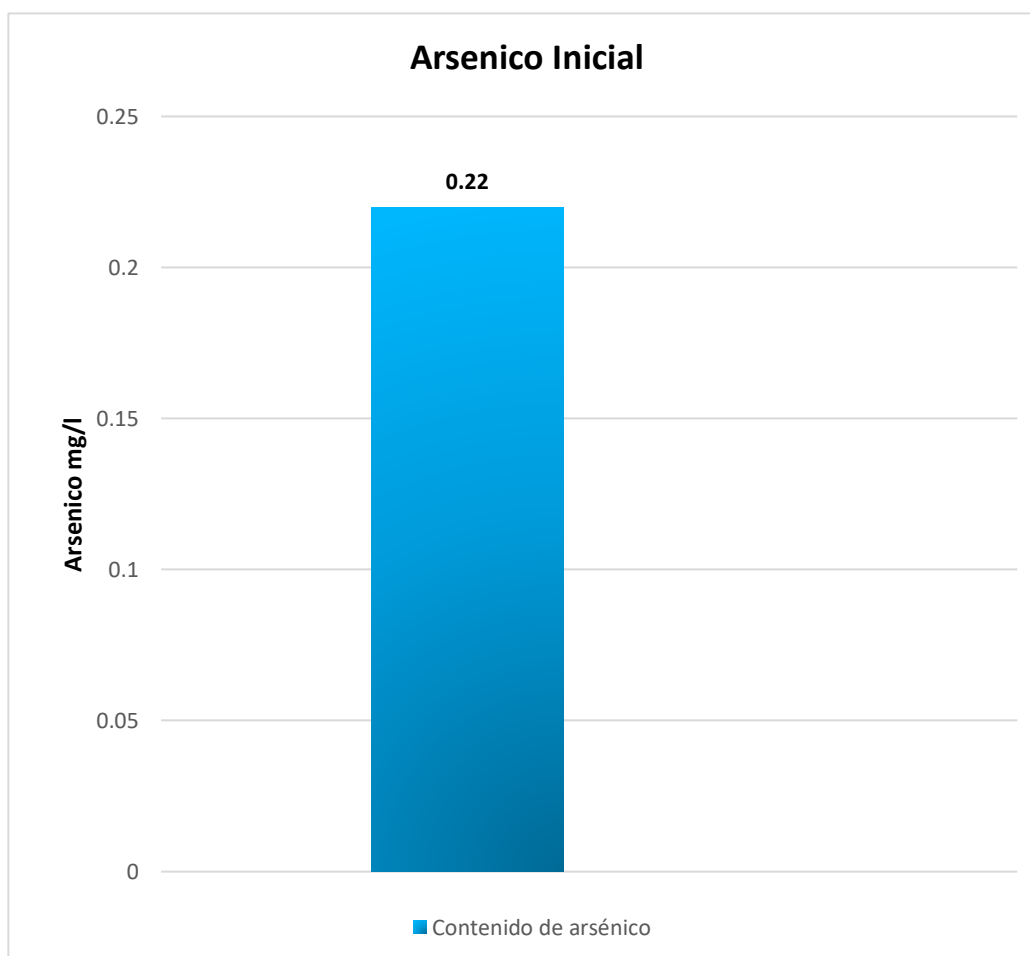
Gráfica 6. Resultado de la muestra inicial del pozo n°1. Fuente: propia

Caserío lagartera pozo principal

Tabla 13: Nivel de arsénico en el pozo principal

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
07	0.22	mg/l

Los datos presentados en la Tabla 13, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.22 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 7*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



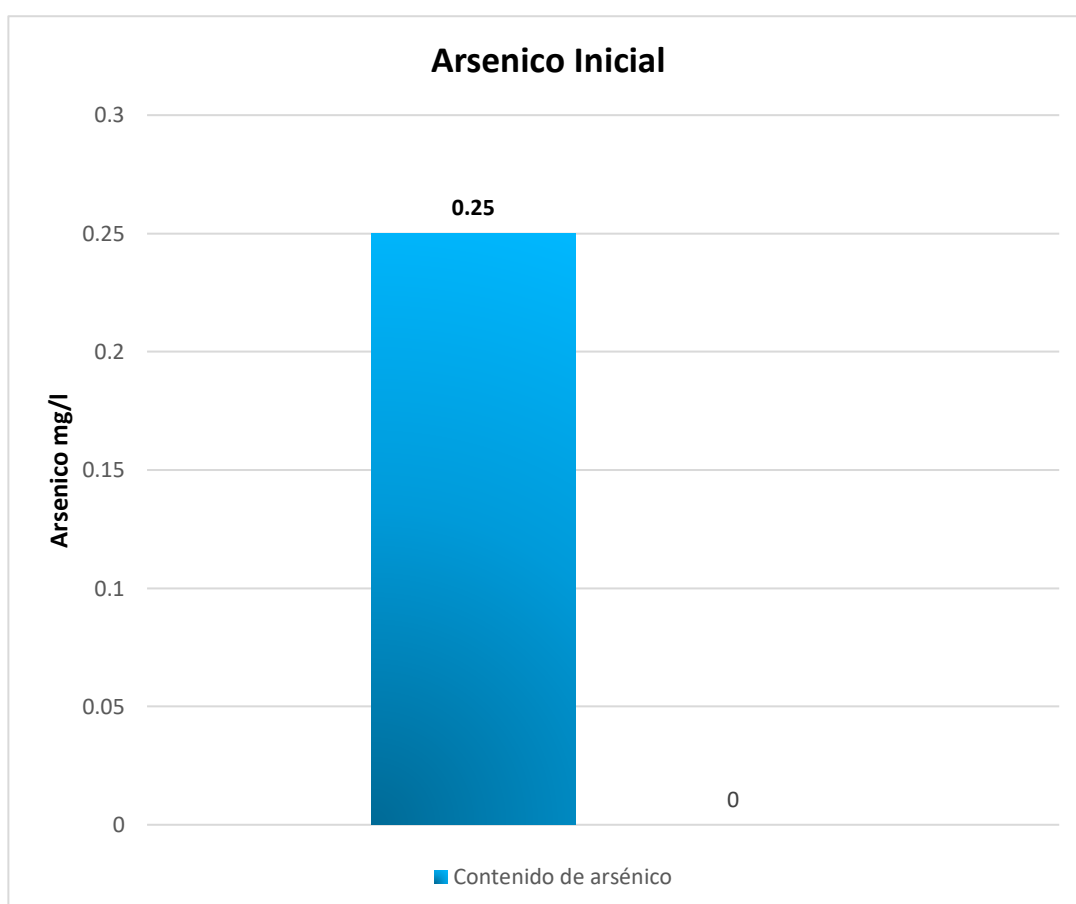
Gráfica 7. Resultado de la muestra inicial del pozo principal. Fuente: propia

Caserío lagartera pozo Sr. Nicolas Valdera

Tabla 14: Nivel de arsénico en el pozo principal

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
08	0.25	mg/l

Los datos presentados en la Tabla 14, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.25 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 8*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



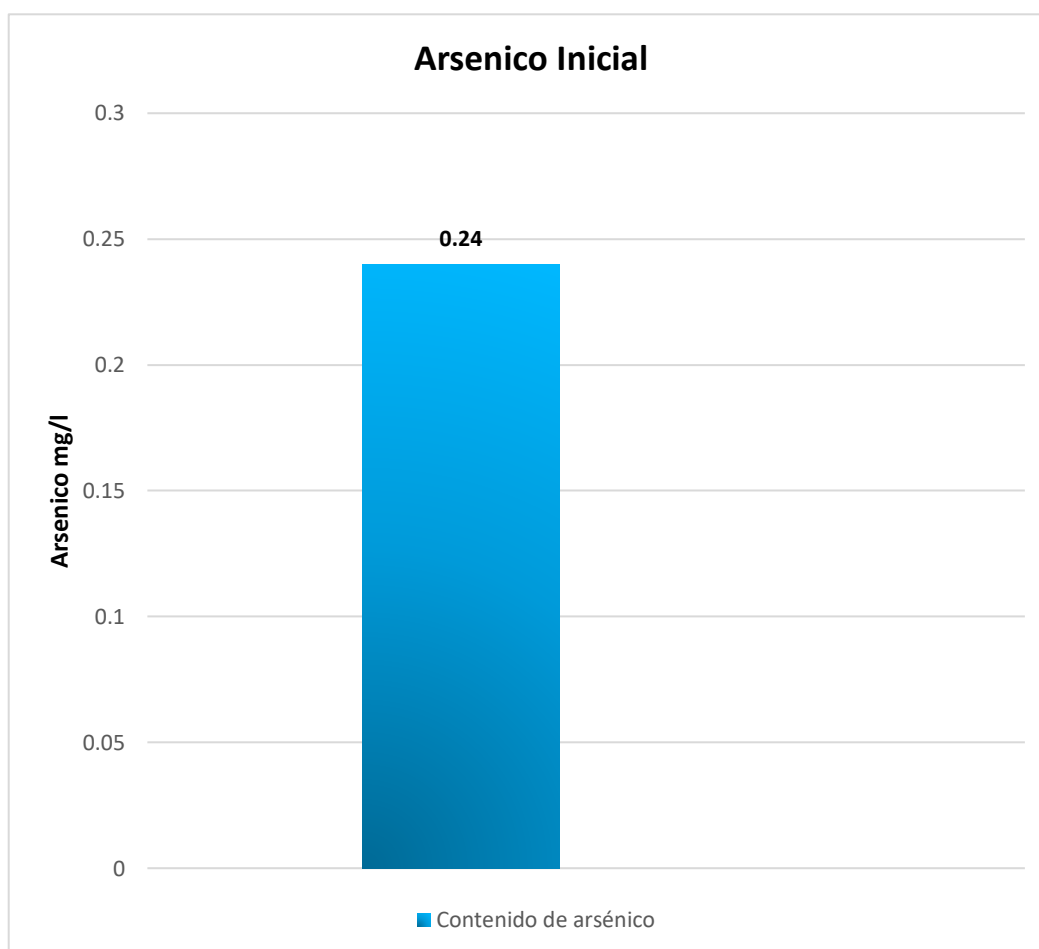
Gráfica 8. Resultado de la muestra inicial del pozo sr. Nicolas valdera. Fuente: propia

Caserío lagartera pozo Sr. Enrique Sandoval

Tabla 15: Nivel de arsénico en el pozo principal

N°	cantidad de arsénico	unidad de medida
09	0.24	mg/l

Los datos presentados en la 15, se observa que el contenido inicial de arsénico es de 0.24 mg/L en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope siendo más específicos en el pozo la piedra (*Grafica 9*); valor que excede los Estándar de Calidad Ambiental establecido en 0.01 mg/ como el límite máximo para arsénico destinadas al consumo humano con tratamientos convencionales.



Gráfica 9. Resultado de la muestra inicial del pozo sr. Enrique Sandoval. Fuente: propia

Nivel de arsénico en las aguas subterráneas al pasar por el filtro de carbón activado.

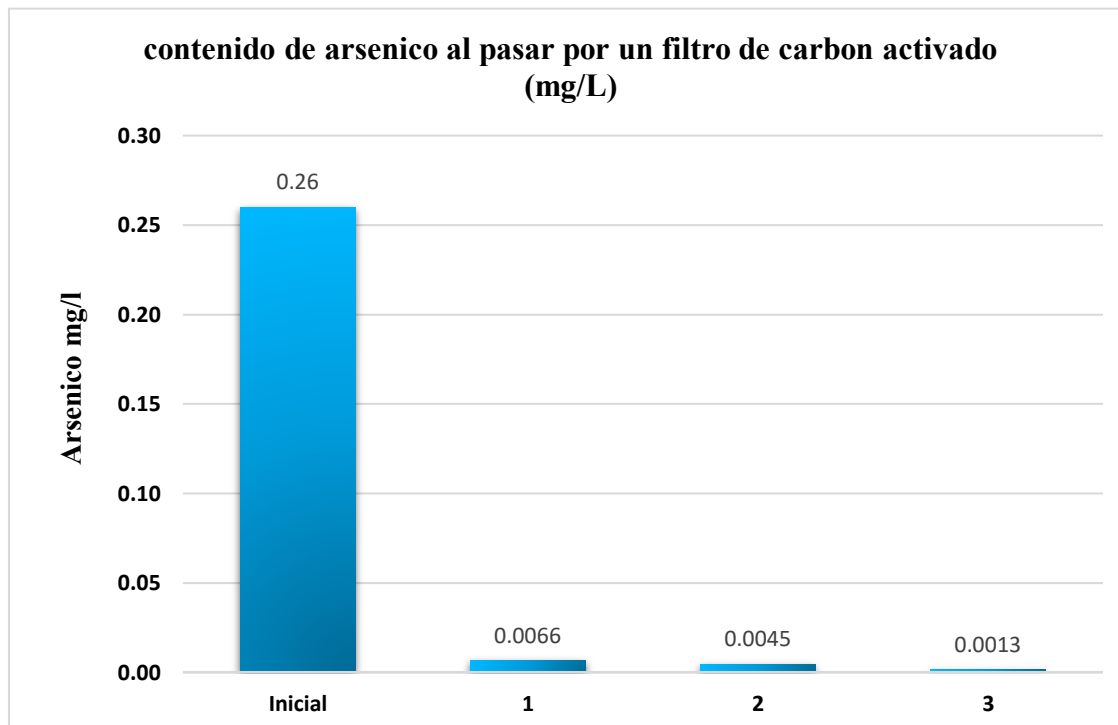
Las siguientes muestras, se pasaron por un filtro de carbón activado, obteniéndose los siguientes resultados:

Mórrope pozo la piedra

Tabla 16: Nivel de arsénico en el pozo la piedra Mórrope después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	cantidad de carbón activado (gr)	cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.26
1	25	0.0066
2	50	0.0045
3	75	0.0013

De acuerdo con la tabla 16, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de su concentración inicial; obteniéndose valores por debajo a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.0013 a 0.0066 mg/L (*Grafica 10*); obteniéndose los siguientes datos.



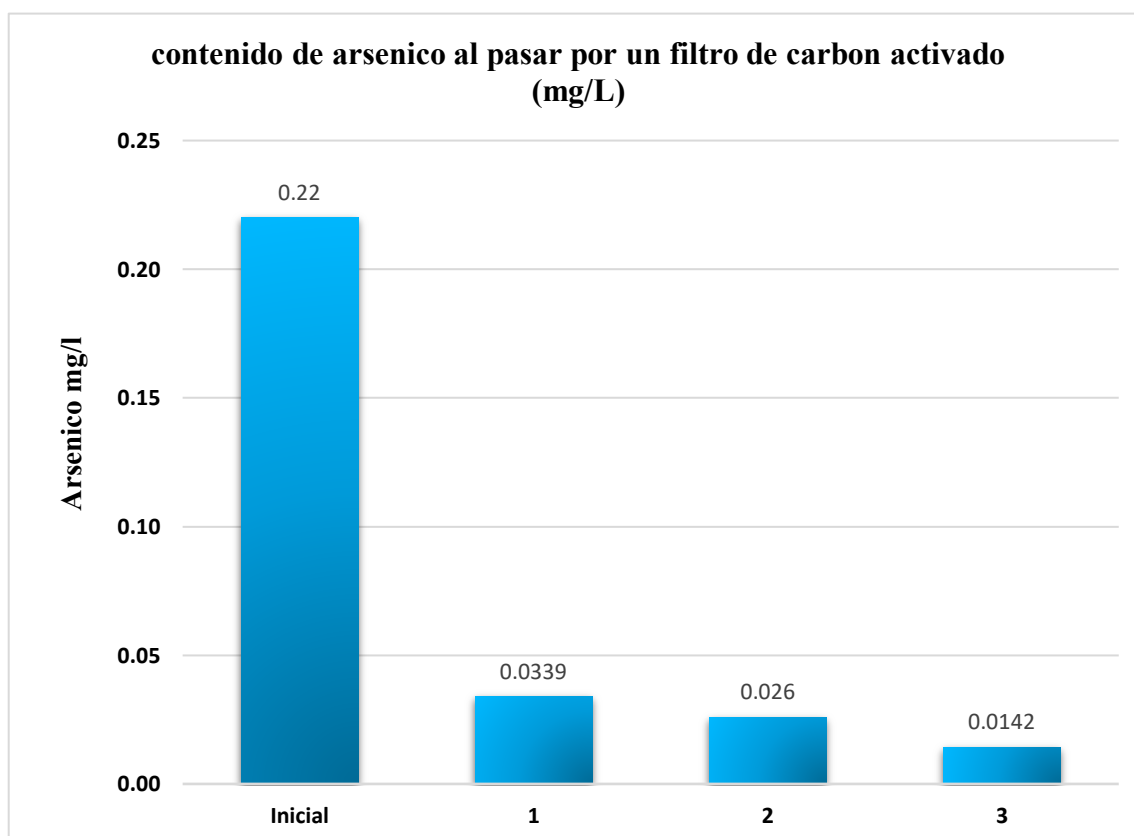
Gráfica 10. Resultados de las muestras purificadas.

Mórrope parque central

Tabla 17: Nivel de arsénico en el pozo parque central Mórrope después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	Cantidad de carbón activado (gr)	Cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.22
1	25	0.0339
2	50	0.026
3	75	0.0142

De acuerdo con la tabla 17, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de su concentración inicial; obteniéndose incluso valores que se aproximan a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.0142 a 0.0339 mg/L (*Grafica 11*); obteniéndose los siguientes datos.



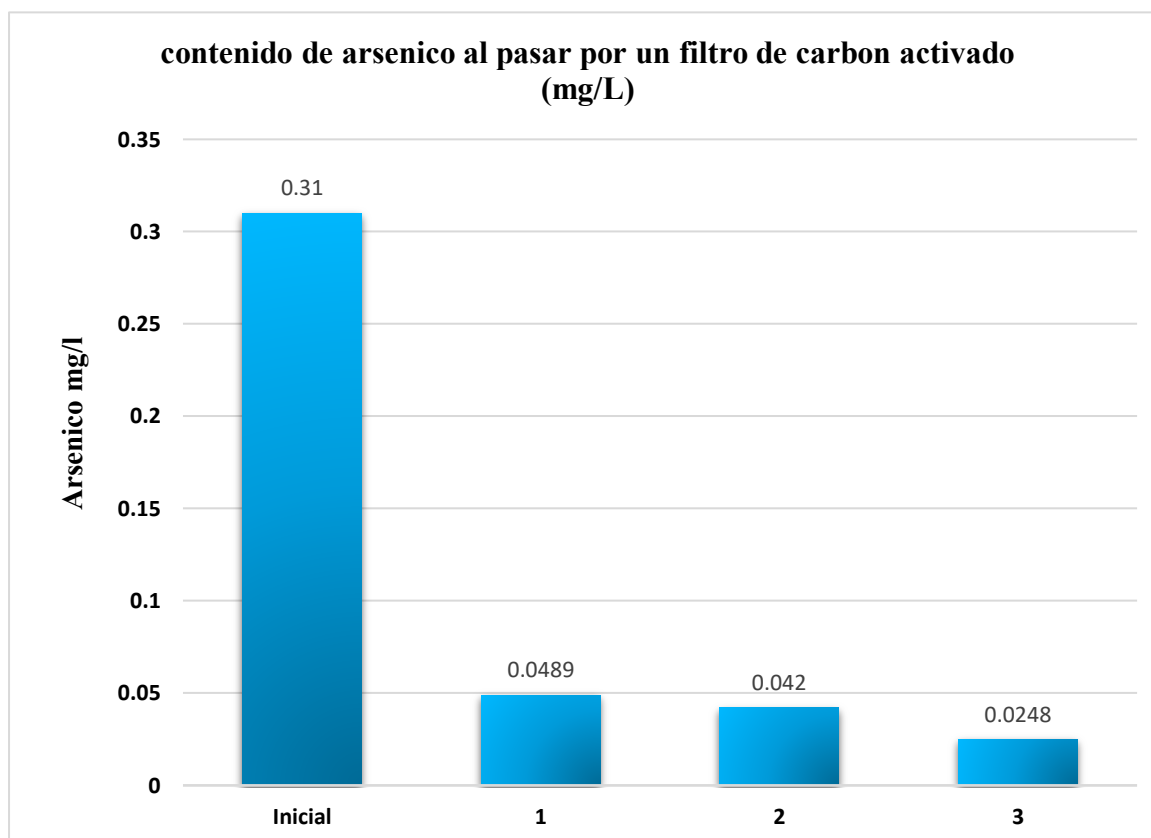
Gráfica 11. Resultados de las muestras purificadas por un filtro de carbón activado.

Mórrope pozo principal

Tabla 18: Nivel de arsénico en el pozo principal Mórrope después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	Cantidad de carbón activado (gr)	Cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.31
1	25	0.0489
2	50	0.042
3	75	0.0248

De acuerdo con la tabla 18, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de su concentración inicial; obteniéndose incluso valores que se aproximan a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.0248 a 0.0489 mg/L (*Grafica 12*); obteniéndose los siguientes datos.



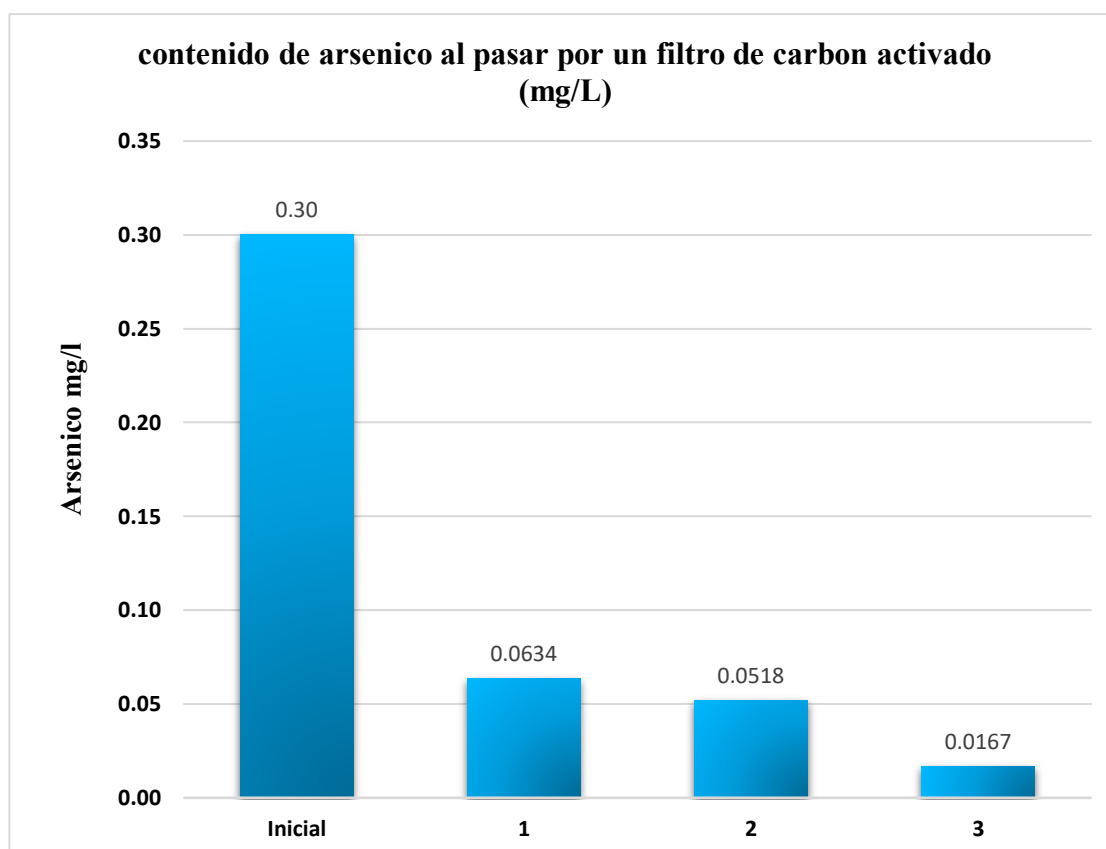
Gráfica 12. Resultados de las muestras purificadas.

Centro poblado Cruz del Medano pozo proyecto nuevo

Tabla 19: Nivel de arsénico en el pozo proyecto nuevo después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	Cantidad de carbón activado (gr)	Cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.30
1	25	0.0634
2	50	0.0518
3	75	0.0167

De acuerdo con la tabla 19, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de la concentración inicial; obteniéndose incluso valores que se aproximan a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.0167 a 0.0634 mg/L (*Grafica 13*); obteniéndose los siguientes datos.



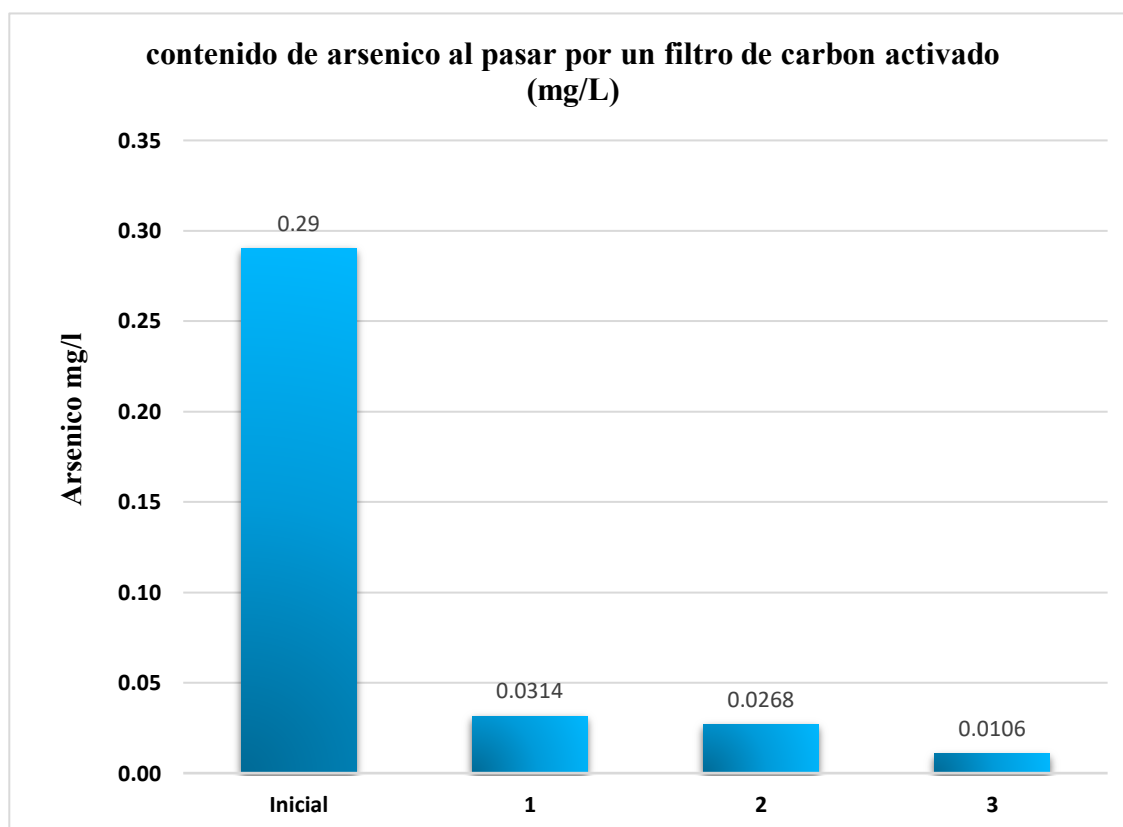
Gráfica 13. Resultados de las muestras purificadas.

Centro poblado Cruz del medano pozo parque central

Tabla 20: Nivel de arsénico en el pozo Parque central después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	Cantidad de carbón activado (gr)	Cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.29
1	25	0.0314
2	50	0.0268
3	75	0.0106

De acuerdo con la tabla 20, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de la concentración inicial; obteniéndose incluso valores que se aproximan a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.0106 a 0.0314 mg/L (*Grafica 14*); obteniéndose los siguientes datos.



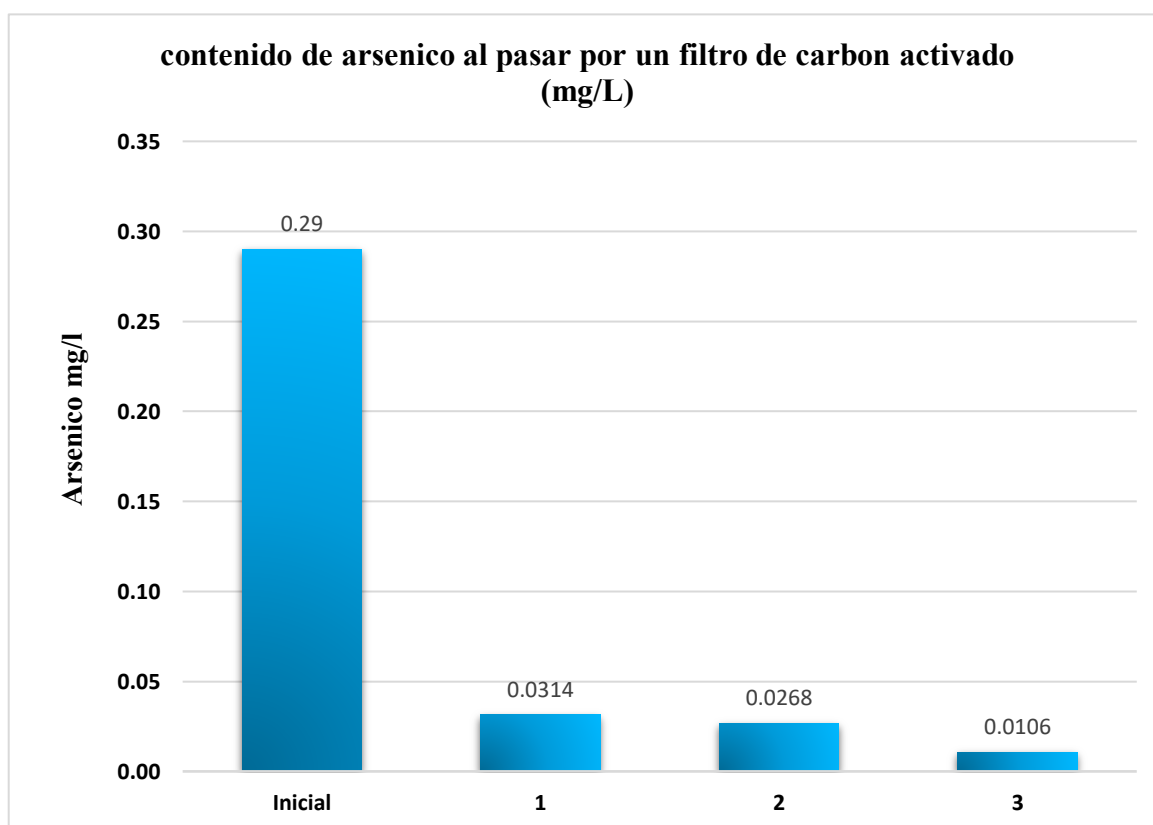
Gráfica 14. Resultados de las muestras purificadas.

Centro poblado Cruz del medano pozo N°1

Tabla 21: Nivel de arsénico en el pozo N°1 al pasar después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	Cantidad de carbón activado (gr)	Cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.29
1	25	0.0874
2	50	0.0731
3	75	0.0264

De acuerdo con la tabla 21, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de la concentración inicial; obteniéndose incluso valores que se aproximan a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.0264 a 0.0874 mg/L (*Grafica 15*); obteniéndose los siguientes datos.



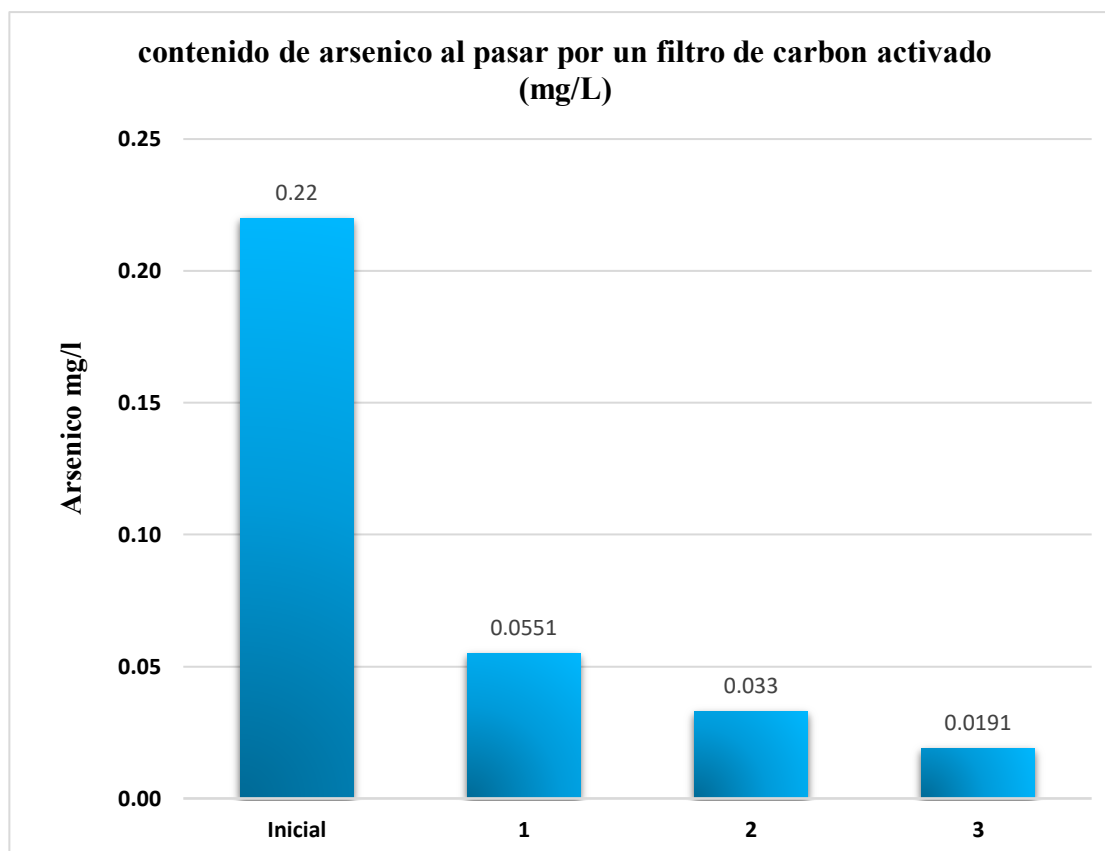
Gráfica 15. Resultados de las muestras purificadas.

Caserío lagartera pozo principal

Tabla 22: Nivel de arsénico en el pozo principal después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	Cantidad de carbón activado (gr)	Cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.22
1	25	0.0551
2	50	0.033
3	75	0.0191

De acuerdo con la tabla 22, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de la concentración inicial; obteniéndose incluso valores que se aproximan a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.0191 a 0.0551 mg/L (*Grafica 16*); obteniéndose los siguientes datos.



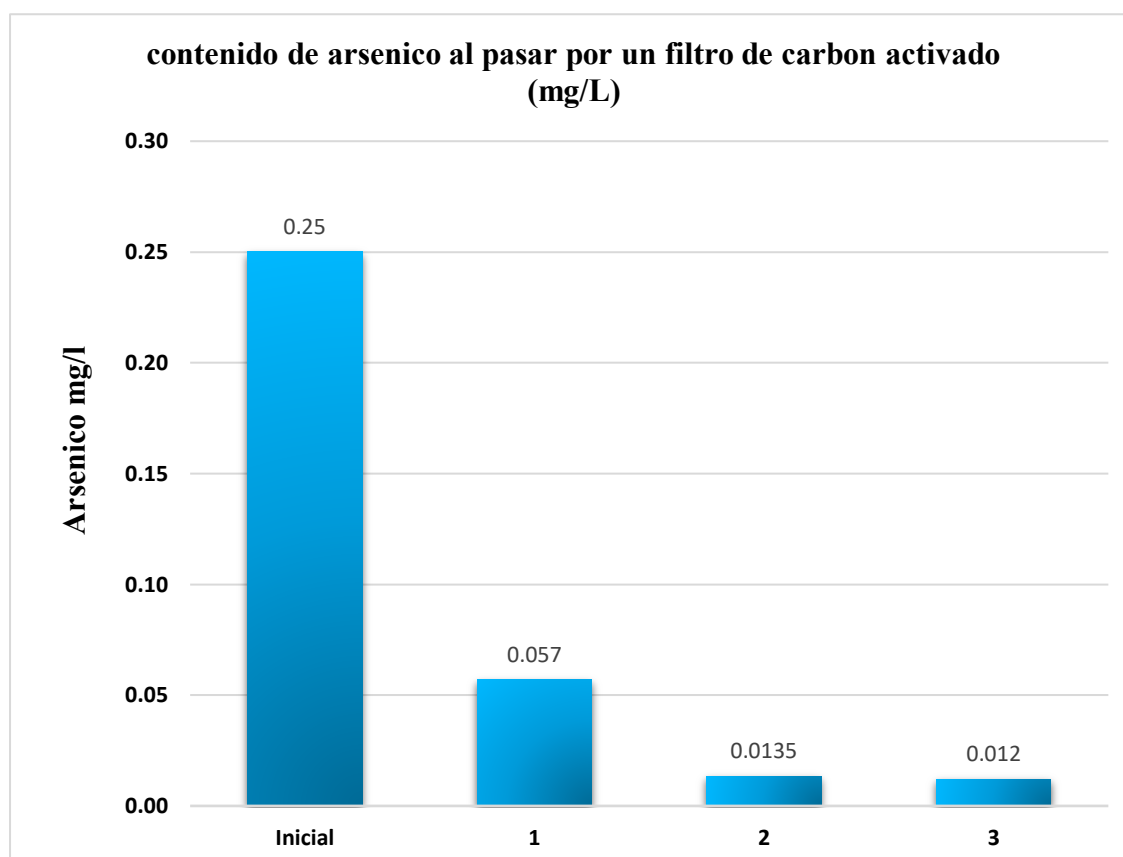
Gráfica 16. Resultados de las muestras purificadas.

Caserío lagartera pozo Sr. Nicolas Valdera

Tabla 23: Nivel de arsénico en el pozo Sr. Nicolas Valdera después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	Cantidad de carbón activado (gr)	Cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.25
1	25	0.057
2	50	0.0135
3	75	0.012

De acuerdo con la tabla 23, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de la concentración inicial; obteniéndose incluso valores que se aproximan a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.012 a 0.057 mg/L (*Grafica 17*); obteniéndose los siguientes datos.



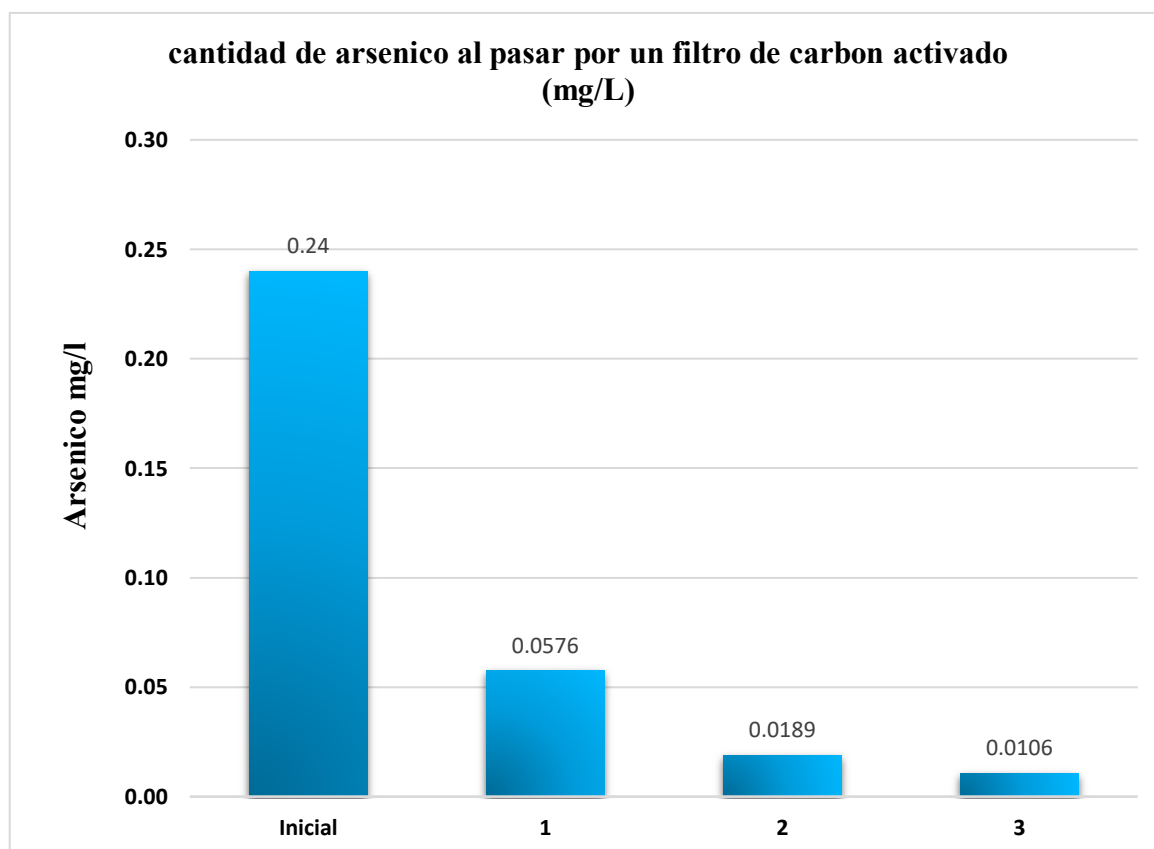
Gráfica 17. Resultados de las muestras purificadas.

Caserío lagartera pozo Sr. Enrique Sandoval

Tabla 24: Nivel de arsénico en el pozo Sr. Enrique Sandoval después de filtrar con carbón activado.

FILTRO CON CARBON ACTIVADO		
Muestra	Cantidad de carbón activado (gr)	Cantidad de arsénico (mg/l)
Inicial	0	0.24
1	25	0.0576
2	50	0.0189
3	75	0.0106

De acuerdo con la tabla 24, se visualiza la presencia de arsénico al pasarse por un filtro de CA estando por debajo de la concentración inicial; obteniéndose incluso valores que se acercan a 0.01mg/L. Las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.0106 a 0.0576 mg/L (*Grafica 18*); obteniéndose los siguientes datos.



Gráfica 18. Resultados de las muestras purificadas.

Proceso de simulación a través de CFD del contaminante de arsénico

Como primer paso para el proceso de la simulación CFD se realizó el diseño del filtro en Autodesk Inventor Professional 2021, luego importarlo como formato step.

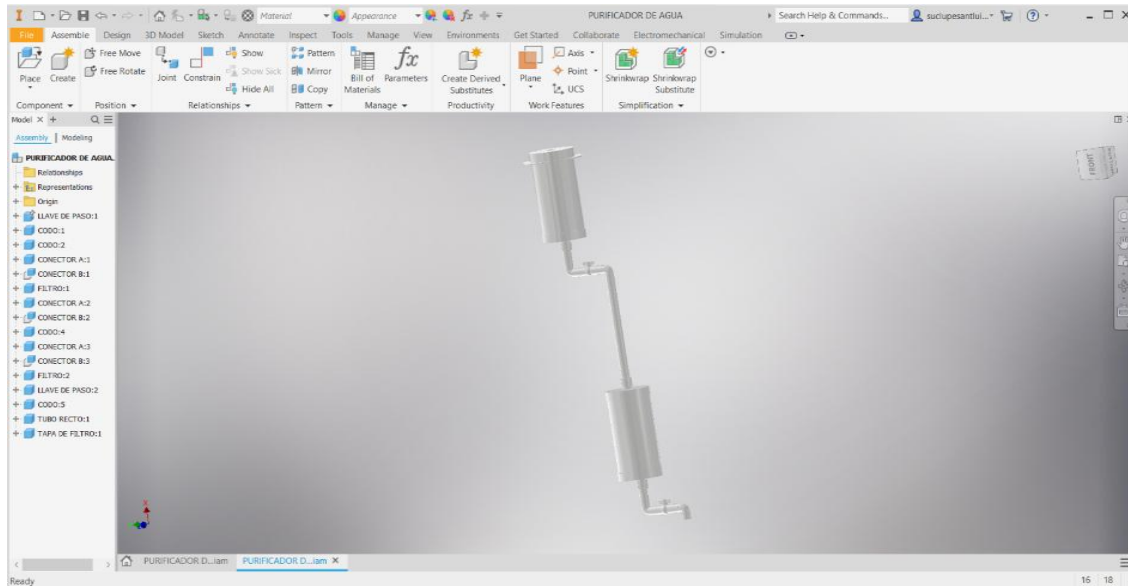


Figura 54: Diseño del filtro en Autodesk Inventor y importarlo en formato step. Fuente: propia

Como segundo paso se abre el programa ANSYS y se va al comando Fluid Flow (fluent) teniendo como resultado lo siguiente.

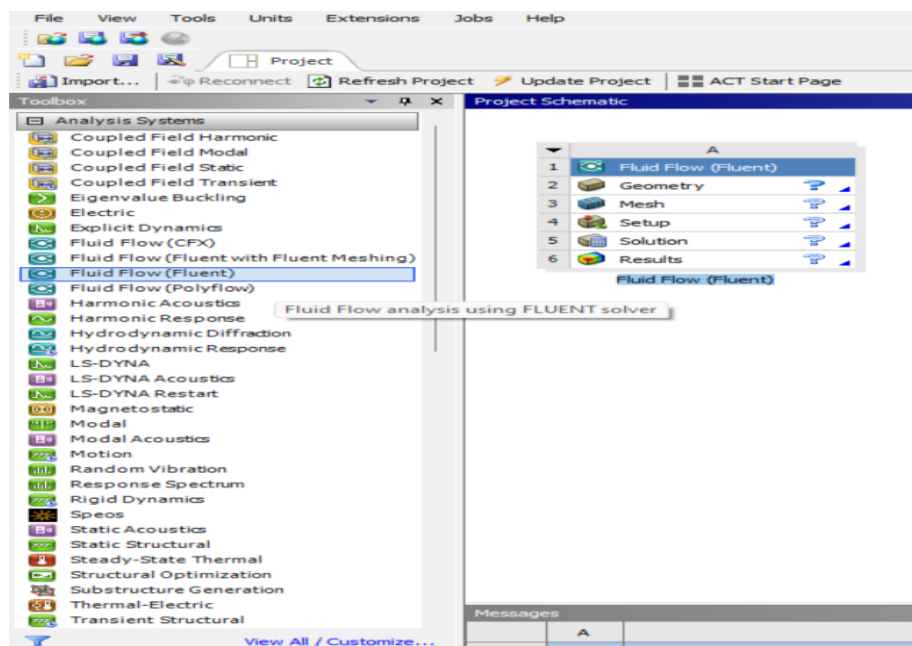


Figura 55: Programa ANSYS. Fuente: propia.

Como tercer paso se abre la pestaña Geometry dando doble clic. Luego, se exporta el archivo del filtro en formato step.

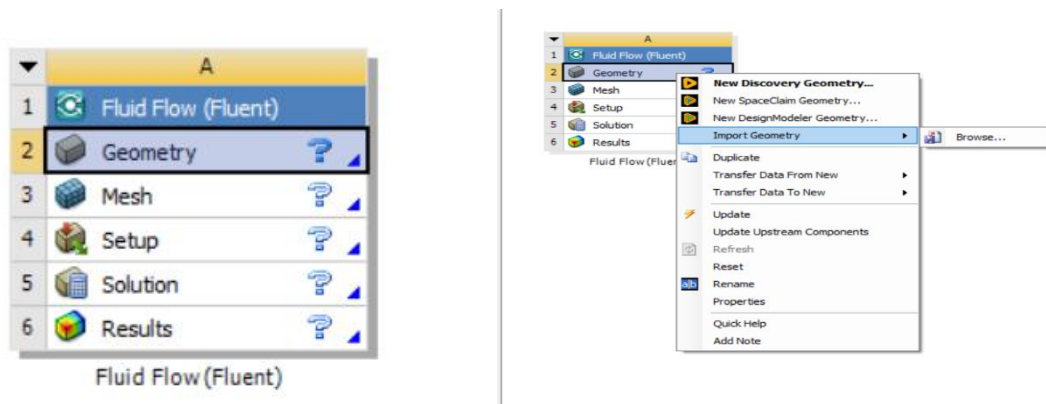


Figura 56: Programa ANSYS comando Geometry. Fuente: propia.

Como cuarto paso se da anti clic en Geometry para luego proceder a editar nuestra geometría exportada con el comando Edit Geometry in DesignModeler y luego al comando Generate.

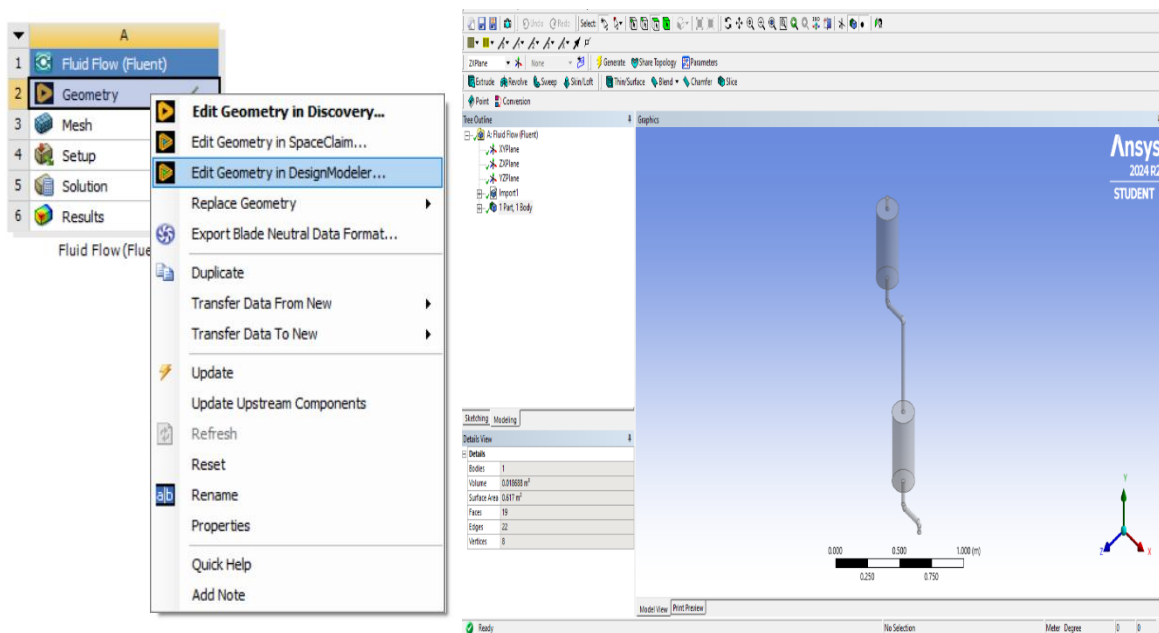


Figura 57: Programa ANSYS comando Edit Geometry in DesignModeler. Fuente: propia.

Como quinto paso nos vamos al comando Body para que toda nuestra estructura de nuestro filtro se comporte como un fluido ya que en el programa viene establecido como un sólido.

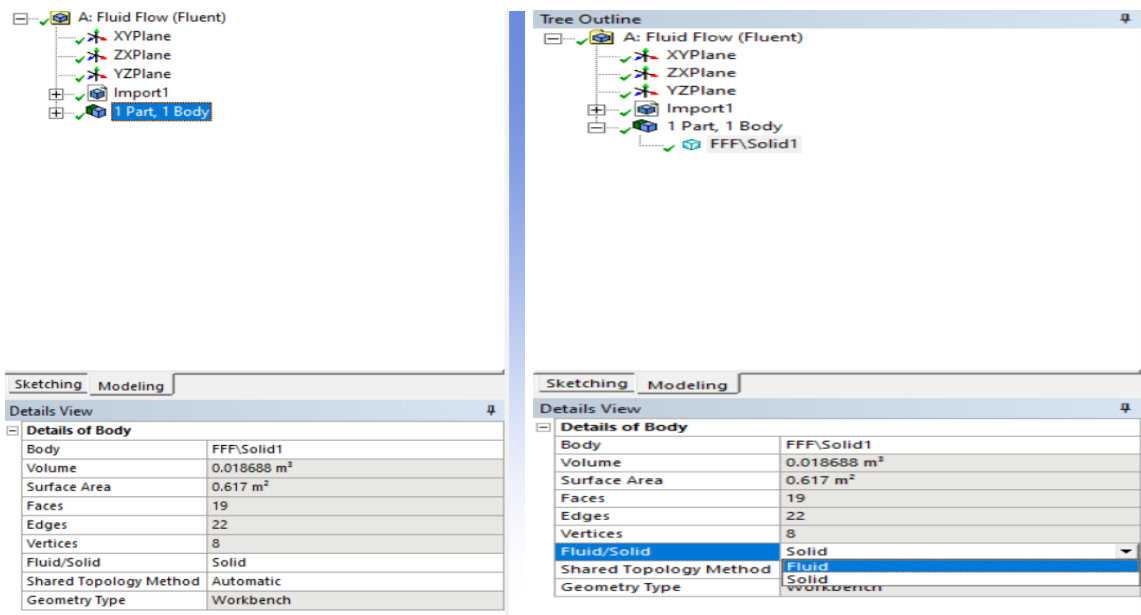


Figura 58: Programa ANSYS comando Body. Fuente: propia.

Como sexto paso nos vamos al comando Mesh y para abrir el comando se da doble clic. Una vez tenido abierta la pestaña de Mesh nos vamos a crear nuestro enmallado.

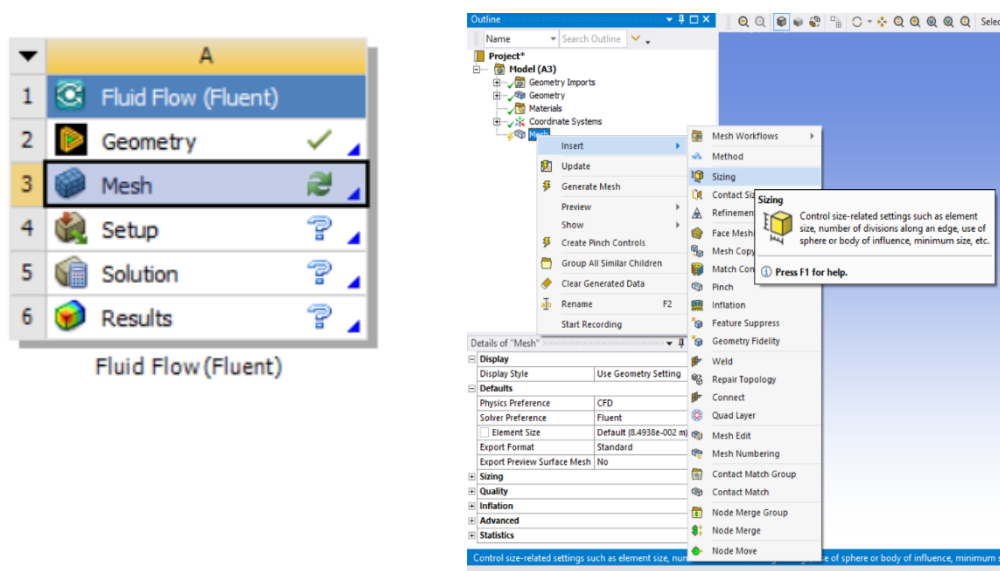


Figura 59: Programa ANSYS comando Mesh. Fuente: propia.

Como séptimo paso seleccionamos nuestra geometría y luego se le pone la medida del enmallado que en este caso es de 10 mm.

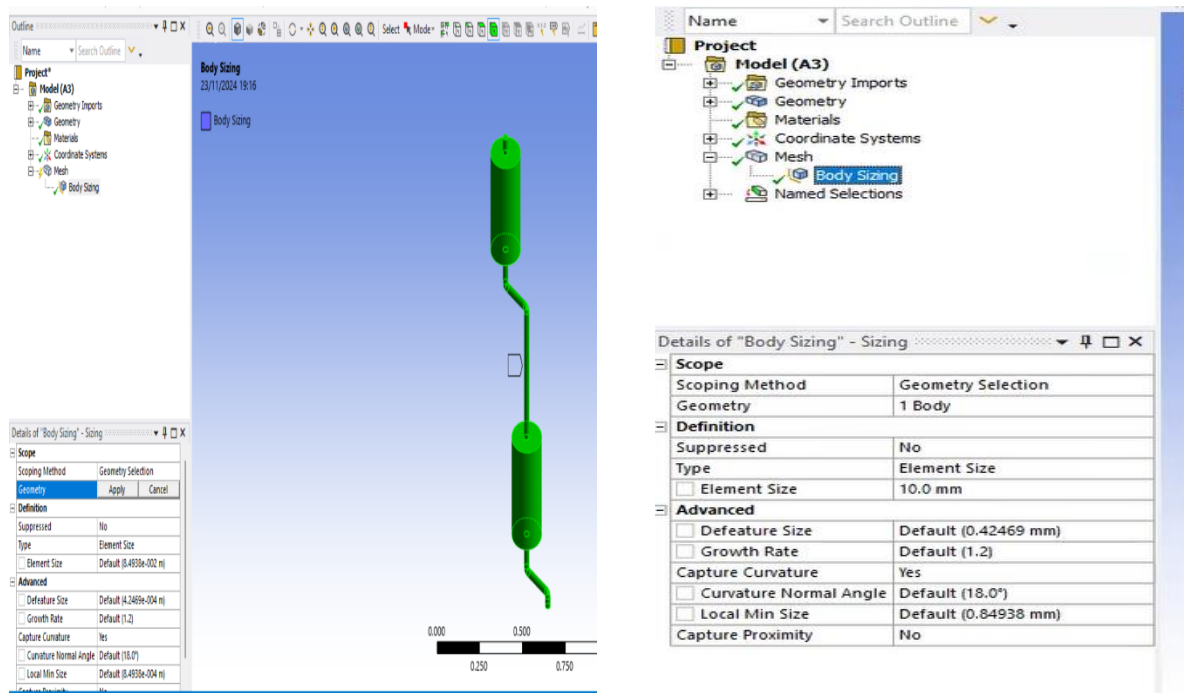


Figura 60: Programa ANSYS comando Body sizing. Fuente: propia.

Como octavo paso se va al comando Mesh luego se da anti clic y al final al comando Generate Mesh teniendo como resultado lo siguiente.

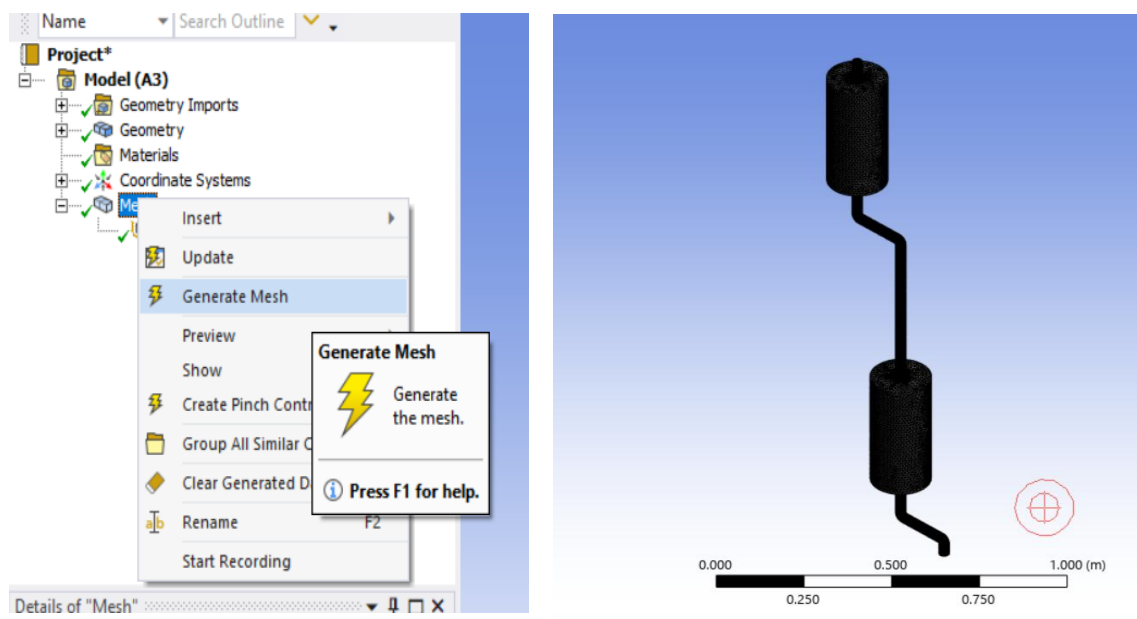


Figura 61: Programa ANSYS comando Mesh y generate Mesh. Fuente: propia.

Como noveno paso nos vamos a crear las condiciones de frontera que no es nada más que las partes del filtro ingreso, salida, etc. Para crear esas condiciones se utiliza el comando Face, luego se selecciona el área de ingreso y se le coloca un nombre en este caso se recomienda poner los nombres en ingles de ingreso y salida.

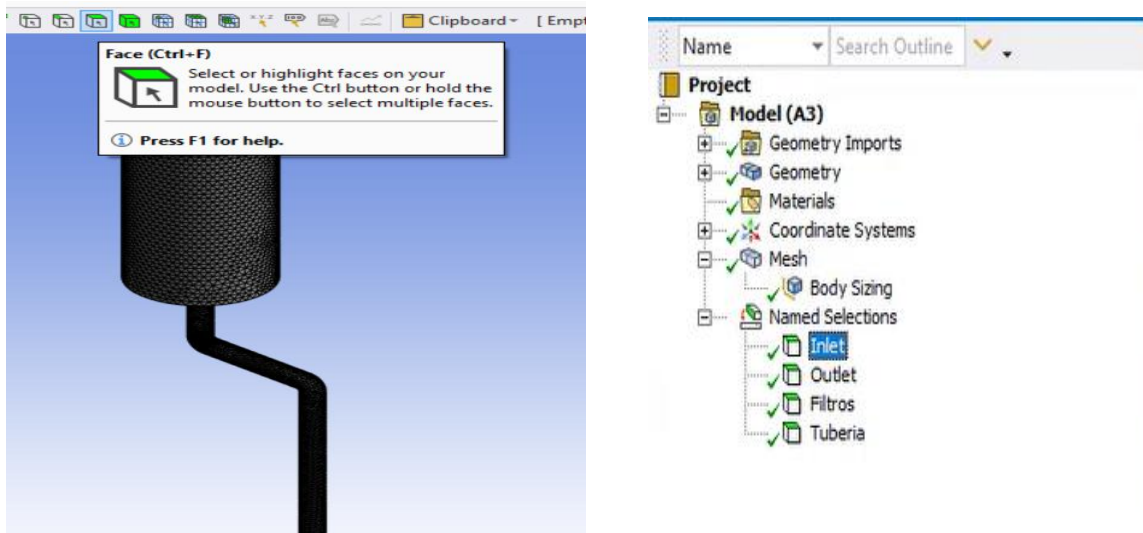


Figura 62: Programa ANSYS comando Face. Fuente: propia.

Como decimo paso nos vamos al comando Setup, donde tenemos que configurar el tipo de fluido en este caso trabajaremos con k-épsilon.

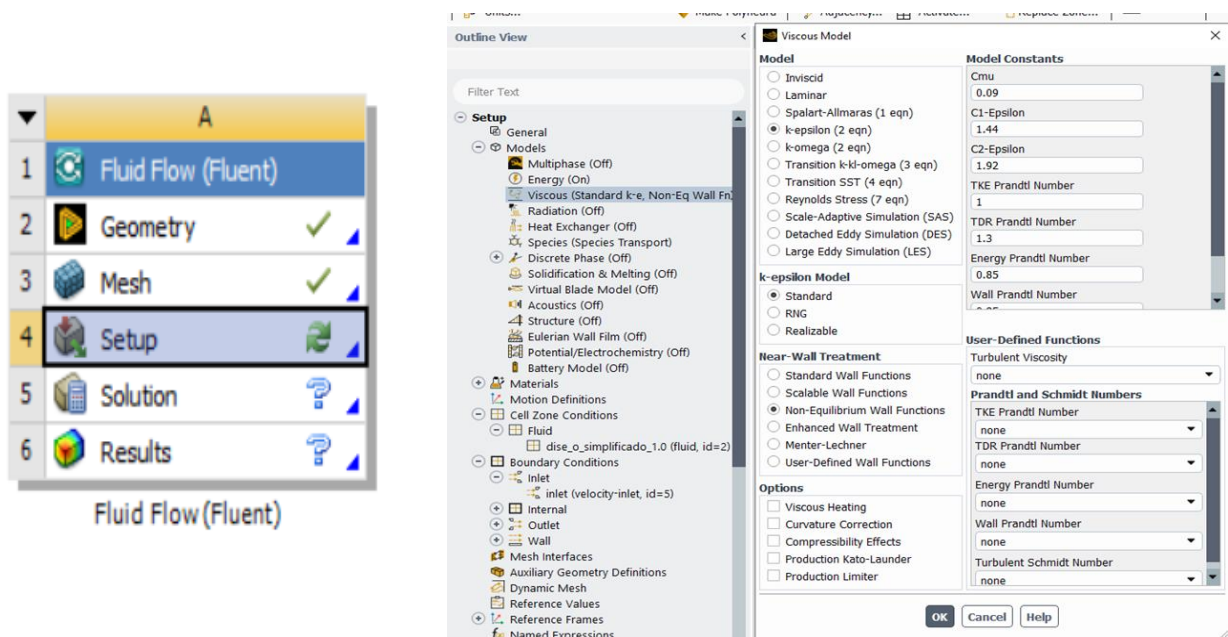


Figura 63: Programa ANSYS comando Setup. Fuente: propia.

Como onceavo paso se selecciona el comando Species para activar el contaminante que en este caso es el arsénico, luego seleccionamos Species transport ya que el contaminante va estar interactuando con el fluido.

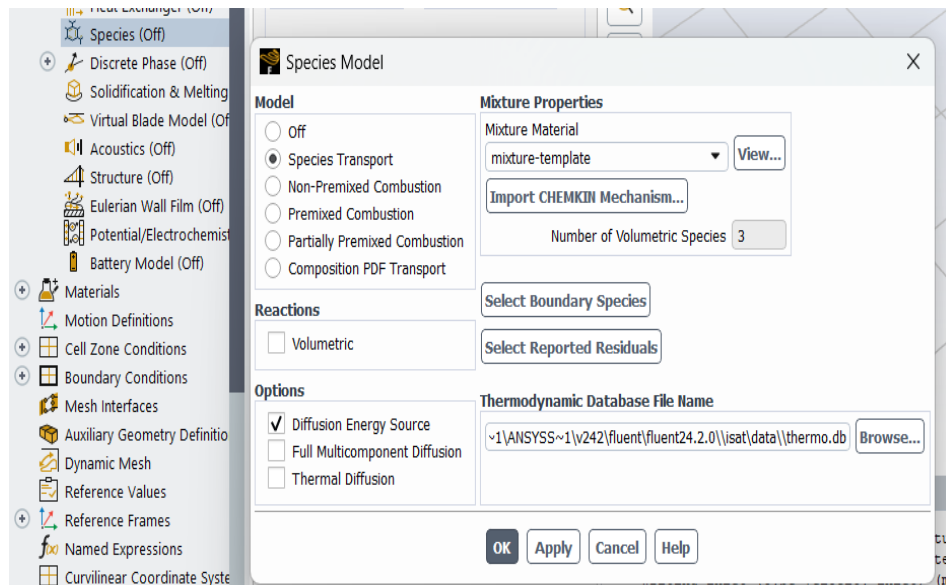


Figura 64: Programa ANSYS comando Species. Fuente: propia.

Como doceavo paso se selecciona el comando materials donde vamos a agregar las propiedades tanto del agua (Fluido).

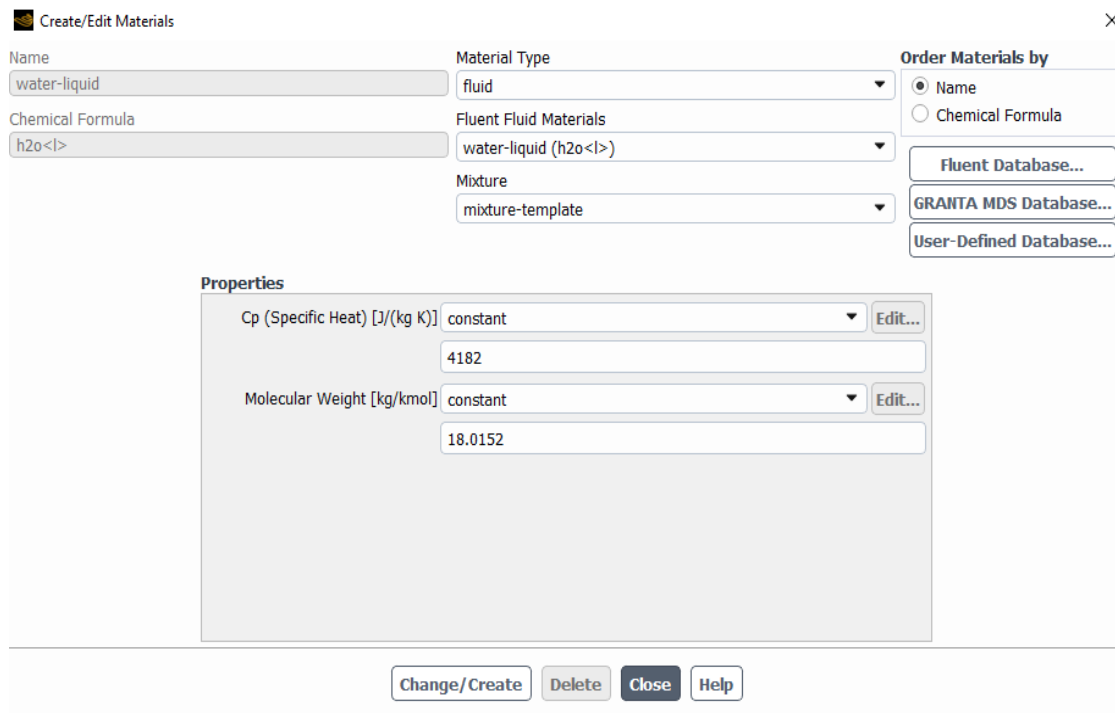


Figura 65: Programa ANSYS comando Materials. Fuente: propia.

Como treceavo paso se hace lo mismo que el paso anterior, pero en este caso para el contaminante que es el arsénico.

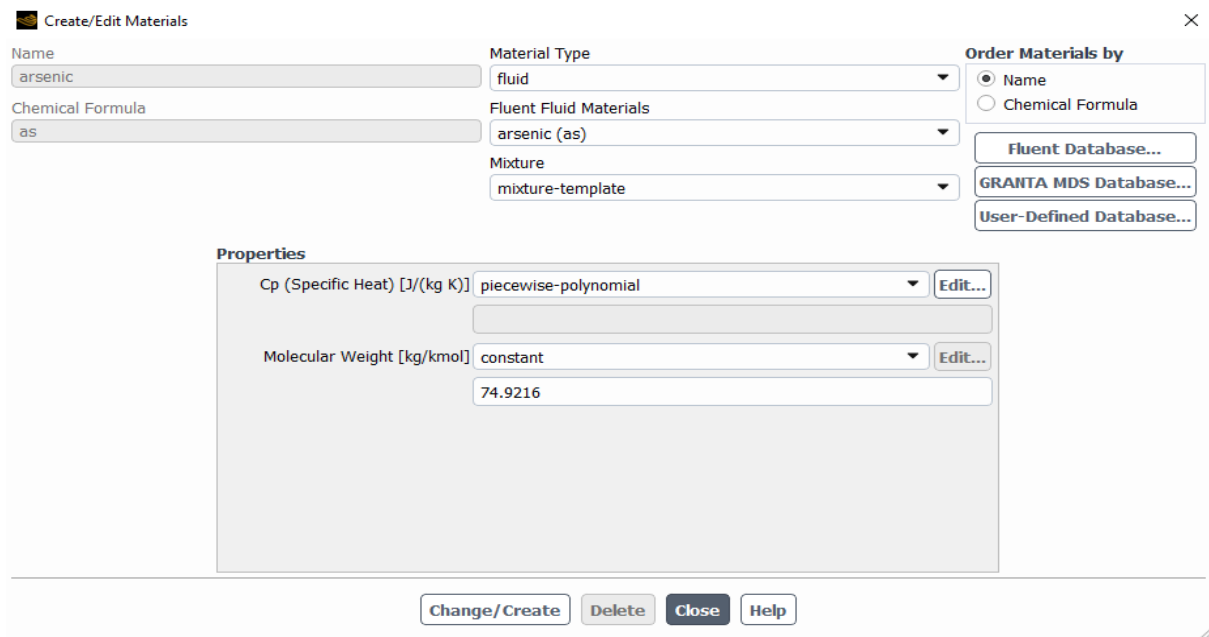


Figura 66: Programa ANSYS comando Materials para el contaminante As. Fuente: propia.

Como catorceavo paso se selecciona el comando Boundary Conditions en el cual se le va a colocar la velocidad del fluido de entrada que es de 0.040 m/

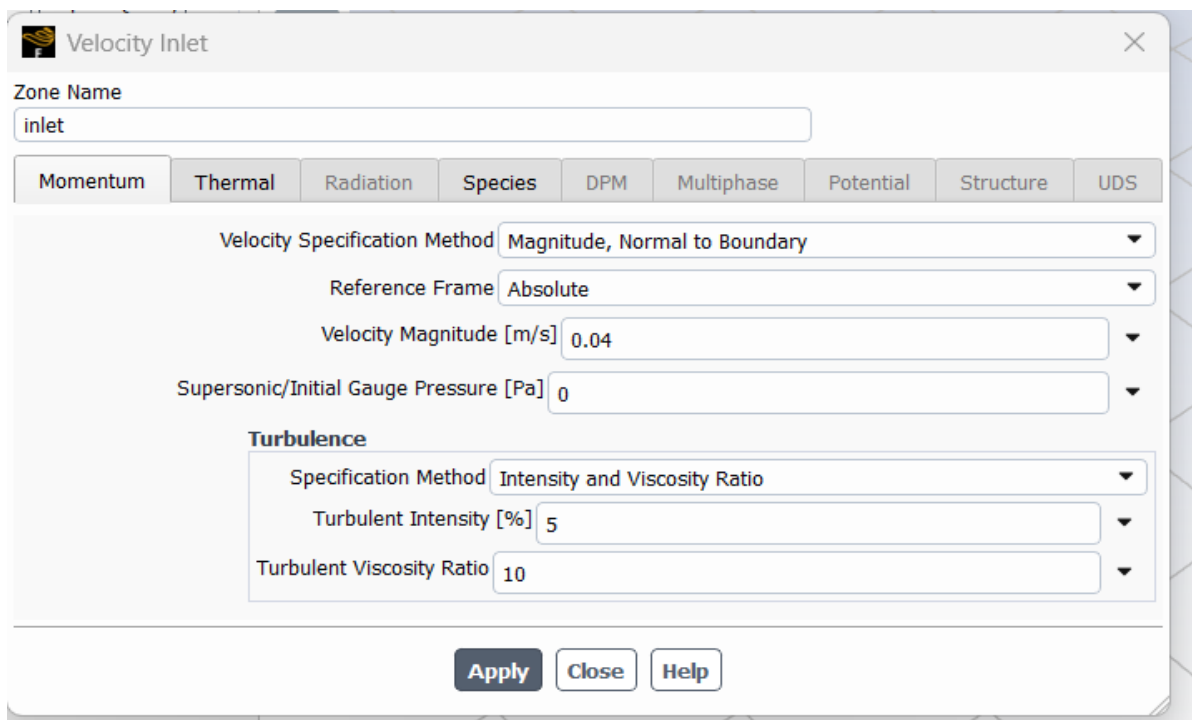


Figura 67: Programa ANSYS comando Materials para el contaminante As. Fuente: propia.

Como quinceavo paso seleccionamos el comando **Methods**, lo cual vamos a optar por una simulación con gradientes simples. Luego nos vamos al comando **Initialization** y le pedimos que nuestra simulación es estandard no una simulación Hybrid.

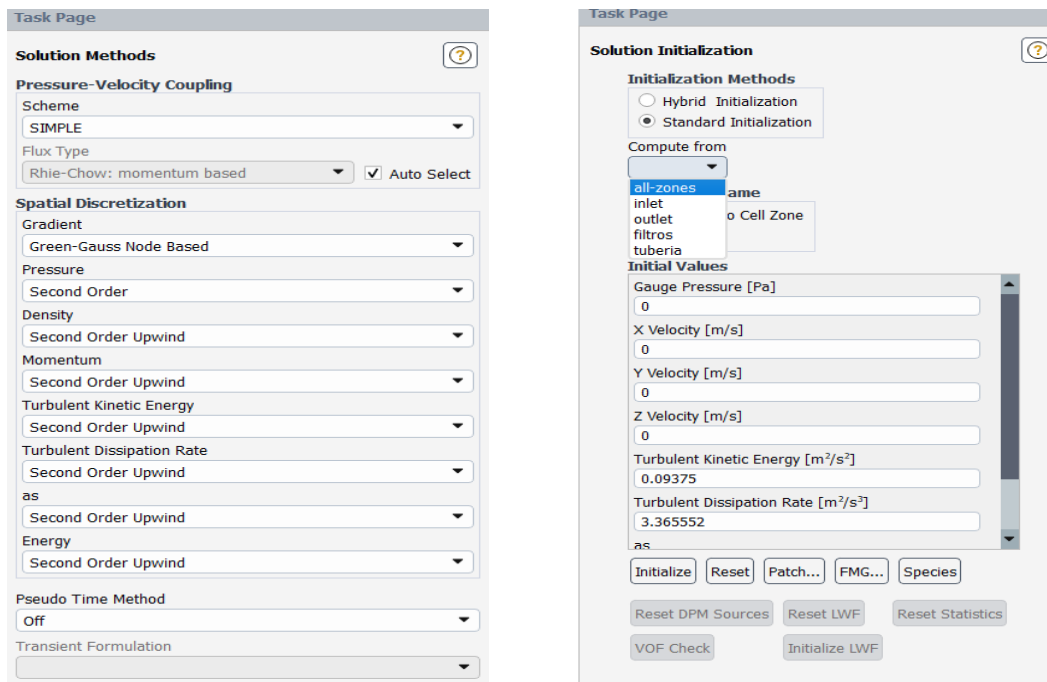


Figura 68: Programa ANSYS comando **Methods**. Fuente: propia.

Como dieciseisavo paso seleccionamos el comando **Run calculation**, donde se le agregado 2000 iteraciones.

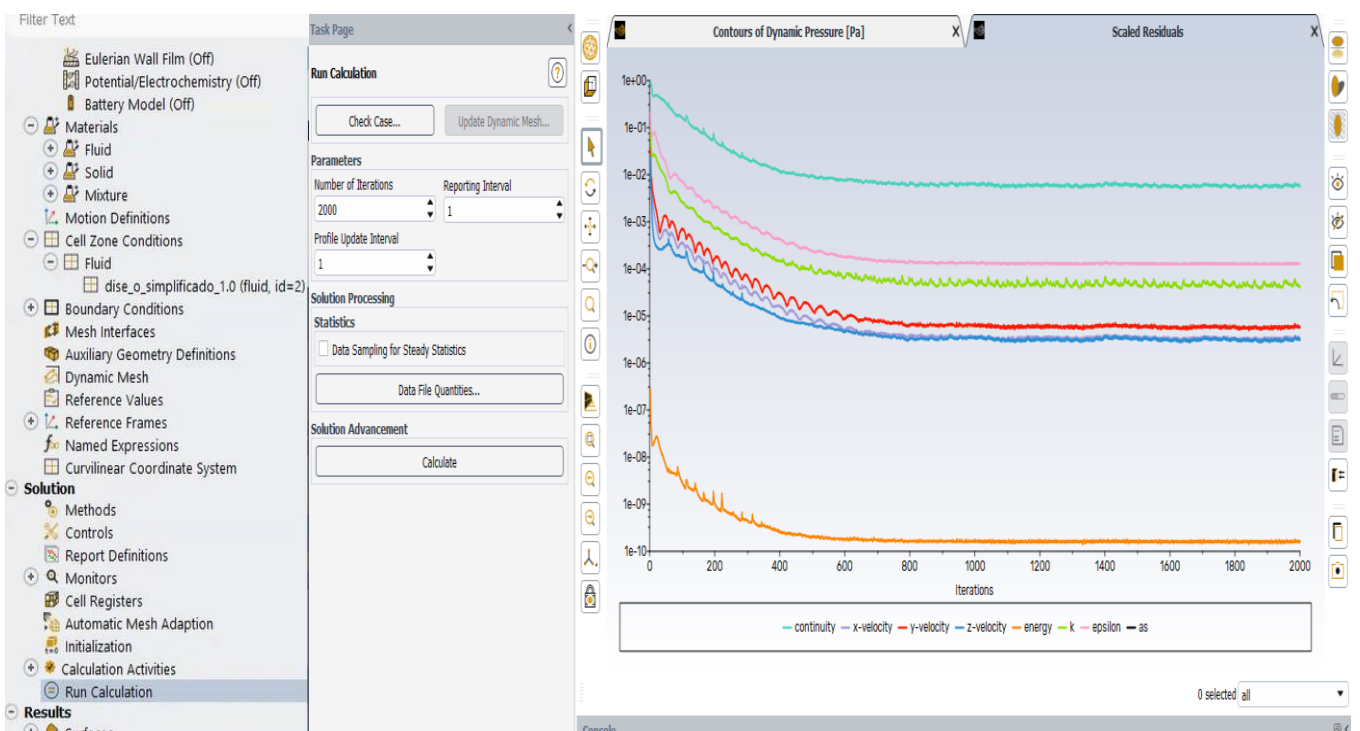


Figura 69: Programa ANSYS comando **Run calculation**. Fuente: propia.

finalmente nos vamos al comando Contours, donde tenemos los siguientes resultados:
Simulación de presión estática

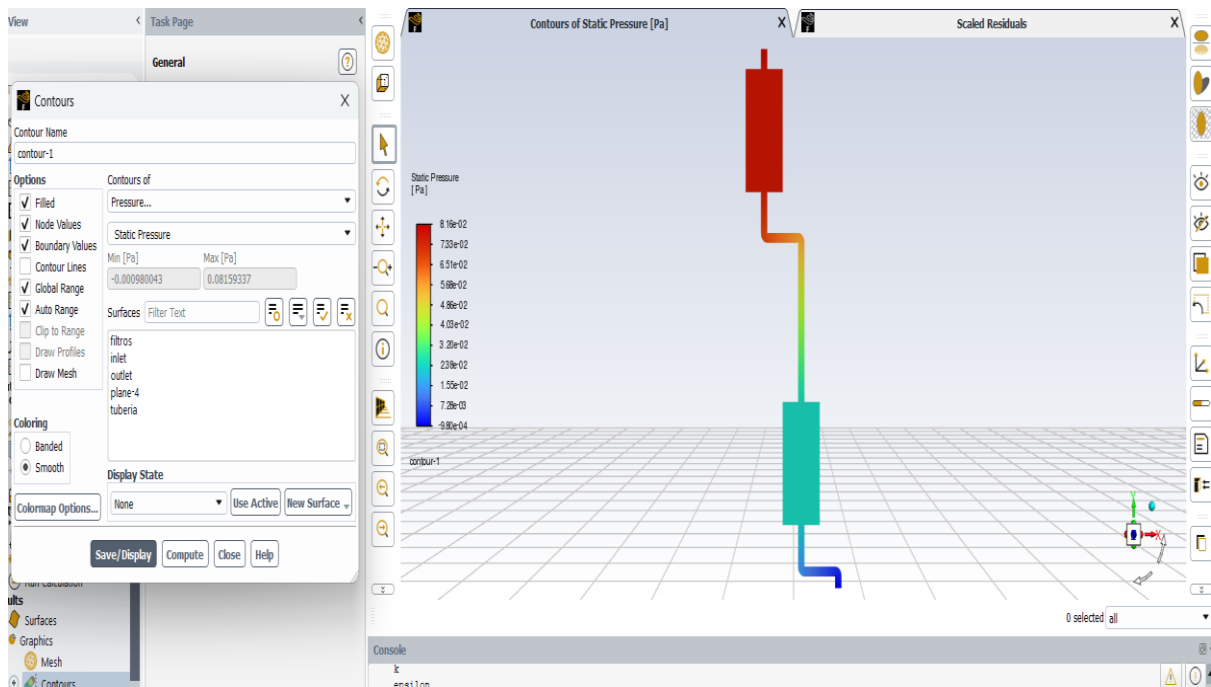


Figura 70: Programa ANSYS comando Contours. Fuente: propia.

Simulación de presión dinámica

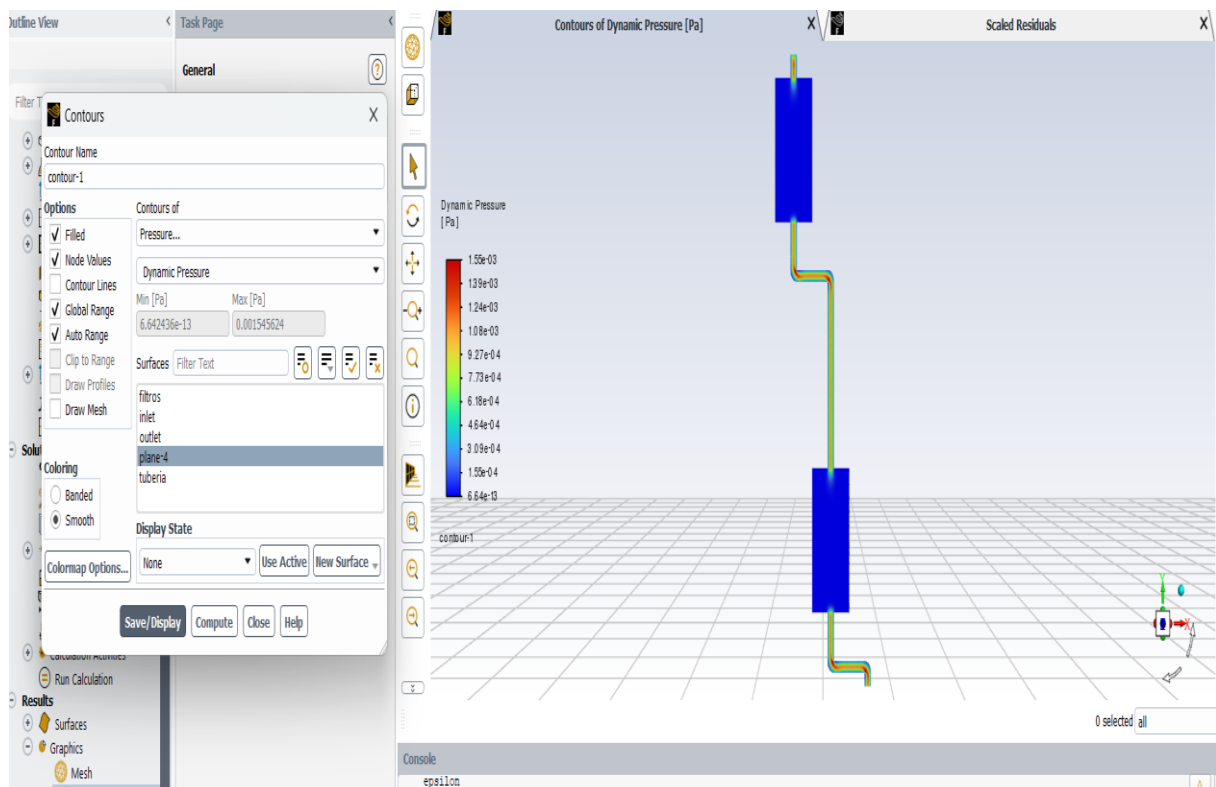


Figura 71: Programa ANSYS presión dinámica. Fuente: propia.

Simulación de velocidad

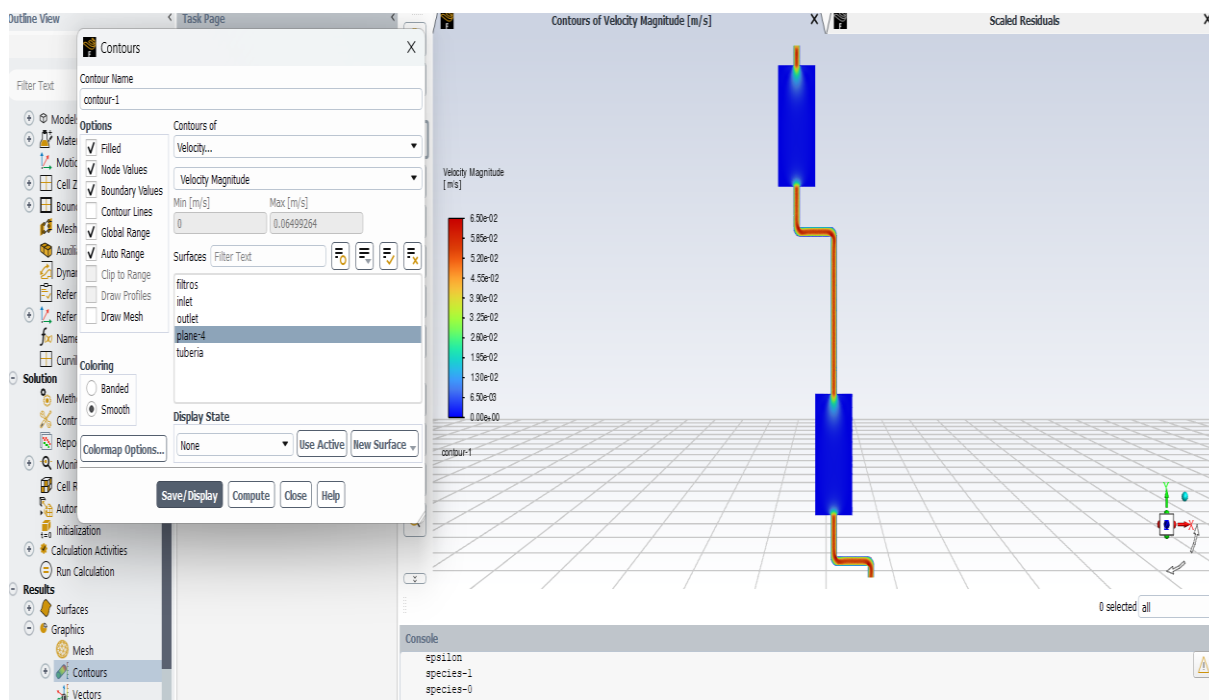


Figura 72: Programa ANSYS presión dinámica. Fuente: propia.

Simulación de turbulencia intensiva

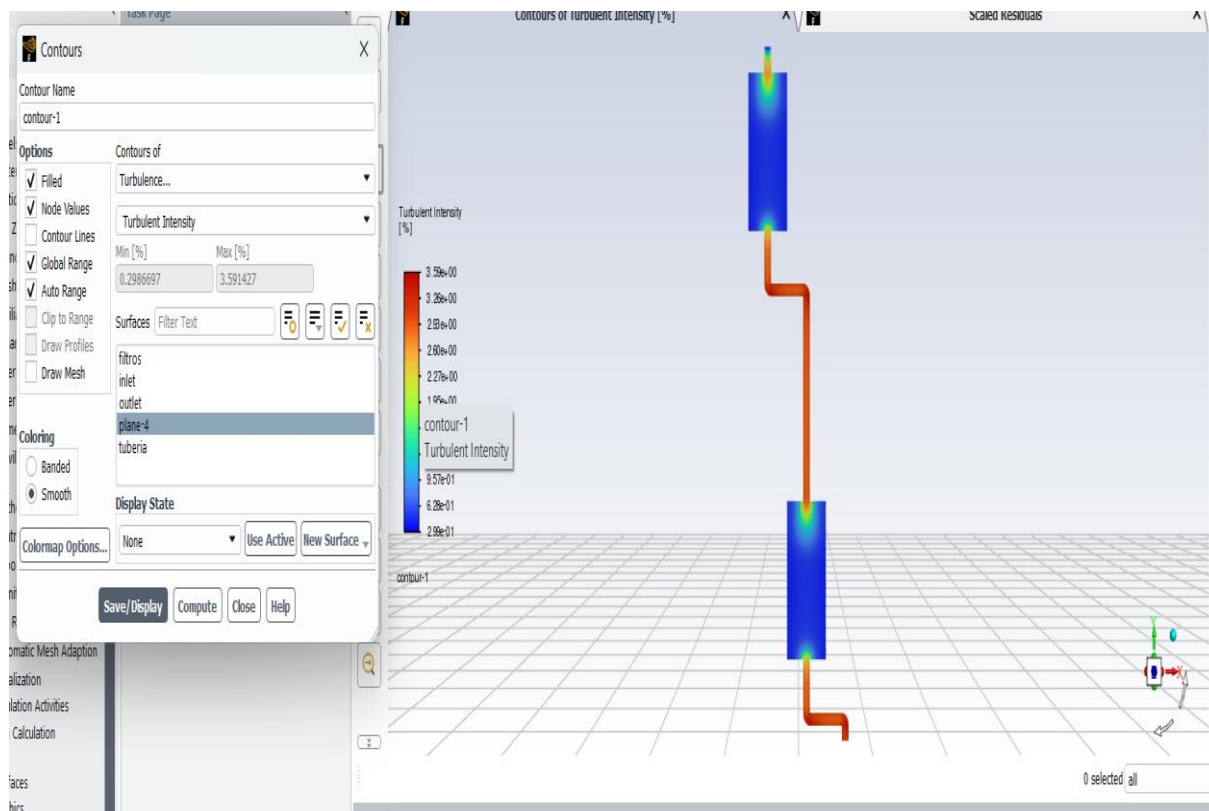


Figura 73: Programa ANSYS Turbulencia intensiva. Fuente: propia.

Simulación de partículas

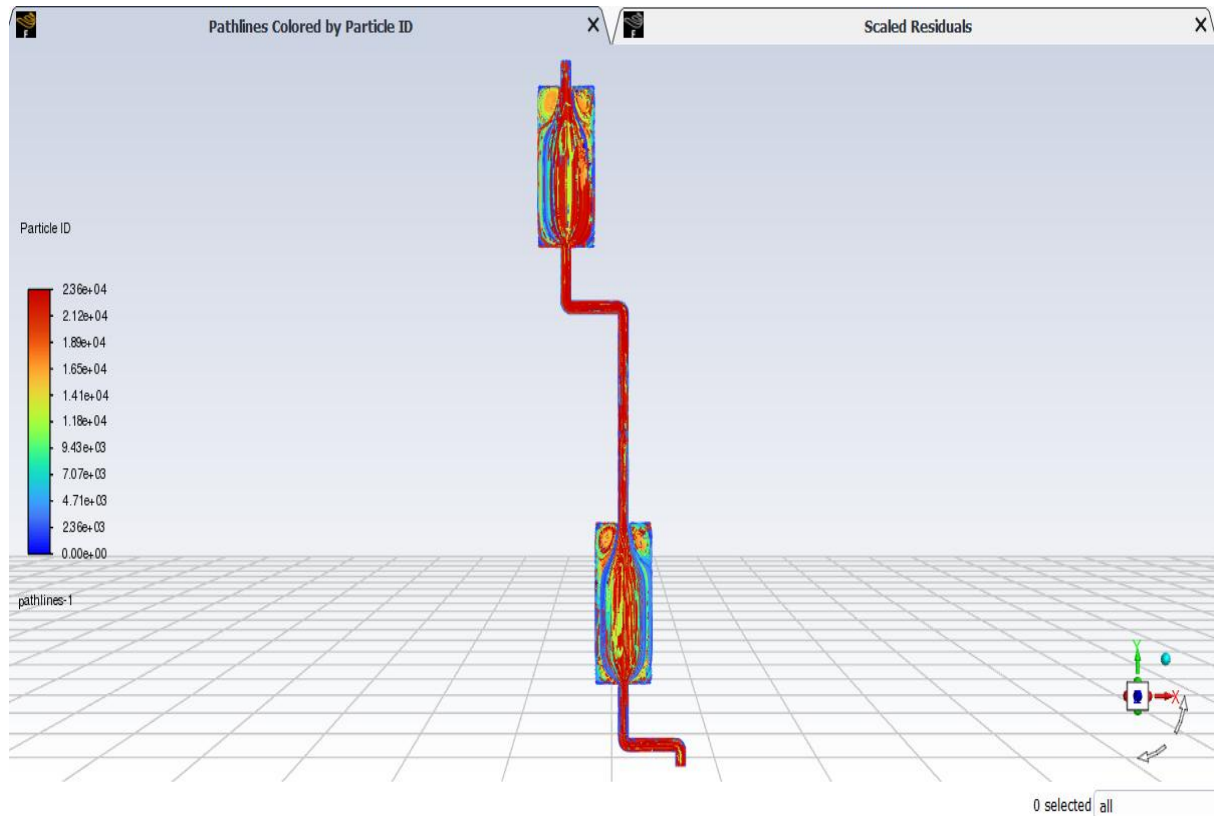


Figura 74: Programa ANSYS simulación de partículas. Fuente: propia.

Evaluación de impactos ambientales

En la presente sección, se evaluará los impactos ambientales del proyecto de purificación de agua subterránea con carbón activado para la eliminación del arsénico en el distrito de mórrope. Ya que existe esta problemática desde mucho tiempo y para contrarrestar se planteó el proyecto mencionado, como bien se sabe el carbón activado es alto en porosidad y eso se vuelve un gran adsorbente. Una vez identificados los impactos y factores ambientales se darán acciones para prevenir y mitigarlas con el fin de disminuir los daños al medio ambiente.

Identificación de impactos

Para llevar a cabo esta fase, se debe reconocer todas las posibles acciones que se va a realizar, para proceder a reconocer los impactos más relevantes presentándose en las siguientes etapas, fabricación del carbón activado, fabricación del filtro y aplicación del carbón activado en las aguas subterráneas con alto contenido de arsénico.

- **Impactos negativos en la fase de construcción**

- Extracción de la materia prima *Chorisia integrifolia* ulbr en esta etapa se altera a la habitad, pérdida de biodiversidad vegetal y erosión del suelo.
- producción del carbón activado en esta etapa se altera las emisiones de la atmósfera, consumo energético y generación de residuos.
- Transporte del material en esta etapa se altera las emisiones de CO₂
- Fabricación del filtro purificador en esta etapa genera partículas en suspensión, consumo energético y nivel de ruido.

- **Impactos positivos en la fase de construcción**

- Aprovechamiento de la materia prima.
- Generaría empleos locales para la recolección de la materia prima.

- **Impactos negativos en la fase de operación**

- Manejo inadecuado de los residuos del carbón activado una vez utilizado.
- Riesgo de mal funcionamiento por falta de mantenimiento.

- **Impactos positivos en la fase de operación**

- Mejorar la calidad del agua subterránea de dicho distrito.
- Reducción de las enfermedades por el consumo del agua con arsénico.
- Tecnología de bajo costo y accesible para la población

Matriz de identificación de los impactos ambientales en la fase de construcción

MAGNITUD Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo			ACCIONES			
			FASE DE CONSTRUCCIÓN			
			Extracción de Chorisia integrifolia	Transporte del material	Producción del carbón activado	Construcción de un filtro de PVC con base de madera
F A C T O R E S A M B I E N T A L E S	AIRE	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN				-X
		EMISION DE GASES		-X	-X	
		NIVEL DE RUIDO				-X
		NIVEL DE OLORES				
	AGUA	CALIDAD				
		USO DEL AGUA			-X	
	SUELO	CALIDAD DEL SUELO	-X			
		GEOMORFOLOGÍA				
	FLORA	COBERTURA VEGETAL	-X			
	FAUNA	AVES E INSECTOS	-X			
		ANIMALES DOMÉSTIVOS				
	CALIDAD	PAISAJE URBANO				
	SOCIOECONÓMICO Y SALUD	EMPLEO	+X		+X	+X
		COMERCIO				+X
		TRANSPORTE		+X	+X	
		POBLACIÓN				
		CALIDAD DE VIDA				
		SALUD Y SEGURIDAD				
	OTROS	CONSUMO ENERGETICO			-X	-X
		RESIDUOS			-X	
TECNOLOGIA						

Tabla 25: Matriz de identificación de IA en la fase de construcción. Fuente: propia.

Matriz de identificación de los impactos ambientales en la fase de operación

MAGNITUD Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo			ACCIONES	
			FASE EN PROCESO	
			IMPORTANCIA Valor ponderal que proporciona el peso relativo del efecto potencial y refleja la significación y relevancia del mismo, así como la extensión o parte del entorno afectado	Aplicación al tratamiento de agua contaminada
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN		
		EMISION DE GASES		
		NIVEL DE RUIDO		
		NIVEL DE OLORES		
	AGUA	CALIDAD DE AGUA	+X	-X
		USO DEL AGUA		
	SUELO	CALIDAD DEL SUELO		-X
		GEOMORFOLOGÍA		
	FLORA	COBERTURA VEGETAL		
	FAUNA	AVES E INSECTOS		
		ANIMALES DOMÉSTIVOS		
	CALIDAD	PAISAJE URBANO		
	SOCIOECONÓMICO Y SALUD	EMPLEO	+X	
		COMERCIO	+X	
		TRANSPORTE	+X	
		POBLACIÓN		
		CALIDAD DE VIDA	+X	-X
		SALUD Y SEGURIDAD	+X	
	OTROS	CONSUMO ENERGETICO		
		RESIDUOS		-X
		TECNOLOGIA	+X	

Tabla 26: Matriz de identificación de IA en la fase de operación. Fuente: propia.

Matriz de evaluación de los impactos ambientales en la fase de construcción

MAGNITUD Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo		ACCIONES				SUMA			
		FASE DE CONSTRUCCIÓN							
		IMPORTANCIA Valor ponderal que proporciona el peso relativo del efecto potencial y refleja la significación y relevancia del mismo, así como la extensión o parte del entorno afectado		Extracción de Chorisia integrifolia	Transporte del material	Producción del carbón activado	Construcción de un filtro de PVC con base de madera	MAGNITUD +- IMPORTANCIA	
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN				-2	3	-6	
		EMISION DE GASES		-3	-4		-7	10	-36
		NIVEL DE RUIDO				-2	-2	3	-6
		NIVEL DE OLORES					0	0	0
	AGUA	CALIDAD					0	0	0
		USO DEL AGUA			-2		-2	4	-8
	SUELO	CALIDAD DEL SUELO	-4				-4	6	-24
		GEOMORFOLOGÍA					0	0	0
	FLORA	COBERTURA VEGETAL	-6				-6	8	-48
	FAUNA	AVES E INSECTOS	-3				-3	5	-15
		ANIMALES DOMÉSTIVOS					0	0	0
	CALIDAD	PAISAJE URBANO					0	0	0
	SOCIOECONÓMICO Y SALUD	EMPLEO	4		4	4	12	6	24
		COMERCIO				5	5	6	30
		TRANSPORTE		1	1		2	4	4
		POBLACIÓN							
		CALIDAD DE VIDA					0	0	0
		SALUD Y SEGURIDAD					0	0	0
	OTROS	CONSUMO ENERGÉTICO			-4	-2	-6	9	-30
		RESIDUOS			-5		-5	7	-35
TECNOLOGIA						0	0	0	
	MAGNITUD +- IMPORTANCIA	-9	-2	-10	3			-150	
	PROMEDIO	-79	-10	-81	20			-150	

Tabla 27: Matriz de evaluación de IA en la fase de construcción. Fuente: propia.

Matriz de evaluación de los impactos ambientales en la fase de operación

MAGNITUD Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo		IMPORTANCIA Valor ponderal que proporciona el peso relativo del efecto potencial y refleja la significación y relevancia del mismo, así como la extensión o parte del entorno afectado		ACCIONES		SUMA	
				FASE EN PROCESO		MAGNITUD +- IMPORTANCIA	
				Aplicación al tratamiento de agua contaminada	Disposición final del carbón usado		
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN			0	0	0
		EMISION DE GASES			0	0	0
		NIVEL DE RUIDO			0	0	0
		NIVEL DE OLORES			0	0	0
	AGUA	CALIDAD DE AGUA	7	-4	3	15	39
		USO DEL AGUA			0	0	0
	SUELO	CALIDAD DEL SUELO		-3	-3	4	-12
		GEOMORFOLOGÍA			0	0	0
	FLORA	COBERTURA VEGETAL			0	0	0
	FAUNA	AVES E INSECTOS			0	0	0
		ANIMALES DOMÉSTIVOS			0	0	0
	CALIDAD	PAISAJE URBANO			0	0	0
	SOCIOECONÓMICO Y SALUD	EMPLEO	2	4	2	4	8
		COMERCIO	2	4	2	4	8
		TRANSPORTE	2	4	2	4	8
		POBLACIÓN					
		CALIDAD DE VIDA	9	-2	7	13	84
	SALUD Y SEGURIDAD		9		9	10	90
	OTROS	CONSUMO ENERGETICO			0	0	0
RESIDUOS			-5	-5	7	-35	
TECNOLOGIA		3	7	3	3	9	
MAGNITUD +- IMPORTANCIA		34	-14			199	
PROMEDIO		276	-77			199	

Tabla 28: Matriz de evaluación de IA en la fase de operación. Fuente: propia.

Acciones para la prevención y mitigación de los IA

Al conocer los impactos que se generan al ejecutar el proyecto “Evaluación de los niveles de arsénico en aguas subterráneas mediante carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr”, se sugiere presentar las diferentes acciones de mitigación y prevención con la finalidad de disminuirse.

Factores ambientales alterados:

- **Aire, emisiones de gases**

La emisión de gases serás producidos por el transporte de la recolección de la materia prima. Para contrarrestar este impacto se debe utilizar vehículos en buen estado, ya que en la actualidad existen vehículos más amigables al medio ambiente en diferencia a los carros antiguos.

- **Aire, partículas en suspensión**

El desarrollo del polvo es generado al realizar los cortes para la construcción del filtro, en este proceso se cortan piezas de PVC y madera. Para contrarrestar este impacto se debe utilizar maquinaria en buen estado y si se pudiera, utilizar maquinaria moderna donde ya viene instalado su aspiradora.

- **Aire, ruido**

El ruido es generado por la maquinaria en la utilización de la construcción del filtro, ya que se realizar cortes para la construcción de este, en este proceso se cortan piezas de PVC y madera. El personal involucrado en esta tarea debe tener todos sus equipos de protección personal para que pueda ser protegido.

- **Agua, uso de agua y calidad de agua**

El uso del agua se genera por la fabricación del carbón activado ya que el carbón debe ser lavado hasta lograr estabilizar su pH, en el tema de calidad de agua este impacto se genera en la disposición final del carbón activado utilizado, para contrarrestar este impacto se debe realizar el carbón activado en un laboratorio para que el residuo del agua pueda ser desechada correctamente y también el carbón activado debe ser cambiado en un tiempo determinado para mejorar la calidad de agua.

- **Suelo, calidad de suelo**

La calidad del suelo será afectada debido a la extracción de la materia prima ya que para extraer la materia prima se altera el suelo, para mitigar este impacto se debe utilizar

materia prima que ya cumplió su ciclo de vida, es decir que ya no pueden ser trabajadas en otros métodos.

- **Flora, cobertura vegetal**

Ante el deterioro de la calidad del suelo, las especies de la flora pueden ser taladas con la finalidad de cumplir con cualquier proyecto, para esta alternativa se sugiere cortar especies que ya cumplieron su ciclo de vida, o en caso de no tener otra alternativa, se debe reparar el daño con naturaleza por naturaleza.

- **Fauna, aves e insectos**

Debido al corte de la flora muchas especies serán ahuyentados ya que se les estaría cortando su casa, para mitigar este impacto se debe evaluar las especies a cortar y si no quedara otra alternativa se repone el daño con naturaleza por naturaleza.

- **Socioeconómico y salud, calidad de vida**

Al no darse un buen huso del carbón activado generaríamos un gran perjuicio en el bienestar de las personas, para mitigarlo se debe considerar evaluar constantemente el carbón activado para ser cambiado y así evitar enfermedades por metales pesados que en este caso es el arsénico.

- **Otros, residuos**

En esta etapa se generan residuos al fabricar el carbón activado y ala disposición final del carbón activado para mitigar este impacto se debe fabricar el carbón activado en un laboratorio para que todo residuo pueda ser desechado como debe ser, por último, se debe dar un buen uso el carbón utilizado como por ejemplo se puede volver activar y volver a ser utilizado.

Discusiones

- Según el objetivo específico, Identificar la concentración de arsénico en las aguas subterráneas del distrito de Mórrope. Los resultados obtenidos de las nueve muestras se determinó concentraciones de 0.26 mg/L para el pozo la piedra Mórrope, 0.22 mg/L para el pozo parque central Mórrope, 0.31 mg/L para el pozo principal Mórrope, 0.30 mg/L para el pozo proyecto nuevo centro poblado cruz del medano, 0.29 mg/l para el pozo parque central centro poblado cruz del medano, 0.29 mg/L para el pozo N°1 centro poblado cruz del medano y 0.22 mg/L para el pozo principal caserío lagartera, 0.25 mg/L para el pozo Sr. Nicolas Valdera caserío lagartera, por ultimo 0.24 mg/L para el pozo Sr. Enrique Sandoval caserío lagartera, estando por encima del ECA (0.01 mg/L). teniendo en cuenta a otras investigaciones que oscilan entre 0.010 mg/l a 0.060 mg/l de arsénico en aguas subterráneas. Datos que al ser comparados con M. Eca y A. Ñiquen [7] en la investigación titulada "Influencia de la concentración y el tiempo de contacto del carbón activado (CA) de cáscara de coco en la remoción de arsénico de aguas subterráneas de Mórrope", donde se identificó muestras altas de arsénico que tienen valores de 0.11 mg/L. Esta concentración de arsénico es similar al observado en la presente investigación, por lo tanto, se confirma que en el distrito de mórrope existe altas cantidades de arsénico en las aguas subterráneas, donde ECA [17] en su disposición para el agua de consumo humano es de 0.01 mg/L, demostrando que los resultados de las muestras están superando los límites establecidos para el agua.
- Según el objetivo específico, Elaborar carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr. En este objetivo se utilizaron 6 kilos de materia prima obteniéndose una cantidad de 1409 gr de carbón activado lo que representa un rendimiento del 76.52% de reducción en todo el proceso. el cual se constituyó de las siguientes etapas: Pre-incineración, trituración, activación química, carbonización, secado y molienda. Toda esta información se basó en el manual del carbón activado [15] en este manual nos proporciona una guía sobre cómo crear carbón activado en sus dos fases ya sea química o físicamente también te brinda información sobre sus aplicaciones que puede tener el carbón activado y los tipos que existen.

- Según el objetivo específico, Evaluar la capacidad de remoción del carbón activado mediante un filtro de adsorción con cantidades de 25, 50 y 75 gr. Los resultados obtenidos evidencian que los valores van desde 0.0874 mg/L a 0.0066 mg/L para 25 gr; 0.0731 mg/L a 0.0045 mg/L para 50 gr y 0.0264 mg/L a 0.0013 mg/L para 75 gr. Datos que son comparados con Paredes y Segura [8] en su investigación titulada "Estudio de la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal", donde el carbón activado de Tusa de maíz logró una tasa de eliminación de arsénico del 90,5%, el carbón activado a base de cáscara de naranja eliminó el 98% del cromo (Cr), y el más eficiente fue el carbón activado en chips de eucalipto, con una tasa de eliminación del 99,9% para el plomo (Pb). Estos resultados nos muestran la gran capacidad de remoción que puede tener el carbón activado hacia los metales pesados.
- Según el objetivo específico, Determinar la cantidad óptima de carbón activado para remover el arsénico en las aguas subterráneas y que estén por debajo de 0.01 mg AS/L. Los resultados muestran que el pozo la piedra de Mórrope tiene un valor de 0.0013 mg/L, estando por debajo de los valores de ECA indicando que la cantidad de 75 gr fue muy eficiente con el filtro elaborado. Datos que son comparados con Caicedo & Fuentes [9] en su proyecto de investigación titulada "Remoción de arsénico de aguas subterráneas de Pacora para uso y consumo humano mediante adsorción", los cual nos indica que es posible reducir el contenido de arsénico en el agua subterránea de Pacora a niveles adecuados para el consumo humano. La evaluación de eliminación optima alcanzó el 87,5%, reduciendo el contenido inicial de arsénico de 0,012 mg/L a 0,0015 mg/L, cumpliendo con los límites permitidos para el consumo humano donde ECA [17] en su disposición para el agua de consumo humano es de 0.01 mg/L. Demostrando que los resultados están por debajo del límite permitido.
- Según el objetivo específico, Simulación a través de CFD del contaminante de arsénico. Los resultados obtenidos se observan cómo se comporta la presión estática del fluido dentro del filtro, también la presión dinámica, la velocidad del flujo, turbulencia intensiva y cómo se comporta las partículas del fluido dentro del filtro, teniendo en cuenta un enmallado de 0.10 mm y 2000 iteraciones. Datos que son comparados con

N. Córdova Fernández [23], en su proyecto de investigación titulada "Simulación CFD en ANSYS FLUENT para analizar el patrón de flujo de los gases de combustión dentro de una chimenea y así determinar la ubicación del puerto de muestreo" en donde se realiza un proyecto el cual se analiza el flujo de gases, pero es similar al proyecto ya que nosotros evaluamos el flujo del agua, pero ambos proyectos siguen los mismos pasos de simulación.

- Según el objetivo específico, Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental. Se evaluaron todos los impactos ocurridos a lo largo de la construcción y el funcionamiento, esta evaluación ambiental solo se realiza a nivel de investigación y se plantea como un punto de inicio en caso de que se realice una gran producción. El principal motivo de utilizar carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr es tratar de crear cosas sostenibles y amigables con el medio ambiente, entre las principales acciones correctivas es la reutilización del carbón activado ya que tiene esa capacidad de volverse activar y poder ser nuevamente utilizado. Estos resultados fueron basados de la guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental [20], esta guía nos indica información precisa y objetiva sobre los impactos ambientales de un proyecto, lo cual nos permitirá hacer comparativas para obtener la opción sostenible.

Conclusiones

- Al identificar las concentraciones de arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Mórrope de las nueve muestras se determinó concentraciones de 0.26 mg/L para el pozo la piedra Mórrope, 0.22 mg/L para el pozo parque central Mórrope, 0.31 mg/L para el pozo principal Mórrope, 0.30 mg/L para el pozo proyecto nuevo centro poblado cruz del medano, 0.29 mg/l para el pozo parque central centro poblado cruz del medano, 0.29 mg/L para el pozo N°1 centro poblado cruz del medano y 0.22 mg/L para el pozo principal caserío lagartera, 0.25 mg/L para el pozo Sr. Nicolas Valdera caserío lagartera, por ultimo 0.24 mg/L para el pozo Sr. Enrique Sandoval caserío lagartera, estando por encima del ECA (0.01 mg/L). teniendo en cuenta a otras investigaciones que oscilan entre 0.010 mg/l a 0.060 mg/l de arsénico en aguas subterráneas.
- Al elaborar carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr. Se utilizaron 6 kilos de materia prima obteniéndose una cantidad de 1409 gr de carbón activado lo que representa un rendimiento del 76.52% de reducción en todo el proceso. el cual se constituyó de las siguientes etapas: Pre-incineración, trituración, activación química, carbonización, secado y molienda
- Al realizar las nueve muestras de cada cantidad y verificar la capacidad de remoción de arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Mórrope en cantidades de 25 gr, 50 gr, 75 gr de carbón activado, se obtuvo resultados que van desde 0.0874 mg/L a 0.0066 mg/L para 25 gr; 0.0731 mg/L a 0.0045 mg/L para 50 gr y 0.0264 mg/L a 0.0013 mg/L para 75 gr. Teniendo en cuenta otras investigaciones que su porcentaje de remoción es de 90.5% de su muestra inicial.
- Al determinar la cantidad óptima de carbón activado, tenemos el pozo la piedra de Mórrope con un valor de 0.0013 mg/L, estando por debajo de los valores de ECA indicando que la cantidad de 75 gr fue muy eficiente con el filtro elaborado, así mismo tenemos en cuenta otros estudios donde utilizaron materiales y cantidades distintas sin embargo su cantidad de remoción fue del 72% de su muestra inicial que fue de 0.11 mg/L.
- Al realizar la simulación a través de CFD del contaminante de arsénico. Se puede observar cómo se comporta la presión estática del fluido dentro del filtro, también la presión dinámica, la velocidad del flujo, turbulencia intensiva y cómo se comporta las

partículas del fluido dentro del filtro, teniendo en cuenta un enmallado de 0.10 mm y 2000 iteraciones.

- Al realizar la Evaluación de Impacto Ambiental. Se evaluaron todos los impactos ocurridos en la fase de construcción y operación, esta evaluación ambiental solo se realiza a nivel de investigación y se plantea como un punto de inicio en caso de que se realice una gran producción. El principal motivo de utilizar carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr es tratar de crear cosas sostenibles y amigables con el medio ambiente, entre las principales acciones correctivas es la reutilización del carbón activado ya que tiene esa capacidad de volverse activar y poder ser nuevamente utilizado.

Recomendaciones

- Se propone investigar y comparar distintos tipos de carbón activado elaborados a partir de diversas materias primas. El objetivo es impulsar la fabricación a gran escala de filtros de agua para abastecer a las comunidades que carecen de acceso a agua potable tratada.
- Además, se sugiere combinar el carbón activado estudiado en esta investigación con otros materiales para mejorar su eficiencia en la remoción de arsénico.
- se recomienda llevar a cabo la activación del carbón activado tanto por métodos físicos como químicos, y luego comparar los resultados obtenidos de cada proceso.
- Utilizar cantidades superiores a las ya utilizadas, ya que cada muestra presenta cantidades de arsénico distintas y cada muestra de arsénico tiene comportamientos distintos a las proporciones de carbón activado.
- Para simulaciones CFD en filtros purificadores de agua, se recomienda utilizar el mayor poder computacional posible, pues el requerimiento computacional es sumamente elevado y, al incluir los paquetes adicionales como el arsénico, y sobre todo al tener un enmallado mayor el requerimiento aumenta exponencialmente.

Referencias

- [1] J. Uturunco C. “Contaminación por arsénico y plomo en el agua subterránea del distrito de Mórrope - Lambayeque”. INDECI. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://onx.la/28409>
- [2] J.O.T. “Agua de pozos en Mórrope contiene arsénico 9 veces más de lo permitido”. Agencia Peruana de Noticias | ANDINA. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/4fJ4LJ2>
- [3] J.R.A. “Lambayeque: Instalan 2,036 filtros para remover el arsénico del agua en Mórrope”. Agencia Peruana de Noticias | ANDINA. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/4g2nG18>
- [4] MCLCP. “Situación actual sobre la contaminación de agua para consumo humano con arsénico en los distritos de mórrope, pacora y otros -2019”. Mesa de Concertación para la Lucha Contra la Pobreza | MCLCP. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/4eTtokN>
- [5] L. M. Muñoz Perez. “Lambayeque: Detectan primeros casos de niños con afectación en la piel y el hígado por consumo de agua con arsénico en Pacora | RPP Noticias”. RPP - Noticias del Perú y el Mundo | Radio | Podcast | RPP Noticias. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/40ZHhe8>
- [6] Gerencia regional de salud. “Aprobar el plan anual de trabajo para el abordaje integral de la población expuesta a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas 2024 de la gerencia regional de salud Lambayeque”. Gobierno regional Lambayeque. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3B1QzM6>
- [7] M. S. y. A. L. Fiestas Eca Y Millones Ñiquen, “Influencia de la concentración y el tiempo de contacto del carbón activado de cáscara de coco en la remoción de arsénico de aguas subterráneas de mórrope”, tesis de pregrado, Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019. Accedido el 1 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4028>

- [8] E. O. y. L. M. Paredes Ramirez y Segura Acosta, “Estudio de la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal”, tesis de pregrado, Univ. Priv. Del Norte, Cajamarca, 2021. Accedido el 1 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/11537/28778>
- [9] M. A. y. V. M. Caicedo Vásquez y Fuentes Muñoz, “Remoción de arsénico de aguas subterráneas de Pacora para uso y consumo humano mediante adsorción”, tesis de pregrado, Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2020. Accedido el 1 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8847>
- [10] A. Y. F. García Gonzál Y Díaz Alvarado, “Desarrollo de carbón activado a partir de desechos agroindustriales con aplicación en adsorción de arsénico”, Univ. Chile, Santiago de Chile, 2017. Accedido el 1 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147405>
- [11] P. Mani, Y. Kim, S. K. Lakhera, B. Neppolian y H. Choi, “Complete arsenite removal from groundwater by UV activated potassium persulfate and iron oxide impregnated granular activated carbon”, *Chemosphere*, vol. 277, p. 130225, Agosto de 2021. Accedido el 26 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130225>
- [12] D. V. Cuong, P.-C. Wu, S. Y. H. Liou y C.-H. Hou, “An integrated active biochar filter and capacitive deionization system for high-performance removal of arsenic from groundwater”, *J. Hazardous Mater.*, vol. 423, p. 127084, febrero de 2022. Accedido el 26 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127084>
- [13] U. y. M. N. Castro Barrantes y Mollocondo Huanca, “Aplicación tecnológica del óxido de hierro en lecho fijo para la reducción de arsénico de aguas superficiales provenientes del Rio Tambo a nivel laboratorio”, tesis de grado, Univ. Nac. San Agustín, Arequipa, 2015. Accedido el 1 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4001>
- [14] M. Garro. “Árboles centenarios: La memoria de los gigantes amazónicos”. Ojo Público. Accedido el 26 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3OoBhUT>

- [15] Escuela universitaria Politécnica de la Universidad de Málaga. “Manual del Carbón activo”. Página principal-Contenido. Accedido el 1 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/413LZHG>
- [16] Dirección General de Salud Ambiental. “Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales”. Dirección General de Salud Ambiental. Accedido el 1 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3Zml3lj>
- [17] Diario el peruano. “Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias”. Diario el peruano. Accedido el 2 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3B2PflP>
- [18] J. Xamán y M. Gijón-Rivera, *Dinámica de fluidos computacional para ingenieros*. Palibrio, 2016.
- [19] Lebalalp Academy. “CFD (computational fluid dynamics)”. Lebalalp Academy. Accedido el 8 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://lebalap.academy/fl/simulacion-cfd/>
- [20] V. Conesa Ripoll y L. A. Conesa Ripoll, *guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, 4ª ed. 2010. [En línea]. Disponible: <https://goo.su/DwGGrG>
- [21] M. Borja s, *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. 2016. Accedido el 7 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://cutt.ly/HBs5UpH>
- [22] Ingemmet. “Estudio hidrogeológico del distrito de mórrope”. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Accedido el 7 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/4i8X2p6>
- [23] N. Córdova Fernández, *"Simulación CFD en ANSYS FLUENT para analizar el patrón de flujo de los gases de combustión dentro de una chimenea y así determinar la ubicación del puerto de muestreo"*. MEXICO, 2016. Accedido el 10 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible: <http://132.248.9.195/ptd2016/mayo/0745061/0745061.pdf>

Anexos

Materiales para la recolección del muestreo de agua, como son: el termo para mantener la temperatura de las muestras, los pomos de 1000 ml y el gel coagulante que se pone a refrigerar por 24 hr y es reutilizable.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
DISTANCIA (metros)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
TIEMPO (segundos)	19.95	19.99	19.92	19.93	19.95	19.94	19.96	19.95	19.98
VELOCIDAD m/s	0.0401	0.0400	0.0402	0.0401	0.0401	0.0401	0.0401	0.0401	0.0400

Tabla de calculo de la velocidad para la simulación. Fuente: Elaboración propia



DIRECCIÓN DE LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
ANEXO III: Cadena de custodia

Formulario
 Caja N°

Agua

Solicitante: WIS FERNANDO SANTISIERAN SUCLUDE Proyecto/Programa: TESIS EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RISENCO EN POCAS SUBTERRANEA No. Oficio/ Memo:

Dirección: MORROPPE Dist.: MORROPPE Prov.: LAMBAYEQUE Dpto.: LAMBAYEQUE

Contacto: 946412137 Telf.: LAMBAYEQUE Fax: LAMBAYEQUE

e-mail: SUCLUDESANTISIERANWISFERNANDO@gmail.com

Responsable del muestreo: [Firma] Firma: [Firma] N° de informe de ensayo(1)

Código DILAB (1)	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Matriz (2)	Origen de la fuente (3)	Puntos de muestreo	Localidad, urb., AA HH	Distrito	Provincia	Departamento	U.T.M.		N° de frascos por punto de muestreo		Volumen total (ml)
											Este	Norte	P	V	
	01	30/09/24	3:20 PM	AT	POZO TAJO ABIEERTO	POZO LA PIEDRA		MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	608930	9276970	1		1000
	02	30/09/24	4:08 PM	AT	POZO TAJO ABIEERTO	POZO PARQUE CENTRAL		MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	608976	9276944	1		1000
	03	30/09/24	5:13 PM	AT	POZO TUBULAR	POZO PRINCIPAL	CASERIO LAGARTERA	MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	609540	9277367	1		1000
	04	30/09/24	5:30 PM	AT	POZO TAJO ABIEERTO	POZO SP. NICOLAS VOLPORA	CASERIO LAGARTERA	MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	614325	9280955	1		1000
	05	30/09/24	5:38 PM	AT	POZO TAJO ABIEERTO	POZO SE ENDEQUE SANDOVAL	CASERIO LAGARTERA	MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	614347	9280993	1		1000
	06	11/10/24	5:00 PM	AT	POZO TUBULAR	POZO PRINCIPAL		MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	609540	9277367	1		1000
	07	11/10/24	5:57 PM	AT	POZO TAJO ABIEERTO	POZO PARQUE CENTRAL	CASERIO CRUZ DEL MEDANO	MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	615036	9279951	1		1000
	08	11/10/24	5:26 PM	AT	POZO TUBULAR	POZO N°1 ANTIGUO	CASERIO CRUZ DEL MEDANO	MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	615077	9280184	1		1000
	09	11/10/24	5:29 PM	AT	POZO TUBULAR	POZO N°2 PROYECTO NUEVO	CASERIO CRUZ DEL MEDANO	MORROPPE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	605219	9280701	1		1000
											Sub-total	9			

(1) Campo exclusivo para el laboratorio
 (2) AP(Agua Potable);AR(Agua Residual);AS(Agua Superficial);AT(Agua Subterránea);AM(Agua de mar);AL(Agua Pluvial);EF(Efluente);VE(Vertimientos); SE(Sedimentos);BV(Blanco Viajero);DP(Duplicado);BC(Blanco de Campo);BE(Blanco de Equipo);BF(Blanco de Frasco);LD(Lodos);SU (suelos)
 (3) Ejemplo para matriz AS origen de la muestra: Río Corrientes. Los datos deben coincidir con las etiquetas de los frascos.

Entregado por:	<u>WIS FERNANDO SANTISIERAN</u>	Institución:	<u>USAT</u>	Firma:	<u>[Firma]</u>	Fecha:	<u>11/10/24</u>	Horas:		Muestras recibidas intactas:	SI <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Comentarios
Recibido por:									Tipo de recipiente adecuado:	SI <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Entregado por:									Muestras dentro del periodo de análisis:	SI <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Recibido por:									Conservación de las muestras:	Frio <input checked="" type="checkbox"/> Ambiente <input type="checkbox"/>		

Completar el formulario en el dorso de la hoja

tabla para los ensayos de control de sanidad del agua. Fuente: DIGESA.

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>01</u>	
		Código de Laboratorio: _____	
LABORATORIO FISICO - QUIMICO			
Solicitante/Programa: TESIS: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE			
Origen de la Fuente: POZO TAJO ABIERTO		Punto de Muestreo: POZO LA PIEDRA	
Localidad: <u>—</u>		Fecha y Hora de Muestreo: <u>30/09/2024 3:20 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>		Fecha y Hora de Llegada Lab.:	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>		Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>		Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTOSIEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		Aguas: <u>SI</u> Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/ Parámetros:			

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>02</u>	
		Código de Laboratorio: _____	
LABORATORIO FISICO - QUIMICO			
Solicitante/Programa: TESIS: EVALUACION DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE			
Origen de la Fuente: POZO TAJO ABIERTO		Punto de Muestreo: POZO PARQUE CENTRAL	
Localidad: <u>—</u>		Fecha y Hora de Muestreo: <u>30/09/2024 4:08 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>		Fecha y Hora de Llegada Lab.:	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>		Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>		Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTOSIEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		Aguas: <u>SI</u> Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/Parámetros:			

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>06</u>	
		Código de Laboratorio: _____	
LABORATORIO FISICO - QUIMICO			
Solicitante/Programa: TESIS: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE			
Origen de la Fuente: POZO TUBULAR		Punto de Muestreo: POZO PRINCIPAL	
Localidad: <u>—</u>		Fecha y Hora de Muestreo: <u>01/10/2024 5:00 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>		Fecha y Hora de Llegada Lab.:	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>		Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>		Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTOSIEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		Aguas: <u>SI</u> Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/Parámetros:			

Etiqueta para los ensayos de control de sanidad de agua. Fuente: DIGESA.

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>03</u>
		Código de Laboratorio: _____
LABORATORIO FISICO - QUIMICO		
Solicitante/Programa: <u>TESIS: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE</u>		
Origen de la Fuente: <u>POZO TUDENAR</u>	Punto de Muestreo: <u>POZO PRINCIPAL</u>	
Localidad: <u>CASERIO LA GARTERA</u>	Fecha y Hora de Muestreo: <u>30/09/2024 5:13 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>	Fecha y Hora de Llegada Lab.: _____	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>	Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>	Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Aguas: <u>Si</u> Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/Parámetros:		

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>04</u>
		Código de Laboratorio: _____
LABORATORIO FISICO - QUIMICO		
Solicitante/Programa: <u>TESIS: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE</u>		
Origen de la Fuente: <u>POZO TAJO ABIERTO</u>	Punto de Muestreo: <u>POZO SR. NICOLAS VALDEA</u>	
Localidad: <u>CASERIO LA GARTERA</u>	Fecha y Hora de Muestreo: <u>30/09/2024 5:30 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>	Fecha y Hora de Llegada Lab.: _____	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>	Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>	Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Aguas: <u>Si</u> Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/Parámetros:		

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>05</u>
		Código de Laboratorio: _____
LABORATORIO FISICO - QUIMICO		
Solicitante/Programa: <u>TESIS: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUA SUBTERRANEAS MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE</u>		
Origen de la Fuente: <u>POZO TAJO ABIERTO</u>	Punto de Muestreo: <u>POZO SR. ENRIQUE SANDOVAL</u>	
Localidad: <u>CASERIO LA GARTERA</u>	Fecha y Hora de Muestreo: <u>30/09/2024 5:38 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>	Fecha y Hora de Llegada Lab.: _____	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>	Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>	Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Aguas: <u>Si</u> Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/Parámetros:		

Etiqueta para los ensayos de control de sanidad del agua. Fuente: DIGESA.

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>07</u>
		Código de Laboratorio: _____
LABORATORIO FISICO - QUIMICO		
Solicitante/Programa: <u>TESIS: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS</u> <u>MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE</u>		
Origen de la Fuente: <u>POZO TAYO ABIERTO</u>	Punto de Muestreo: <u>POZO PARQUE CENTRAL</u>	
Localidad: <u>CASERIO CRUZ DEL MEDANO</u>	Fecha y Hora de Muestreo: <u>01/10/2024 5:57 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>	Fecha y Hora de Llegada Lab.:	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>	Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>	Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Aguas: <u>Si</u>	Sólidos: _____ Otros: _____
Observaciones/ Parámetros:		

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>08</u>
		Código de Laboratorio: _____
LABORATORIO FISICO - QUIMICO		
Solicitante/Programa: <u>TESIS: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS</u> <u>MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE</u>		
Origen de la Fuente: <u>POZO TUBULAR</u>	Punto de Muestreo: <u>POZO N° 1 ANTIGUO</u>	
Localidad: <u>CASERIO CRUZ DEL MEDANO</u>	Fecha y Hora de Muestreo: <u>01/10/2024 5:26 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>	Fecha y Hora de Llegada Lab.:	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>	Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>	Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Aguas: <u>Si</u>	Sólidos: _____ Otros: _____
Observaciones/Parámetros:		

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: <u>09</u>
		Código de Laboratorio: _____
LABORATORIO FISICO - QUIMICO		
Solicitante/Programa: <u>TESIS: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS</u> <u>MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO DE CHORISA INTEGRIFOLIA ULBE</u>		
Origen de la Fuente: <u>POZO TUBULAR</u>	Punto de Muestreo: <u>POZO N° 2 PROYECTO NUEVO</u>	
Localidad: <u>CASERIO CRUZ DEL MEDANO</u>	Fecha y Hora de Muestreo: <u>01/10/24 5:39 PM</u>	
Distrito: <u>MORROPPE</u>	Fecha y Hora de Llegada Lab.:	
Provincia: <u>LAMBAYEQUE</u>	Cantidad de Muestra: <u>1000 ml</u>	
Departamento: <u>LAMBAYEQUE</u>	Muestreador: <u>LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE</u>	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Aguas: <u>Si</u>	Sólidos: _____ Otros: _____
Observaciones/Parámetros:		

Etiquetas para los ensayos de control de sanidad del agua. **Fuente:** DIGESA.

Resultados de los 9 ensayos para saber la cantidad de arsénico que tiene cada pozo



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-342

DATOS GENERALES

SOLICITANTE	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TELÉFONO	:	946412137
E-MAIL	:	suclupesantistebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	:	LAMBAYEQUE
RUC / DNI	:	76954285
DEPARTAMENTO	:	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	:	LAMBAYEQUE
DISTRITO	:	MORROPE
CASERÍ ANEXO	:	NO ESPECÍFICA
LUGAR DE MUESTREO	:	MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	:	POZO PRINCIPAL
MUESTREADO POR	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	:	01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML
FECHA DE MUESTREO	:	martes 1 de Octubre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	:	MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	RESULTADOS
ARSÉNICO	Método 3120-B, APHA,AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0.31

R.E. = Resolución Equipo. L. D. = Límite mínimo de detección del método. U.D. = Unidad de Medida. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Físicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

"La información resaltada en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, lo cual deslga al laboratorio de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".

Los resultados presentados son validos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG
Mg. LILY DEL PILAR JUÁREZ COSTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untram.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-337

DATOS GENERALES

SOLICITANTE	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TELÉFONO	:	946412137
E-MAIL	:	suclupesantistebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	:	LAMBAYEQUE
RUC / DNI	:	76954285
DEPARTAMENTO	:	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	:	LAMBAYEQUE
DISTRITO	:	MORROPE
CASERÍ ANEXO	:	NO ESPECÍFICA
LUGAR DE MUESTREO	:	MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	:	POZO PARQUE CENTRAL
MUESTREADO POR	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	:	01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML
FECHA DE MUESTREO	:	lunes 30 de Setiembre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	:	MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	RESULTADOS
ARSÉNICO	Método 3120-B; APHA,AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0.22

R.E = Resolución Equipo. L. D.= Límite mínimo de detección del método. U.D.= Unidad de Medida. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Físicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

"La información resaltada en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, lo cual desliga al laboratorio de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

Mg. LILY DEL PILAR JUÁREZ CONTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-oes.edu.pe



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-341

DATOS GENERALES

SOLICITANTE	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TELÉFONO	:	946412137
E-MAIL	:	suclupesantiestebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	:	LAMBAYEQUE
RUC / DNI	:	76954285
DEPARTAMENTO	:	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	:	LAMBAYEQUE
DISTRITO	:	MORROPE
CASERÍ ANEXO	:	NO ESPECÍFICA
LUGAR DE MUESTREO	:	MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	:	POZO LA PIEDRA
MUESTREADO POR	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	:	01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML
FECHA DE MUESTREO	:	lunes 30 de Setiembre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	:	MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	RESULTADOS
ARSÉNICO	Método 3120-B, APHA, AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0.26

R.E. = Resolución Equipo. L. D. = Límite mínimo de detección del método. U.D. = Unidad de Medida. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Fisicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES
----------------------	--------------------------

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

"La información resaltada en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, lo cual desliga al laboratorio de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

MR. LILY DEL PILAR JUÁREZ CONTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-343

DATOS GENERALES

SOLICITANTE	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TELÉFONO	:	946412137
E-MAIL	:	suclupesantiestebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	:	LAMBAYEQUE
RUC / DNI	:	76954285
DEPARTAMENTO	:	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	:	LAMBAYEQUE
DISTRITO	:	MORROPE
CASERÍ ANEXO	:	CRUZ DEL MEDANO
LUGAR DE MUESTREO	:	MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	:	POZO PARQUE CENTRAL
MUESTREADO POR	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	:	01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML
FECHA DE MUESTREO	:	martes 1 de Octubre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	:	MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	RESULTADOS
ARSENICO	Método 3120-B; APHA,AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0.29

R.E. = Resolución Equipo. L. D. = Límite mínimo de detección del método. U. D. = Unidad de Medida. MB= Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Físicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

"La información resaltada en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, lo cual desliga al laboratorio de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

Mg. LILY DEL PILAR JUAREZ CONTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-339

DATOS GENERALES	
SOLICITANTE	: LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TELÉFONO	: 946412137
E-MAIL	: suclupesantiestebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	: LAMBAYEQUE
RUC / DNI	: 76954285
DEPARTAMENTO	: LAMBAYEQUE
PROVINCIA	: LAMBAYEQUE
DISTRITO	: MORROPE
CASERÍ ANEXO	: CRUZ DEL MEDANO
LUGAR DE MUESTREO	: MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	: POZO N°1
MUESTREO POR	: LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	: 01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML
FECHA DE MUESTREO	: martes 1 de Octubre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	: jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	: jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	: MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS				
PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	RESULTADOS
ARSÉNICO	Método 3120-B; APHA, AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0.29

R.E. = Resolución Equipo. L. D. = Límite mínimo de detección del método. U. D. = Unidad de Medida. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Fisicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES
---------------	-------------------

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

"La información resaltada en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, lo cual deslga al labotario de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".

Los resultados presentados son validos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

Mg. LILY DEL PILAR JUAREZ CONTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-340

DATOS GENERALES

SOLICITANTE	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TELÉFONO	:	946412137
E-MAIL	:	suclupesantiestebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	:	LAMBAYEQUE
RUC / DNI	:	76954285
DEPARTAMENTO	:	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	:	LAMBAYEQUE
DISTRITO	:	MORROPE
CASERÍ ANEXO	:	CRUZ DEL MEDANO
LUGAR DE MUESTREO	:	MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	:	POZO N° 2 PROYECTO NUEVO
MUESTREO POR	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	:	01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML
FECHA DE MUESTREO	:	martes 1 de Octubre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	:	MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	RESULTADOS
ARSÉNICO	Método 3120-B, APHA, AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0.30

R.E. = Resolución Equipo. L. D. = Límite mínimo de detección del método. U.D. = Unidad de Medida. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Físicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

"La información resaltada en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, lo cual desliga al laboratorio de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

Mg. LILY DEL PILAR JUÁREZ CONTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-344

DATOS GENERALES

SOLICITANTE	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TELÉFONO	:	946412137
E-MAIL	:	suclupesantiestebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	:	LAMBAYEQUE
RUC / DNI	:	76954285
DEPARTAMENTO	:	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	:	LAMBAYEQUE
DISTRITO	:	MORROPE
CASERÍ ANEXO	:	LAGARTERA
LUGAR DE MUESTREO	:	MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	:	POZO PRINCIPAL
MUESTREADO POR	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	:	01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML
FECHA DE MUESTREO	:	lunes 30 de Setiembre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	:	MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	RESULTADOS
ARSÉNICO	Método 3120-B, APHA-AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0.22

R.E. = Resolución Equipo. L. D. = Límite mínimo de detección del método. U.D. = Unidad de Medida. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Físicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

"La información resaltada en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, lo cual desliga al laboratorio de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

Mg. LILY DEL PILAR JUÁREZ CONTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-345

DATOS GENERALES

SOLICITANTE	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TELÉFONO	:	946412137
E-MAIL	:	suclupesantistebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	:	LAMBAYEQUE
RUC / DNI	:	76954285
DEPARTAMENTO	:	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	:	LAMBAYEQUE
DISTRITO	:	MORROPE
CASERÍ ANEXO	:	LAGARTERA
LUGAR DE MUESTREO	:	MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	:	POZO NICOLAS VALDERA
MUESTREADO POR	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	:	01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML.
FECHA DE MUESTREO	:	lunes 30 de Setiembre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	:	MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	RESULTADOS
ARSÉNICO	Método 3120-B; APHA,AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0.25

R.E. = Resolución Equipo. L. D. = Límite mínimo de detección del método. U. D. = Unidad de Medida. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Físicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES
----------------------	--------------------------

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

*"La información resaltada en **negrita** y **cursiva**, es información proporcionada por el cliente, lo cual desliza al laboratorio de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".*

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

Mg. LILY DEL PILAR JUÁREZ CONTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS



INFORME DE ENSAYO N° : LAB24-AA-338

DATOS GENERALES

SOLICITANTE	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
TÉLFONO	:	946412137
E-MAIL	:	suclupesantiestebanfernando@gmail.com
DOMICILIO LEGAL	:	LAMBAYEQUE
RUC / DNI	:	76954285
DEPARTAMENTO	:	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	:	LAMBAYEQUE
DISTRITO	:	MORROPE
CASERÍ ANEXO	:	SANTO DOMINGO
LUGAR DE MUESTREO	:	MORROPE
CÓDIGO DE MUESTRA DEL CLIENTE	:	POZO ENRIQUE SANDOVAL
MUESTREO POR	:	LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
MATRIZ	:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL- MANANTIAL
PRESENTACIÓN	:	01 ENVASE TRASLUCIDO DE 1000 ML
FECHA DE MUESTREO	:	lunes 30 de Setiembre de 2024
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
FECHA DE ANÁLISIS	:	jueves, 03 de Octubre de 2024
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	:	MP

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES

PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	RESULTADOS
ARSENICO	Método 3120-B; APHA,AWWA, WEF, 24th Ed. 2023 Método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	ppm As	<0,005	0,24

R.E. = Resolución Equipo. L. D. = Límite mínimo de detección del método. U. D. = Unidad de Medida. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Físicoquímico. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica

OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

"La información resultada en negra y cursiva, es información proporcionada por el cliente, lo cual deslga al labotario de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".

Los resultados presentados son validos únicamente para las muestras ensayadas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG
(Firma)
MB. LILY DEL PILAR JUAREZ CONTRERAS
RESPONSABLE

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
- CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° LEM USAT 018-2025-I

FECHA: 22 de Mayo 2025

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Luis Fernando Santisteban Suclupe

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de los niveles de arsénico en aguas subterráneas mediante carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Análisis de metales pesados totales del agua. Utilizando el método de ICP-OES

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT 



 TÉCNICO DE LABORATORIO
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



CONSTANCIA DE OPERATIVIDAD DE EQUIPOS

EL QUE SUSCRIBE, RESPONSABLE ANALISTA DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

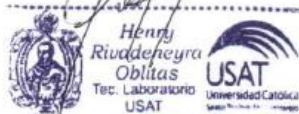
HACE CONSTAR

QUE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS SOLICITADOS POR EL SR. SANTIESTEBAN SUCLUPE LUIS FERMANDO TESISISTA DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO (USAT), SE ENCUENTRAN A LA FECHA OPERATIVOS, Y CUMPLIENDO CON LA VERIFICACIÓN NECESARIA PARA SU OPTIMA OPERATIVIDAD (PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE LA FIQIA), LOS CUALES SE DETALLAN A CONTINUACIÓN:

- ESTUFA MARCA BINDER MODELO FD115 SERIE 16-15920.
- PH -METRO MARCA HANNA INSTRUMENTS MODELO HI5221 SERIE 07260035101.
- BALANZA DE PRECISION MARA KERN MODELO FCB 12K1
- MOLINO MARCA IKA – WERKE MODELO M20
- ESPECTROFOTOMETRO DE PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO (ICP-OES) MARCA TELEDYNE MODELO PRODIGY 7.

SE EXPIDE LA PRESENTE A SOLICITUD DEL INTERESADO PARA LOS FINES RESPECTIVOS.


 Henry Rivas de Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT



Lambayeque, 20 de noviembre del 2024
 TÉCNICO DE LABORATORIO


 ING. CRISTIAN DAVID VISCONDE BELTRÁN

Responsable Analista del Laboratorio de Investigación y Servicios Técnicos



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N° 170 - FIQIA

1. DATOS DE CLIENTE:

- a) **NOMBRE** : LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE
 b) **PROYECTO** : Evaluación de los niveles de arsénico en aguas subterráneas mediante carbón activado de *Chorisia integrifolia ulbr*

2. DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras : 27
- Departamento / Provincia / Distrito, donde se realizó el monitoreo:
LAMBAYEQUE / LAMBAYEQUE / MÓRROPE

Nº	NOMBRE	CASERIO O ANEXO
1	Pozo principal purificado con 25 g. de carbón activado
2	Pozo la piedra purificado con 25 g. de carbón activado
3	Pozo parque central purificado con 25 g. de carbón activado
4	Pozo proyecto nuevo purificado con 25 g. de carbón activado	Cruz del Médano
5	Pozo parque central purificado con 25 g. de carbón activado	Cruz del Médano
6	Pozo N°1 antiguo nuevo purificado con 25 g de carbón activado	Cruz del Médano
7	Pozo SR. Enrique Sandoval purificado con 25 g.de carbón activado	Lagartera
8	Pozo SR. Nicolás Valdera purificado con 25 g. de carbón activado	Lagartera
9	Pozo principal purificado con 25 g. de carbón activado	Lagartera
10	Pozo principal purificado con 75 g. de carbón activado
11	Pozo principal purificado con 50 g. de carbón activado
12	Pozo la piedra purificado con 50 g. de carbón activado
13	Pozo parque central purificado con 50 g. de carbón activado
14	Pozo proyecto nuevo purificado con 50 g. de carbón activado	Cruz del Médano
15	Pozo parque central purificado con 50 g. de carbón activado	Cruz del Médano
16	Pozo N°1 antiguo nuevo purificado con 50 g. de carbón activado	Cruz del Médano
17	Pozo SR. Enrique Sandoval purificado con 50 g.de carbón activado	Lagartera
18	Pozo SR. Nicolás Valdera purificado con 50 g. de carbón activado	Lagartera
19	Pozo principal purificado con 50 g.de carbón activado	Lagartera
20	Pozo la piedra purificado con 75 g. de carbón activado
21	Pozo parque central purificado con 75 g. de carbón activado
22	Pozo proyecto nuevo purificado con 75 g. de carbón activado	Cruz del Médano
23	Pozo parque central purificado con 75 g. de carbón activado	Cruz del Médano
24	Pozo N°1 antiguo nuevo purificado con 75 g. de carbón activado	Cruz del Médano
25	Pozo SR. Enrique Sandoval purificado con 75 g.de carbón activado	Lagartera
26	Pozo SR. Nicolás Valdera purificado con 75 g. de carbón activado	Lagartera
27	Pozo principal purificado con 75 g. de carbón activado	Lagartera



TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



3. RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	LCM*	1 (mg/L)	2 (mg/L)	3 (mg/L)	4 (mg/L)	5 (mg/L)	6 (mg/L)
Plata (Ag)	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	0.023	1.079	2.303	0.6333	0.9544	1.196	0.7061
Arsénico (As)	0.005	0.0489	0.0066	0.0339	0.0634	0.0314	0.0874
Boro (B)	0.026	0.2576	0.3373	0.2962	0.1906	0.732	0.2147
Bario (Ba)	0.004	0.0409	0.0355	0.062	0.011	0.0387	0.0098
Berilio (Be)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	0.124	59.19	63.36	112.1	11.54	90.95	16.25
Cadmio (Cd)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cerio (Ce)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	0.003	0.0455	0.0642	0.0397	0.0366	0.035	0.0249
Cobre (Cu)	0.018	<LCM	0.0576	0.0522	0.0512	0.0572	0.032
Hierro (Fe)	0.023	0.1188	0.3245	0.0982	0.1387	0.1454	0.0748
Potasio (K)	0.051	9.757	12.71	8.66	4.857	9.141	5.193
Litio (Li)	0.005	0.0387	0.0199	0.0097	0.0094	0.0234	0.0095
Magnesio (Mg)	0.019	43.46	30.62	48.05	10.25	52.9	11.21
Manganeso (Mn)	0.003	0.0785	0.1326	0.077	0.0289	0.1058	0.0359
Molibdeno (Mo)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	0.004	<LCM	0.0071
Sodio (Na)	0.026	435.8	292.2	585.2	200.1	606	136.3
Niquel (Ni)	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	0.024	63.3	98.16	82.32	64.6	60.93	40.88
Plomo (Pb)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Azufre (S)	0.091	82.95	71.49	94.29	49.23	129.9	35.72
Antimonio (Sb)	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	0.007	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	0.104	8.02	9.111	9.696	13.73	13.8	11.84
Estaño (Sn)	0.007	0.012	0.0142	<LCM	0.0085	<LCM	0.0077
Estroncio (Sr)	0.003	1.221	0.7242	0.6964	0.1232	1.201	0.1948
Titanio (Ti)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	0.0048	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	0.004	0.0106	0.0086	0.0075	0.0059	0.0137	0.0045
Zinc (Zn)	0.018	0.0612	0.0873	0.0522	0.0355	0.0577	0.0258
Silíce (SiO ₂)	0.2225	27.155	19.488	20.740	29.368	29.518	25.326



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



PARÀMETRO	LCM*	7 (mg/L)	8 (mg/L)	9 (mg/L)	10 (mg/L)	11 (mg/L)	12 (mg/L)
Plata (Ag)	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	0.023	0.95	0.7335	1.802	5.441	0.6547	2.898
Arsénico (As)	0.005	0.0576	0.057	0.0551	0.0248	0.042	0.0045
Boro (B)	0.026	0.2764	0.3004	0.2638	0.2296	0.2444	0.3647
Bario (Ba)	0.004	0.0131	0.0048	0.024	0.0362	0.0432	0.0463
Berilio (Be)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	0.124	24.81	5.424	43.81	48.34	57.19	73.93
Cadmio (Cd)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cerio (Ce)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	0.003	0.0322	0.0298	0.0424	0.1025	0.0276	0.0924
Cobre (Cu)	0.018	0.0316	0.033	<LCM	<LCM	<LCM	0.0369
Hierro (Fe)	0.023	0.1187	0.06	0.208	0.7255	0.113	0.2981
Potasio (K)	0.051	4.294	3.556	10.4	15.27	16.54	16.68
Litio (Li)	0.005	<LCM	0.0067	0.0176	0.0134	0.0418	0.0102
Magnesio (Mg)	0.019	14.28	4.364	34.15	24.77	21.34	25.27
Manganeso (Mn)	0.003	0.0289	0.0137	0.1011	0.2251	0.175	0.164
Molibdeno (Mo)	0.002	0.0068	0.009	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	0.026	136	178.7	328.6	173.9	449.3	239.3
Niquel (Ni)	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	0.024	69	52.57	70.13	160.2	41.51	149.5
Plomo (Pb)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Azufre (S)	0.091	57.73	56.76	61.78	34.78	76.48	67.15
Antimonio (Sb)	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.0055
Selenio (Se)	0.007	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	0.104	12.19	18.26	13.78	11.79	7.55	9.932
Estaño (Sn)	0.007	0.0082	<LCM	0.014	0.0313	0.0073	0.035
Estroncio (Sr)	0.003	0.1798	0.0625	0.5242	0.4347	1.074	0.4346
Titanio (Ti)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	0.004	<LCM	<LCM	0.0092	0.0076	0.0095	0.0072
Zinc (Zn)	0.018	0.0297	0.0271	0.0326	0.7042	0.0654	0.0643
Sílice (SiO ₂)	0.2225	26.074	39.058	29.475	25.219	26.149	21.245



[Handwritten Signature]
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



PARÁMETRO	LCM*	13 (mg/L)	14 (mg/L)	15 (mg/L)	16 (mg/L)	17 (mg/L)	18 (mg/L)
Plata (Ag)	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	0.023	2.957	2.466	4.345	7.531	6.287	5.978
Arsénico (As)	0.005	0.026	0.0518	0.0268	0.0731	0.0189	0.0135
Boro (B)	0.026	0.3006	0.2047	0.9333	0.2754	0.3319	0.3344
Bario (Ba)	0.004	0.092	0.0194	0.0765	0.0621	0.0283	0.0227
Berilio (Be)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	0.124	131.6	24.11	136	86.7	57.53	31.06
Cadmio (Cd)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cerio (Ce)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	0.003	0.081	0.0664	0.0824	0.1266	0.0977	0.116
Cobre (Cu)	0.018	0.0307	0.0322	0.0198	0.029	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	0.023	0.3452	0.277	0.5335	1.067	0.8701	0.7393
Potasio (K)	0.051	54.46	10.73	66.03	32.65	36.36	13.86
Litio (Li)	0.005	0.011	0.0108	0.0239	0.0156	0.0117	0.0091
Magnesio (Mg)	0.019	56.22	16.03	71.1	50.09	32.36	21.23
Manganeso (Mn)	0.003	0.2093	0.0947	0.2763	0.3637	0.2014	0.1469
Molibdeno (Mo)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	0.026	694	217.7	714.9	307.2	151	195.2
Niquel (Ni)	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	0.024	155.3	110.8	149.6	216.3	181.3	188
Plomo (Pb)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Azufre (S)	0.091	97.45	50.05	159.2	52.66	62.6	57.79
Antimonio (Sb)	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	0.0055	0.0057	<LCM
Selenio (Se)	0.007	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	0.104	9.706	14.22	16.63	15.69	13.13	18.96
Estaño (Sn)	0.007	0.0306	0.0286	0.032	0.0483	0.0393	0.0429
Estroncio (Sr)	0.003	0.7424	0.164	1.423	0.5976	0.3107	0.1816
Titanio (Ti)	0.004	<LCM	0.006	<LCM	0.0062	0.0063	0.0109
Talio (Tl)	0.003	<LCM	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	0.004	0.0088	0.0072	0.0179	0.0138	0.0095	0.007
Zinc (Zn)	0.018	0.094	0.065	0.0962	0.2601	0.0817	0.0311
Sílice (SiO ₂)	0.2225	26.761	30.417	35.572	33.561	28.085	40.555



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



PARÀMETRO	LCM*	19 (mg/L)	20 (mg/L)	21 (mg/L)	22 (mg/L)	23 (mg/L)	24 (mg/L)
Plata (Ag)	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	0.023	6.121	5.163	3.137	2.947	2.329	5.52
Arsénico (As)	0.005	0.033	0.0013	0.0142	0.0167	0.0106	0.0264
Boro (B)	0.026	0.2218	0.2712	0.3465	0.293	0.1955	0.9193
Bario (Ba)	0.004	0.0376	0.0878	0.0555	0.09	0.0145	0.0796
Berilio (Be)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	0.124	45.34	81.71	72.25	124.3	69.2	135.2
Cadmio (Cd)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cerio (Ce)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	0.002	<LCM	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	0.0028
Cromo (Cr)	0.003	0.1084	0.0852	0.0962	0.0769	0.0688	0.0988
Cobre (Cu)	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	0.023	0.1767	0.8474	0.3361	0.3459	0.2616	0.694
Potasio (K)	0.051	16.9	19.74	11.52	50.73	8.803	18.09
Litio (Li)	0.005	0.0091	0.0413	0.0095	0.0104	0.0099	0.0214
Magnesio (Mg)	0.019	22.34	53.04	24.47	34.09	14.45	69.02
Manganeso (Mn)	0.003	0.2702	0.3106	0.157	0.1815	0.0774	0.2902
Molibdeno (Mo)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	0.026	116.4	450.7	225.1	192.8	199.6	684.8
Niquel (Ni)	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	0.024	181.4	175.9	150.3	141.3	104.7	162.5
Plomo (Pb)	0.004	<LCM	0.0415	<LCM	<LCM	<LCM	0.0112
Azufre (S)	0.091	29.54	76.86	65.27	94.63	49.32	146.9
Antimonio (Sb)	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	0.007	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	0.104	12.49	7.884	9.712	9.586	13.89	16.27
Estaño (Sn)	0.007	0.0386	0.0225	0.0358	0.0319	0.0314	0.0369
Estroncio (Sr)	0.003	0.2424	1.373	0.4447	0.7008	0.1467	1.473
Titanio (Ti)	0.004	<LCM	0.0055	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	0.004	0.0102	0.012	0.0077	0.0095	0.0069	0.0175
Zinc (Zn)	0.018	0.0292	0.0526	<LCM	0.0445	<LCM	0.0331
Sílice (SiO ₂)	0.2225	26.716	16.864	20.774	20.504	29.711	34.802

LABORATORIO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN
USAT



[Handwritten Signature]
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



PARÀMETRO	LCM*	25 (mg/L)	26 (mg/L)	27 (mg/L)
Plata (Ag)	0.019	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	0.023	11.17	6.246	7.249
Arsénico (As)	0.005	0.0106	0.012	0.0191
Boro (B)	0.026	0.3047	0.3112	0.3445
Bario (Ba)	0.004	0.0883	0.0305	0.0281
Berilio (Be)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	0.016	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	0.124	88.32	52.88	37.13
Cadmio (Cd)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM
Cerio (Ce)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	0.002	0.002	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	0.003	0.1612	0.1087	0.1311
Cobre (Cu)	0.018	<LCM	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	0.023	1.509	0.7812	0.8674
Potasio (K)	0.051	30	16.78	15.71
Litio (Li)	0.005	0.0151	0.0077	0.0097
Magnesio (Mg)	0.019	55.2	28.2	25.08
Manganeso (Mn)	0.003	0.4772	0.1802	0.2033
Molibdeno (Mo)	0.002	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	0.026	309.5	139.3	198.7
Niquel (Ni)	0.006	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	0.024	265.5	166.5	215.9
Plomo (Pb)	0.004	0.0171	0.0087	<LCM
Azufre (S)	0.091	51.98	57.39	55.84
Antimonio (Sb)	0.005	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	0.007	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	0.104	15.44	12.51	18.61
Estaño (Sn)	0.007	0.0599	0.0394	0.0454
Estroncio (Sr)	0.003	0.6936	0.296	0.2156
Titanio (Ti)	0.004	0.008	0.0086	<LCM
Talio (Tl)	0.003	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	0.004	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	0.004	0.015	0.008	0.009
Zinc (Zn)	0.018	0.0589	0.0246	0.0222
Sílice (SiO ₂)	0.2225	33.026	26.759	29.807

*LCM Limite Cuantificable Mìnimo

METODOLOGÍA EPA 200.7



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



4. ALCANCE

- Se estabilizo el pH a 2.00 y se leyó directamente por ICP-OES (marca TELEDYNE LEEMAN LABS /modelo PRODIGY 7).

Firma		Firma	 Cristian David Visconde Beltrán INGENIERO QUÍMICO REG. GIP. 111172
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Ing. Cristian David Visconde Beltrán
Fecha de Reporte		03 de Diciembre del 2024	



LIST

QUINTEROS VILCHEZ MARILYN CATHERINE

INGENIERO

MZA. 38 LOTE. 47 SEC. PROGRESO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - PUCALA

TELÉFONO:

R.U.C. 10466545240

RECIBO POR HONORARIOS ELECTRONICO

Nro: E001- 16

Recibí de: LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE

Identificado con DNI número 76954285

Forma de Pago: AL CONTADO

La suma de: UN MIL CIENTO SESENTA Y DOS Y 00/100 SOLES

Por concepto de ANALISIS DE METALES PESADOS

Observación

Inciso A DEL ARTÍCULO 33 DE LA LEY DEL IMPUESTO A LA RENTA

Fecha de emisión 28 de Noviembre del 2024

Total por honorarios: 1,162.00

Retención (8 %) IR: (0.00)

Total Neto Recibido: 1,162.00 SOLES



VISCONDE BELTRAN CRISTIAN DAVID

CAL. VIRREY TOLEDO NRO. 337 URB. LATINA LAMBAYEQUE - CHICLAYO -
JOSE LEONARDO ORTIZ

TELÉFONO: -

R.U.C. 10419054262

RECIBO POR HONORARIOS ELECTRONICO

Nro: E001- 21

Recibí de: LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE

Identificado con DNI número 76954285

Forma de Pago: AL CONTADO

La suma de: UN MIL CIENTO SESENTA Y UNO Y 00/100 SOLES

Por concepto de ANALISIS DE METALES PESADOS

Observación

Inciso A DEL ARTICULO 33 DE LA LEY DEL IMPUESTO A LA RENTA

Fecha de emisión 28 de Noviembre del 2024

Total por honorarios: 1,161.00

Retención (8 %) IR: (0.00)

Total Neto Recibido: 1,161.00 SOLES



ARROYO SANCHEZ ALFREDO LUIS

JR. SARGENTO LORES NRO. SN AMAZONAS BAGUA BAGUA

TELÉFONO:

R.U.C. 10410025359
RECIBO POR HONORARIOS ELECTRONICO
Nro: E001- 18

Recibi de: LUIS FERNANDO SANTISTEBAN SUCLUPE

Identificado con DNI número 76954285

Forma de Pago: AL CONTADO

La suma de: NOVECIENTOS DIECISIETE Y 00/100 SOLES

Por concepto de ANALISIS DE METALES PESADOS

Observación

Inciso A DEL ARTÍCULO 33 DE LA LEY DEL IMPUESTO A LA RENTA

Fecha de emisión 28 de Noviembre del 2024

Total por honorarios: 917.00

Retención (8 % IR): (0.00)

Total Neto Recibido: 917.00 SOLES



CONFORMIDAD DE ASESOR
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Chiclayo, 21 de mayo del 2025.

Señores:

DOCENTE DE LA ASIGNATURA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DOCENTE COORDINADOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT

Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: **Evaluación de los niveles de arsénico en aguas subterráneas mediante carbón activado de *Chorisia integrifolia* ulbr**

presentado por el estudiante **Luis Fernando Santisteban Suclupe**

de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



Dr. Wilmer Moisés Zelada Zamora