



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**DISEÑO DE UN FILTRO CON BIOCARBON, ARENA FINA, Y GRAVA, PARA
EL TRATAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE CONSUMO HUMANO
EN LA CIUDAD DE JULIACA**

PRESENTADA POR:

FRANCELY CELESTE MULLISACA TORRES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA
TESIS



**DISEÑO DE UN FILTRO CON BIOCARBÓN, ARENA FINA, Y GRAVA, PARA
EL TRATAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE CONSUMO HUMANO
EN LA CIUDAD DE JULIACA**

PRESENTADA POR:

FRANCELY CELESTE MULLISACA TORRES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

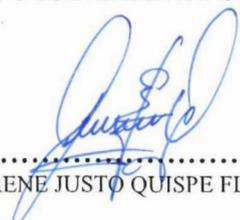
PRESIDENTE:


.....
Dra. LIDIA ENSUEÑO ROMERO IRURI

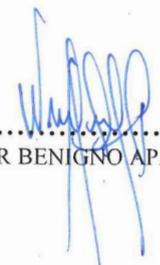
PRIMER MIEMBRO:


.....
M.Sc. OSWALDO LUZVER MAYNAS CONDORI

SEGUNDO MIEMBRO:


.....
M.Sc. RENE JUSTO QUISPE FLORES

DIRECTOR / ASESOR:


.....
PhD. WALTHER BENIGNO APARICIO ARAGON

Puno, 22 de diciembre de 2022

Área : Investigación
Tema : Ingeniería química
Línea : Recursos Naturales y Medio Ambiente



DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios porque él es quien me ha guiado en la dirección correcta, me ha dado la fuerza para seguir adelante y no me ha defraudado ante situaciones potencialmente adversas. A mis padres Francisca Neri y Marcos, por su comprensión y ayuda en las buenas y en las malas quienes me enseñaron a enfrentar la adversidad sin rendirme. Me dieron todo lo que soy, mis valores, mis principios, mi constancia y mi compromiso. Para mi amado hijo, Edikvander, quien vino a este mundo para darme la máxima motivación, definitivamente es mi referencia para el presente y el futuro. Para mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano, quien, ha sido mi mentor y maestro de la sabiduría de la ciencia y la ingeniería.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios porque Él ha sido quien me ha guiado por el sendero correcto, brindándome la fuerza para seguir adelante y no tropezar en las situaciones adversas de la vida. A mis padres Marcos y Francisca, al PhD Walter Aparicio Aragón, director de tesis y jurados, por sus valiosos consejos y orientación para la realización de la misma. A la Universidad Nacional del Altiplano a la Facultad de Ingeniería Química, y a los docentes que la integran. Por la formación profesional.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
INDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
INDICE DE ACRÓNIMOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	2
1.1.1 Filtros	2
1.1.2 Filtración lenta y rápida	2
1.1.3 Filtración del agua	3
1.1.4 Mecanismos de filtración	3
1.1.5 Factores que influyen en la filtración	3
1.1.6 Agua subterránea	4
1.1.7 Carbón activado	5
1.1.7.1 Generalidades del carbón activo	5
1.1.7.1 Propiedades	6
1.1.8 Métodos de activación	6
1.1.9 Activación física o térmica.	7
1.1.10 Activación química	7
1.1.11 La Activación química con H ₃ PO ₄ :	8
1.1.11.1 Celulosa	9
1.1.11.2 Hemicelulosa	9



1.1.11.3 Lignina	10
1.1.12 La activación química con KOH:	10
1.1.13 Tipos de carbones activados	11
1.1.13.1 Carbón activado pulverizado	11
1.1.14 Propiedades fisicoquímicas del carbón	12
1.1.14.1 Capacidad de adsorción	12
1.1.14.2 Contenido de humedad	12
1.1.14.3 Ceniza/material volátil:	12
1.1.14.4 Carbono fijo:	13
1.1.14.5 Densidad aparente	13
1.1.15 Mecanismos de adsorción del carbón activado	14
1.1.15.1 Tipos de poros dentro de una partícula de carbón	14
1.1.16 Propiedades y condiciones que afectan la adsorción en carbón activado	15
1.2 Antecedentes	15

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema	24
2.2 Enunciado del problema	25
2.2.1 Problema general	25
2.3 Justificación	25
2.4 Objetivos	26
2.4.1 Objetivo general	26
2.4.2 Objetivos específicos	26
2.5 Hipótesis	26
2.5.1 Hipótesis general	26
2.5.2 Hipótesis específicas	27

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio	28
3.2 Población	29
3.2.1 Mapa de zonificación de cobertura de agua potable y desagüe	29



3.3 Muestra	30
3.4 Tipo de investigación	32
3.5 Diseño De La Investigación	32
3.6 Método de investigación	33
3.7 Metodología para el primer objetivo específico	33
3.7.1 Materiales	33
3.7.2 Equipos	33
3.7.3 Reactivos:	33
3.7.4 Elaboración de carbón activado	34
3.7.4.1 Activación química	34
3.7.4.2 Caracterización de la materia prima	35
3.7.5 Diagrama de flujo de la obtención del carbón activado	37
3.8 Metodología para el segundo objetivo específico	38
3.8.1 Determinación de la concentración de aluminio método HACH-8326	38
3.8.1.1 Reactivos	38
3.8.1.2 Procedimiento	38
3.8.2 Determinación de la conductividad	39
3.8.2.1 Reactivos	40
3.8.2.2 Procedimiento	40
3.8.3 Determinación de sólidos totales disueltos	41
3.8.3.1 Procedimiento	41
3.9 Metodología para el Tercer objetivo específico	41
3.9.1 Para determinar el porcentaje de remoción se usará la siguiente fórmula:	41
3.10 Metodología para el objetivo general	42
3.10.1 Diseño del filtro	42
3.10.1.1 Caudal	42
3.10.1.2 Área transversal	42
3.10.1.3 Velocidad de filtración	42
3.10.1.4 Tiempo de retención	43
3.10.1.5 Área del lecho de la columna de filtración	43
3.10.1.6 Longitud del Filtro	43



3.10.1.7 Ancho del Filtro	44
3.10.2 Dosificación del filtro	44
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Resultados según el primer objetivo específico	45
4.1.1 Elaboración del carbón activado	45
4.1.2 Análisis químico proximal	45
4.1.3 Microscopia electrónica de barrido	46
4.1.4 Características de la materia prima	48
4.2 Resultados según el segundo objetivo específico	49
4.3 Resultados según el tercer objetivo específico	50
4.3.1 Dosificación de filtros	50
4.3.2 Concentraciones finales de aluminio después del tratamiento	51
4.3.3 Porcentaje de remoción del aluminio	52
4.3.4 Resultado de análisis fisicoquímico	52
4.4 Resultados del objetivo general	54
4.4.1 Combinación de filtro 1	55
4.4.2 Combinación de filtro 2	56
4.4.3 Combinación de filtro 3	56
4.5 Análisis estadístico	56
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	65



INDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Tipos de carbones activados	11
2. Tamaño de poros del biocarbon	14
3. Coordenadas UTM Ciudad de Juliaca	28
4. Coordenadas UTM Jr. Calixto Arestegui 978	31
5. Dosificación del filtro	44
6. Análisis químico proximal del biocarbon de residuos vegetales	45
7. Características de la materia prima	48
8. Caracterizar la conductividad, stds, y concentración de aluminio de agua subterránea antes del tratamiento	49
9. Dosificación de filtros	50
10. Resultado de análisis de aluminio	51
11. Diseño de un filtro con biocarbon con grava y arena fina	55
12. Combinación filtro N°1	55
13. Combinación filtro N°2	56
14. Combinación N°3	56
15. Coeficientes estadísticos	57
16. Análisis de Varianza	57



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Comparación la estructura del grafito y las capas del carbón activado	6
2. Boceto de la macromolécula de la celulosa	9
3. Boceto de la macromolécula de la hemicelulosa	9
4. Boceto de la macromolécula de la lignina	10
5. Cobertura del servicio de agua potable	29
6. Cobertura del servicio público de desagüe	30
7. Mapa de zonificación de la ciudad de Juliaca	30
8. Mapa de zonificación donde se tomó la muestra	32
9. Diagrama de flujo de obtención del biocarbon	37
10. Análisis de espectroscopia de barrido electrónica del biocarbon	47
11. Concentraciones finales de aluminio después del tratamiento	51
12. Porcentaje de remoción del aluminio	52
13. Resultado de los análisis fisicoquímicos filtro N°1	53
14. Resultado de los análisis fisicoquímicos filtro N°2	53
15. Resultado de los análisis fisicoquímicos filtro N°3	54
16. Grafico del modelo ajustado	58



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Residuos Vegetales	65
2. Calcinado e Impregnado de los Residuos Vegetales	66
3. Biocarbon De Residuos Orgánicos	67
4. Tamizado de la grava	68
5. Lavado de la grava	68
6. Preparación de Los filtros	69
7. Filtros De Diferentes Dosificaciones	70
8. Análisis de agua subterránea INLASA-La Paz Bolivia	71
9. Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua subterránea FIQ-UNAP	74
10. Análisis de microscopía electrónica de barrido MEB-UNSA-Arequipa	75



INDICE DE ACRÓNIMOS

- ANA: Autoridad Nacional del Agua
- AQ: Adsorción química
- CE: Conductividad eléctrica
- Q: Capacidad de Adsorción
- q_c : Capacidad de adsorción en mg de As / g de carbón activado
- CO: Concentración inicial en mg /L
- Cf: Concentración final
- V: Volumen de la muestra en L
- M: masa del material absorbente usado.
- W_e =peso del precursor antes de la carbonización
- W_s =peso del carbón obtenido
- %R=porcentaje de rendimiento
- Q= Caudal Volumétrico
- V_0 = Volumen
- t= tiempo
- V_f = Velocidad
- Q= Caudal
- A_t = Área Transversal
- D= Diámetro
- A= Área
- Q= (cantidad del agua)
- V_o agua= Velocidad del agua
- MEB= Microscopia electrónica de barrido

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional del Altiplano, en la ciudad de Juliaca, una parte importante de la población no cuenta con agua potable y saneamiento, debido al crecimiento demográfico, obligando a utilizar aguas subterráneas, pero esta no cuenta con un sistema de filtración adecuado, ni un sistema de monitoreo que asegure la calidad del agua que consumen. Por lo tanto, las estrategias para eliminarlos son imprescindible en la investigación. Por ello, el objetivo de este trabajo fue diseñar un filtro a base de biocarbon, arena fina y grava para el tratamiento de aguas subterráneas de consumo humano, caracterizar stds, conductividad, concentración de aluminio antes del tratamiento y evaluar la eficiencia del filtro. El primer método utilizado fue elaborar el biocarbon que se activó con H_3PO_4 al 85% como agente impregnante, el biocarbon resulto de gran superficie de contacto y una porosidad que varía de entre 18,35 – 64,74 μm y 58,8% carbono, 32,39% oxígeno y 6,92% fósforo las cuales fueron analizados en los laboratorios MEB de la UNSA, posteriormente se caracterizaron la conductividad, stds, y concentración de aluminio de agua subterránea antes del tratamiento, los cuales resultaron, 1013 $\mu S/cm$, 154,50mg/L 0,17 mg/L respectivamente, finalmente se diseñó el filtro N°1 (80%), filtro N°2 (30%), filtro N°3 (15%) con un área de 50,26 cm^2 y un volumen de 904,77 cm^3 con un caudal de 0,08 L/min, , velocidad de filtración 1,59 cm/min, tiempo de retención 11,3 minutos. Se realizaron pruebas de filtración para evaluar la eficiencia del filtro con biocarbon, los resultados indican que el filtro N°1 (80%) obtuvo un porcentaje de remoción de 91,17% del aluminio, el filtro N°2 (50%), removió 95,8% de aluminio siendo este el más efectivo y el filtro N°3 (30%) donde el porcentaje de remoción aluminio fue 95,2% estos análisis se obtuvieron en INLASA la Paz Bolivia.

Palabras clave: Agua subterránea, arena fina, biocarbon, diseño de filtro, grava.

ABSTRACT

The research was carried out at the National University of the Altiplano, in the city of Juliaca, an important part of the population does not have drinking water and sanitation, due to population growth, forcing the use of groundwater, but it does not have a adequate filtration system, nor a monitoring system that ensures the quality of the water that is consumed. Therefore, strategies to eliminate them are essential in research. Therefore, the objective of this work was to design a filter based on biocarbon, fine sand and gravel for the treatment of groundwater for human consumption, characterize stds, conductivity, aluminum concentration before treatment and evaluate the efficiency of the filter. The first method used was the biocarbon that was activated with 85% phosphoric acid as impregnating agent, the biocarbon resulted in a large contact surface and a porosity that varied between 18,35 – 64,74 μm and 58,8% carbon 32,39% oxygen and 6,92% phosphorous, which were analyzed in the UNSA MEB laboratories. Subsequently, the conductivity, stds, and aluminum concentration of groundwater before treatment were characterized, which resulted in 1013 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 154,50mg/L 0.17 mg/L respectively, finally filter N°1 (80%), filter N°2 (30%), filter N°3 (15%) with an area of 50, 26 cm^2 and a volume of 904,77 cm^3 with a flow rate of 0.08 L/min, , filtration rate 1,59 cm/min, retention time 11,3 minutes. Filtration tests were carried out to evaluate the efficiency of the filter with biocarbon, the results indicate that filter No. 1 (80%) obtained a percentage removal of 91,17% of aluminum, filter No. 2 (50%), removed 95,8% of aluminum, this being the most effective and filter No. 3 (30%) where the percentage of aluminum removal was 95,2%. These analyzes were acquired at INLASA La Paz Bolivia.

Keywords Biochar, filter design, fine sand, groundwater, gravel

INTRODUCCIÓN

Como se sabe el agua es uno de los recursos vitales más indispensables los seres humanos no podríamos sobrevivir mucho tiempo sin ella, de su buena calidad depende el buen desarrollo de la sociedad y la buena salud de la población, el uso inadecuado del agua subterránea trae problemas relacionadas con la salud.

El aumento poblacional que demanda un incremento en el consumo del agua y genera diferentes fuentes contaminantes, que altera su calidad, por ello se propone una alternativa de solución con el cual se podrá mejorar la calidad del agua.

La investigación presenta en su estructura 4 capítulos:

El capítulo I desarrolla el marco teórico y los antecedentes más importantes de la investigación, que incluye diferentes métodos de tratamiento de aguas subterráneas con carbón activado.

El Capítulo II trata sobre el problema de investigación para identificar los problemas que pueden derivar en la acumulación de aluminio y sus riesgos para la salud, este capítulo también analiza los objetivos que pretendemos alcanzar a través de la investigación.

En el Capítulo III, describimos con más detalle el lugar de estudio, la población y las metodologías, materiales y métodos de investigación utilizados.

El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos después de aplicar la metodología de investigación. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones se presentan como resultados de la investigación.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Filtros

Rossi (2017) Un filtro que pueda considerarse como un tamiz o un pequeño tamiz debe tener propiedades específicas capaces de retener la mayoría de las partículas en suspensión. Las principales variables de diseño del filtro son: características del medio filtrante, porosidad y profundidad del lecho, tasa de filtración, caída de presión disponible y características de entrada. La filtración depende de una combinación compleja de mecanismos físicos y químicos, como cribado, sedimentación, contención, adhesión, quimisorción, adsorción física y crecimiento biológico.

1.1.2 Filtración lenta y rápida

Este es el proceso por el cual la materia suspendida se elimina del agua haciéndola pasar a través de una sustancia porosa. Generalmente, el material utilizado es arena. Hay dos tipos de filtros de arena, de acción lenta y de acción rápida. En los filtros lentos, el agua se mueve por gravedad a través de la arena a baja velocidad, la separación de sólidos se produce a medida que el agua atraviesa los poros de la capa filtrante y las partículas se adhieren a las partículas de aren. En el caso 16 de los filtros rápidos de arena, se eliminan las partículas en suspensión relativamente grandes por procesos físicos, durante esta operación estos sólidos son acumulados en la parte superior del medio filtrante (Rossi, 2017).

1.1.3 Filtración del agua

La filtración es un proceso de separación de un sólido de un líquido en el que está suspendido, haciéndolo pasar a través de un medio poroso (filtro) que atrapa el sólido y por el cual el líquido puede pasar fácilmente. Se puede aplicar mediante paso del agua por un lecho filtrante conformado por diferentes granulometrías de arena y material pétreo, cuyo objetivo es retener sólidos en suspensión que van quedando atascados entre los diferentes espacios libres del medio (Rivera, 2021).

1.1.4 Mecanismos de filtración

Carcausto (2017) Indica el proceso de hacer pasar un líquido a través de un medio filtrante (que puede incluir material granular como arena, tierra de diatomeas o papel especialmente preparado), con el fin de eliminar la materia suspendida o coloidal. Por lo general, no se puede eliminar por sedimentación.

Rossi (2017) La filtración es usualmente **considerada** como el resultado de dos mecanismos distintos, pero complementarios que son el transporte y la adherencia. -

Los mecanismos que pueden realizar transporte son los siguientes:

- Cernido
- Sedimentación
- Intercepción
- Difusión
- Acción hidrodinámica.

1.1.5 Factores que influyen en la filtración Los factores que influyen en la filtración son:

Tamaño de las partículas suspendidas

- a. Densidad de las partículas suspendidas
- b. Resistencia y dureza de las partículas suspendidas (flóculos)
- c. Temperatura del agua a filtrar.
- d. Concentración de partículas suspendidas en el afluente.
- e. Potencial de la suspensión.
- f. pH del afluente
- g. Tipo del medio filtrante

Carcausto (2017) Un medio filtrante ideal es aquel de una determinada granulometría y granos de un cierto peso específico que requiere una cantidad mínima de agua para ser lavado específicamente y que es capaz de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas, produciendo un efluente de buena calidad.

1.1.6 Agua subterránea

Agua subterránea La mayor parte del agua subterránea proviene del agua de lluvia que se filtra en los acuíferos después de pasar por el subsuelo. Durante la infiltración el agua puede cargar muchas impurezas tales como partículas orgánicas e inorgánicas, detritus de plantas y animales, microorganismos, pesticidas, fertilizantes, otras; sin embargo, durante su recorrido por el subsuelo mejora significativamente su calidad por las partículas suspendidas (Rivera 2021).

Muchos microorganismos quedan retenidos por filtración natural y la materia orgánica se descompone por oxidación. Por otro lado, las sales disueltas, que causan problemas como la dureza y la salinidad, no se eliminan e incluso pueden incrementarse significativamente debido a la disolución de los minerales subterráneos. Otras sustancias o elementos que se encuentran comúnmente en las aguas subterráneas son: sulfatos, nitratos, hierro, manganeso, arsénico y flúor (Figuroa et al. 2011). En muchos casos, el agua es de buena calidad y se puede usar y beber directamente sin tratamiento, aunque siempre se prefiere la desinfección como barrera de seguridad para evitar la contaminación en el tratamiento del agua. El agua de pozo puede contener contaminación microbiológica de letrinas, fosas sépticas, pastoreo de ganado cercano o contaminación con compuestos orgánicos sintéticos de agroquímicos (Figuroa et al. 2011).

Son aguas que se infiltran a través de las rocas y los suelos permeables, ya sea cuando llueve o desde los ríos y lagos (Acaso et al., 2006), por lo cual representa sesenta veces más agua de la que hay en lagos y arroyos, pero parece algunas veces un problema por las diferentes profundidades a las que se encuentran, la velocidad de extracción y 16 además, cuando se infiltran aguas contaminadas hasta los depósitos de agua subterránea, estas últimas también se contaminan (Calsín, 2016).

Debido al rápido crecimiento de la población, el desarrollo industrial y el consumo de agua, los recursos hídricos se encuentran bajo múltiples amenazas a la

contaminación, lo que es una alarma para el desarrollo sostenible mundial (Mamani, 2019). La presencia de oligoelementos en las aguas subterráneas es un gran problema, ya que afecta al posible uso del agua. En particular, la contaminación por arsénico en las aguas subterráneas es motivo de creciente preocupación debido a su alta toxicidad y la prevalencia del elemento (Bhowmick et al., 2018). El uso de agua contaminada con arsénico para beber también se ha reconocido como una ruta importante de exposición. Ahora se acepta generalmente que las rutas de exposición al arsénico para la población local están estrechamente relacionadas con la forma de vida habitual de la gente (Mamani, 2019).

1.1.7 Carbón activado

1.1.7.1 Generalidades del carbón activo

Bastidas, Buelvas, Márquez, Popular, & De (2010) “el carbón activado es un adsorbente elaborado a partir de materiales de carbono que se caracteriza por presentar una alta superficie interna, muchos grupos funcionales y buena distribución de poros, propiedades que le permiten retener una amplia gama de moléculas. La preparación de este material se lleva a cabo mediante procesos físicos o químicos, interacción con gases o la adición de sustancias químicas, respectivamente”.

Ingenier, Polit & Sevilla (2015) “la activación en sí es un proceso completamente independiente de la carbonatación o se lleva a cabo después de ella. Consiste en hacer reaccionar el activador con los átomos de carbono del carbón activado; de tal forma que se va produciendo una "combustión selectiva" a través del carbón, formando poros y aumentando la porosidad hasta convertirlo en carbón activado”.

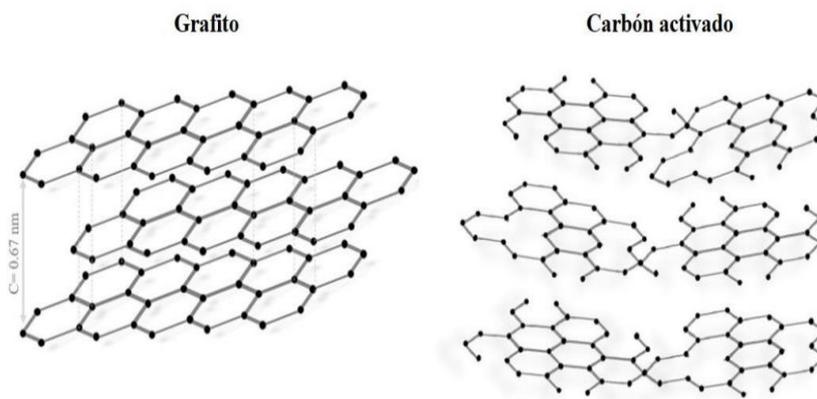


Figura 1. Comparación la estructura del grafito y las capas del carbón activado

Fuente: (Garc et al., 2017)

1.1.7.1 Propiedades

Tao & Lozada (2015) “el carbón activado se refiere a un amplio espectro de materiales que son fundamentalmente diferentes en su estructura interna (distinción de poros y superficies específicos) y sus tamaños de grano. Desde el punto de vista de la composición química, el carbón activado es prácticamente carbón puro, como el diamante, el grafito, el carbón negro y varios átomos de carbono”.

Ingenier et al (2015) “el carbón activado tiene una estructura microcristalina que recuerda un poco al grafito. Esta estructura que exhibe el carbón activado a menudo da como resultado una distribución de tamaño de poro bien definida. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según sus radios: poros ($r > 25$ nm), centrosomas ($25 > r > 1$ nm) y poros pequeños ($r \leq 1$ nm)”.

1.1.8 Métodos de activación

Ingenier et al (2015.) “la activación del material carbonizado implica el desarrollo de una estructura porosa previamente creada, mediante la adición de oxidantes. La activación se puede lograr por métodos físicos y químicos”.

Ingenier et al (2015) “en ambos procesos, el área superficial específica del carbón activado depende de la pérdida de peso del material en la etapa de activación, alcanzando generalmente un máximo con pérdida de peso del 30 al 70% Ocurrir. El

grado de activación determina las propiedades estructurales finales del carbón activado producido”.

1.1.9 Activación física o térmica.

Tao & Lozada (2015) la activación física se lleva a cabo en dos etapas, incluida la carbonización de un material con alto contenido de carbono, seguida de la activación de un material formado a alta temperatura en presencia de oxígeno gaseoso. Algunos de los gases utilizados son CO₂, vapor de agua, aire o una mezcla de estos. El rango típico de temperatura de carbonatación es de 00 a 800 ° C, mientras que el rango de temperatura de activación es de 600 a 900 ° C. El proceso de activación implica "multiplicar" el número de poros en el carbón, creando una estructura. Estructura extremadamente porosa con una gran superficie está disponible para llevar a cabo el proceso de adsorción en las diferentes aplicaciones mencionadas.

Ingenier et al., (2015) define qué; El proceso de activación física se lleva a cabo en dos etapas: carbonización y carbonización por la acción de gases oxidantes como el vapor de agua, dióxido de carbono, aire o una mezcla de los mismos, el oxígeno activo del activador es el encargado de encender la reacción más fuerte. Partes del marco de carbono y alquitrán se retienen en la estructura porosa; y el grado de combustión depende de la naturaleza del gas utilizado y de la temperatura de activación. El bajo rendimiento en la etapa de activación (30%) es característico de este método.

1.1.10 Activación química

Tao & Lozada (2015) indican que:El precursor, es generalmente un material lignocelulósico como la madera, se impregna con un agente químico, preferiblemente ácido fosfórico (aunque también se puede usar cloruro de zinc), y el material impregnado se calcina en el horno a 500-700°C. Los agentes químicos utilizados reducen la formación de compuestos volátiles y alquitrán, lo que aumenta la producción de carbono. Los agentes químicos más utilizados son Cl₂Zn, H₃P₀₄, H₂S₀₄. El carbón resultante se lava a fondo para eliminar los restos del agente químico utilizado en el proceso de impregnación. Alternativamente, estos carbones pueden activarse térmicamente mediante gasificación parcial con dióxido de carbono

o vapor para obtener carbón activado con un área superficial alta para aplicaciones como el almacenamiento de gas natural.

Clarimex (2000) “el segundo método, la activación química, consiste en poner al precursor carbonoso con un agente activador, tras lo cual se lleva a cabo un tratamiento térmico entre 400 y 800 °C bajo una atmósfera inerte para generar porosidad. Los agentes comúnmente utilizados son: cloruro de zinc ($ZnCl_2$), hidróxido de potasio (KOH), ácido fosfórico (H_3PO_4) y Sulfuro de potasio”. Tao & Lozada (2015) “el proceso se realiza en un solo paso, calentando una mezcla del activador con la materia prima en atmósfera inerte. Sustancias comúnmente utilizadas son: ácido fosfórico (H_3PO_4), cloruro de zinc ($ZnCl_2$), ácido sulfúrico (H_2SO_4), aunque también se utilizan sulfuro de potasio, tiocianato, calcio, cloruro de magnesio, hidróxidos de metales alcalinos y otros. , Siempre dependiendo del material de partida que se utilice y del mayor o menor tamaño de poro de uno u otro que se quiera tomar”.

1.1.11 La Activación química con H_3PO_4 :

Garc, Antonio, & Oporta (2017) “en la activación química con ácido fosfórico, el mecanismo es muy básico, pero se ha trabajado en el análisis químico de la superficie del carbón activado mediante espectroscopía de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR), que compara los espectros producidos por diferentes radicales antes y después de la activación química en Carbón activado”. Los grupos funcionales de las biopelículas deben tenerse en cuenta para determinar la formación de grupos funcionales después de la activación química, debido a que algunas estructuras no se modifican y otras se oxidan, por lo que la estructura de la biopelícula original es:

1.1.11.1 Celulosa

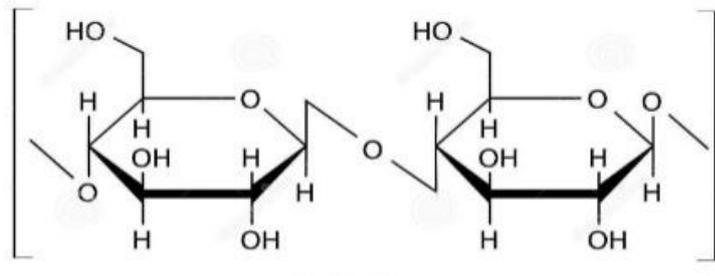


Figura 2. Boceto de la macromolécula de la celulosa

Fuente: (Garc et al., 2017)

1.1.11.2 Hemicelulosa

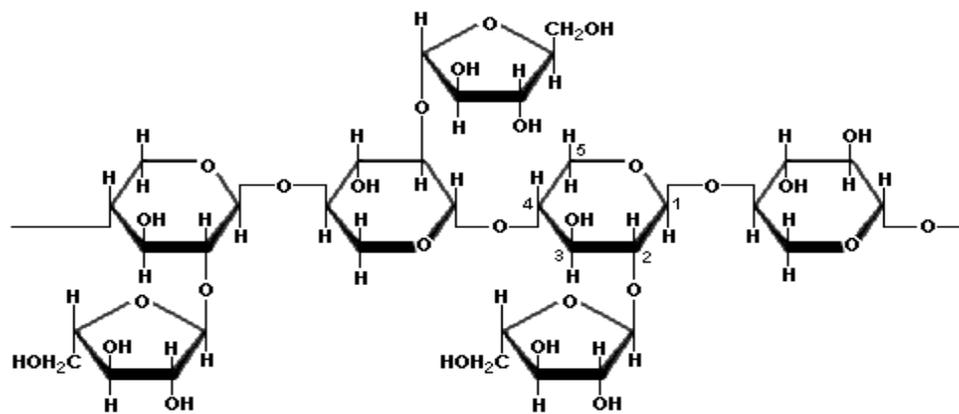


Figura 3. Boceto de la macromolécula de la hemicelulosa

Fuente:(Garc et al., 2017)

1.1.11.3 Lignina

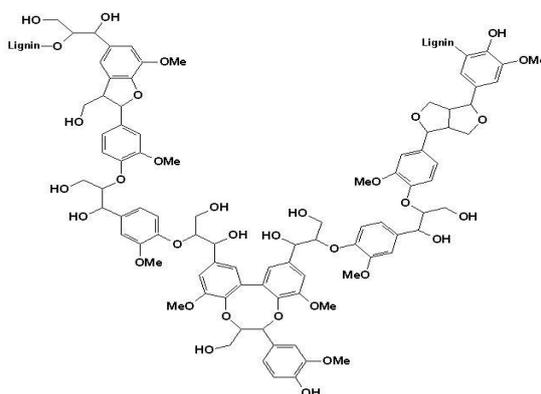


Figura 4. Boceto de la macromolécula de la lignina

Fuente: (Garc et al., 2017)

Así, Garc et al (2017) Según la investigación, el ácido fosfórico tiene un efecto de deshidratación mejorado con el aumento de la concentración. Por lo tanto, cuando el H_3PO_4 entra en contacto con el precursor, hidroliza los enlaces glicosídicos de los biopolímeros (celulosa, hemicelulosa y lignina), lo que acelera la deshidratación y descomposición del material impregnado y crea condiciones para la condensación aromática entre moléculas vecinas, por lo que se desarrolla nuevos productos volátiles en estado gaseoso con enlaces glicosídica de los biopolímeros, que acelera la pérdida de agua y la descomposición del material impregnado, y facilitan las reacciones de condensación aromática entre moléculas vecinas, dando como resultado el crecimientos de productos volátiles en estado gaseoso.

Garc et al (2017) “los carbones comerciales de bajo contenido en cenizas se preparan bien por lavado ácido o bien por una adecuada selección de la materia prima, entre los que se encuentran los materiales lignocelulósicos, estos lavados se realizan con ácido clorhídrico, ácido fosfórico, esperando a que se disuelvan los componentes inorgánicos contenidos en el material. Y se puede eliminar eliminando compuestos de Na, K, Ca, Mg y Fe”.

1.1.12 La activación química con KOH:

Garc et al (2017) “en esta activación, el KOH se mezcla con el precursor, en suspensión acuosa o por simple mezcla física, en una proporción entre 2:1 y 4:1. Cuando la inmersión se realiza en medio acuoso, la activación se realiza en dos

tratamientos térmicos sucesivos en atmósfera inerte. La primera es a baja temperatura, pero por encima de los 200°C (para evaporar agua y dispersar KOH únicamente), la segunda está entre 700 y 900°C”.

Ingenier et al (2015) considera que a diferencia de los otros dos activadores, los precursores preferidos para la activación con KOH son aquellos con baja volatilidad y alto contenido de carbono, como carbón de alta calidad, coque, coque de petróleo, etc. Durante esta activación, el precursor de KOH se mezcla con él, ya sea en forma de Suspensión acuosa o simple por mezcla física, en una proporción entre 2:1 y 4:1. Cuando se realiza el remojo en medio acuoso, la activación se realizó en dos tratamientos térmicos consecutivos en atmósfera inerte. La primera es a bajas temperaturas, pero por encima de los 200°C (solo para evaporar el agua y dispersar el KOH), la segunda está entre 700 y 900°C.

1.1.13 Tipos de carbones activados

Los carbones activos pueden clasificarse de acuerdo al tamaño de las partículas en dos grupos: CAP y CA

Tabla 1

Tipos de carbones activados

Carbón activado en polvo (CAP)	Diámetro entre (1.5x10 ⁴ -2.5x10 ⁴)nm
Carbón activado CAG	Tamaño medio de partícula entre 1x 10 ⁶ -5x10 ⁶ nm Se divide en dos categorías <ol style="list-style-type: none"> 1. carbón activado troceado (o sin forma) 2. Carbón activado conformado (o con una forma específica cilindros. discos)

Fuente: (Garc et al., 2017)

1.1.13.1 Carbón activado pulverizado

Rodríguez (2006) “la determinación de carbón activado en polvo tiene tamaño de partícula de 10 a 200 mesh ASTM, el tamaño no debe ser demasiado pequeño para interferir con otros pasos del proceso, deben ser muy porosos, relativamente suaves y tener poros grandes. Los carbones finamente

pulverizados se usan como agentes blanqueadores porque no tienen una estructura definida y se usan principalmente en la fase líquida”.

1.1.14 Propiedades fisicoquímicas del carbón

Según las normas nacionales las propiedades físicas y químicas que debe tener el carbón activado, son:

1.1.14.1 Capacidad de adsorción

Garc et al (2017) “en la actualidad, la adsorción se considera como una de las mejores técnicas para eliminar contaminantes y entre los adsorbentes, el carbón activado (CA) es el más utilizado debido a su excelente capacidad de adsorción de muchos compuestos en él debido a sus propiedades físicas y químicas. Este proceso involucra la unión de moléculas a la superficie de un sólido por la presencia de fuerzas de atracción intermoleculares en lugares específicos del sólido conocidos como sitios activos. El proceso inverso se llama desorción”

1.1.14.2 Contenido de humedad

Garc et al (2017) “Se define como la pérdida de masa de agua, asumiendo que es la única sustancia volátil presente en el carbón activado, y se expresa cómo % de la muestra seca en relación con el contenido de humedad original”.

La humedad no afecta la capacidad de adsorción, pero el carbón activado almacenado en condiciones húmedas puede absorber un 25-30% de humedad durante 3-6 meses. El contenido de humedad superficial aumenta a medida que disminuye el tamaño de las partículas de carbón, se recomienda utilizar carbón activado con un contenido de humedad máximo de 8% (Hovanec, 1998).

$$\%Humedad = \frac{Perdida\ de\ peso}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100$$

1.1.14.3 Ceniza/material volátil:

Son las sustancias que quedan después de calentar el carbón a 650°C, hasta una masa constante, y se expresan en porcentaje sobre base seca. Su cantidad y composición pueden afectar la adsorción y algunas propiedades del carbón activado. Gracias al lavado ácido se puede reducir su presencia, lo que se realiza en caso de que los procesos se vean afectados. A medida que el

contenido de cenizas es menor, su temperatura de ignición aumenta, lo que reduce el riesgo de que esto suceda, ya que las cenizas son óxidos de sodio, potasio y otros metales, que actúan como chispas y provocan la ignición de la capa de carbón saturado (Hovanec, 1998).

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso de la ceniza}(g)}{\text{Peso de la muestra}(g)} \times 100$$

$$\%Material\ volatil = \frac{\text{Peso de componentes volatiles}(g)}{\text{Peso de la muestra seca}(g)} \times 100$$

1.1.14.4 Carbono fijo:

Se utilizó el método estándar para la determinación de cenizas ASTM D1762. Se halla restando 100 a los porcentajes de cenizas y volátiles.

$$\%carbono = 100 - \%materia\ volatil - \%cenizas$$

1.1.14.5 Densidad aparente

Patricio, Torres, Pablo, & Tamaquiza (2020) “se define como el peso (en condiciones específicas) de una unidad de volumen de carbón activado. La densidad aparente del carbón activado es una propiedad que se debe tener en cuenta a la hora de seleccionar el carbón, ya que una densidad alta puede ser beneficiosa, debido a que hay más gramos de carbón en menos espacio, acelerando así el proceso de almacenamiento, así como en el proceso de filtrado”.

Centro, Chaco, Estaci, & Agropecuaria (2012) “el método del cilindro utiliza suelo que se seca al aire, se tritura y se tamiza a través de una malla de 2 mm, luego se coloca una masa conocida de suelo en un cilindro de 100 ml y, después de una serie de manipulaciones, se pesa nuevamente.

$$Densidad\ aparente = \frac{\text{Peso de la muestra}(g)}{\text{Volumen de la muestra}(cm^3)}$$

1.1.15 Mecanismos de adsorción del carbón activado

Comprender el mecanismo de adsorción es importante porque puede predecir aproximadamente el tiempo en el cual ocurre la adsorción.

1.1.15.1 Tipos de poros dentro de una partícula de carbón

Tao & Lazo (2015) “el carbón activado tiene una variedad de tamaños de poros que se pueden clasificar según su función en poros de adsorción y transporte. En ambas placas de carbón están lo suficientemente cerca para crear una atracción más fuerte sobre el adsorbente y retenerlo”.

Según (IUPAC) los poros se clasifican en tres grupos principales.

Tabla 2

Tamaño de poros del biocarbon

TAMAÑO DE POROS DEL BIOCARBON	
Microporos	<ul style="list-style-type: none">• Dimensiones inferiores a 20A• Realizan la absorción• Contribuyen a la mayor parte del área
Mesoporos	<ul style="list-style-type: none">• Dimensiones entre 20A y 500A• Realizan el transporte
Macroporos	<ul style="list-style-type: none">• Dimensiones superiores a 500^a• Son la vía de entrada al carbón activo

Fuente: (Garc et al., 2017)

Las macropartículas dimensionadas para atrapar moléculas pequeñas corresponden a compuestos más volátiles que el agua, como olores, sabores y muchos solventes. Las micropartículas atrapan moléculas grandes como los colores oscuros o los ácidos húmicos que se producen apartir de la descomposición de la materia orgánica.

Garc et al (2017) “el carbón activado tiene la propiedad de adherirse o retener en su superficie uno o más componentes, átomos, moléculas, iones disueltos en el líquido y en contacto con él. Este fenómeno se llama adsorción. La adsorción es responsable de limpiar, desodorizar y decolorar el agua u otros líquidos o gases en contacto con el adsorbente.

1.1.16 Propiedades y condiciones que afectan la adsorción en carbón activado

Garc et al (2017) condiciones que afectan a la adsorción sobre carbón activado:

Está influenciada por las diferentes características del carbón y del adsorbente, así como por las condiciones del gas o líquido en el que se produce este fenómeno. Las propiedades que afectan la adsorción son:

- La adsorción aumenta cuando el diámetro del poro domina de una a cinco veces el diámetro del adsorbente.
- Las diferencias en la composición química de la superficie y la ceniza pueden afectar la adsorción, especialmente en la fase líquida.

1.2 Antecedentes

Carcausto (2017) el proyecto de investigación establece metas como la purificación de agua de pozo contaminada mediante filtración lenta en arena para atender las necesidades humanas en la comunidad de Thunco - Puno, el cual consiste en el paso de agua cruda a través de arena porosa. Para reducir la turbidez y los coliformes totales, se realiza un análisis físico, químico y microbiológico de nuestra agua cruda (sin tratar) durante su paso por el filtro (con mango). Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de muestras obtenidas tanto de agua cruda como de aguas residuales de filtros lentos de arena mostraron que la implementación de filtros lentos de arena tuvo un comportamiento positivo en el límite máximo aceptable establecido por la Fundación publicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y DIGESA.

Veloz (2020) el objetivo de este proyecto fue evaluar la efectividad del procedimiento de carbón activado (CA) del pseudotallo del plátano (PP), el cual cambia el grado de daño de las partículas, para determinar la tasa de remoción de contaminación de contaminantes en agua del Pozo Profundo (APP) de la Isla Santa Cruz. Será una encuesta descriptiva; Los datos se evaluarán con análisis de varianza. Se diseñó 3 filtros con 100 g de carbón activado, cada uno con poros de 1,70, 1,18 y 0,60 mm. El CA se obtendrá químicamente, utilizando ácido fosfórico al 85% con impregnación 1:1, a 600°C durante 2 h. La captura de la aplicación se realizará los lunes, miércoles y viernes a las 10:00 a. m. y a las 3:00 p. m. durante 7 semanas. Comparando los resultados con la norma NTE INEN 1108, para las variables cuantitativas los valores de pH estimados son 9,0 (CA), 7,3 (ANF);

contenido de humedad 5,890% (PP), 9,8-12,75% (CA); ceniza 16,290% (PP), 19,2 % (CA); adsorbente azul de metileno 778 m²/g (AC), índice de yodo 70 mg/g (AC); hierro 0,7 mg/L (ANF), 0,01 mg/L (AF); plomo 0,01 mg/L (ANF), plomo 99,91% (AF), coliformes fecales 0 UFC/100 mL (ANF), 18,67 - 110 UFC/100 mL (AF); turbidez 0,36 NTU (ANF), 0,319 - 0,72 NTU (AF).

Rivera (2021) El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de los filtros manuales de biocarbón/arcilla en la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos para obtener agua de calidad apta para el consumo humano. Se tomaron muestras de agua cruda (sin filtrar) y filtrada cada 15 días en cada sitio durante un período de 6 meses. Se tomaron un total de 2 muestras de agua, 12 de cada sitio. En laboratorio se analizaron los parámetros fisicoquímicos de hierro (Fe), arsénico (As) y turbidez. Se analizaron parámetros microbiológicos de coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. Remoción promedio de hierro 82,29%, arsénico 22,41%, turbidez 85,75%, coliformes totales 91,68%, *Escherichia coli* 100% y *Pseudomonas aeruginosa* 100%; y en Santiago Nonualco 100% hierro, 14,98° arsénico, 75,95% turbiedad, 76,98% coliformes totales, 100% *Escherichia coli* y 100% *Pseudomonas aeruginosa*.

Por otra parte Chaukura y Chiworeso (2020) el objetivo de este estudio fue fabricar y evaluar un filtro cerámico multicapa tipo "galleta" para el tratamiento de agua potable in situ utilizando biomasa y arcilla disponibles localmente. Muestreo antes y después de la filtración de arena en la planta de tratamiento de aguas residuales local. El filtro cerámico compuesto (BCF) está hecho de arcilla y aserrín, y el filtro (CF) está hecho solo de arcilla. Los BCF tienen una notable capa de biocarbón intercalada entre dos capas de cerámica (es decir, una estructura de "galleta"). En general, BCF fue más eficaz para eliminar TH (42,5 %), TDS (45,8 %) y turbidez (67 %) que CF (1, 8, 17,6 y 56%, respectivamente). Los resultados demostraron que el filtro de cerámica "galleta" es potencialmente efectivo en el tratamiento de agua a escala doméstica.

Sin embargo, Guan et al (2020) en su estudio, se investigó el potencial del biocarbón para eliminar la bacteria *E. coli*. Se utilizaron dos biocharres, producidos a partir de paja de trigo y madera de sauce. Se compararon los efectos. Solo se utiliza la parte más gruesa de los dos biocarbón (1 - mm) para minimizar su impacto en la tasa de filtración. Se observó que el filtro modificado con biocarbón de paja de trigo tenía una mayor tasa de eliminación de *E. coli* (84 %) que el filtro modificado con biocarbón de sauce (79 %); La

adsorción de biocarbón y arena se examinó al final del experimento de filtración y se demostró que ambos biocarbón tenían E. adsorción de coli.

Agrawal et al (2020) el objetivo de este artículo de investigación es inventar e instalar un filtro lento de arena económico y no convencional para el tratamiento del agua para resolver los problemas relacionados con el agua impura. El área de la sección transversal del lecho se ha tomado como 0,0576 m². Los principales parámetros como pH, TDS, turbidez, salinidad, conductividad y salinidad del agua filtrada se han probado para agua cruda y los resultados de la prueba se han comparado con los parámetros estándar de la India. Varios resultados de SSF revelaron la eliminación exitosa de sólidos en suspensión, materiales naturales y orgánicos del agua sin tratar. Los resultados de las pruebas muestran que el SSF diseñado es altamente eficiente para mejorar los parámetros de calidad del agua en el hogar. SSF diseñado elimina una gran cantidad de impurezas en comparación con otros filtros y es socialmente aceptable.

Santos (2018) el objetivo de este estudio fue potabilizar el agua de comunidades rurales sin emplear sustancias químicas, utilizadas por la ingeniería sanitaria de forma tradicional en la potabilización. Metodología. Las investigaciones científicas han demostrado que la semilla de la Moringa oleífera, es una alternativa amigable con el ambiente y el ser humano, debido a que presenta eficiencias sobre el 90% en la eliminación de la turbidez, y hasta el 100% en la remoción de coliformes fecales.

Por otra parte Rodríguez & Escobar (2018) en su trabajo se realizó una evaluación de la capacidad de retención de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de filtros de biocarbón /arcilla, utilizándolos por un periodo de seis meses, tomando cada filtro cuatro litros diarios con agua de uso humano agua cruda y agua filtrada cada 15 días. Las muestras recolectadas fueron transportadas al Centro de Investigación y Desarrollo del Centro de Capacitación General de la Administración Nacional de Pesca y Alcantarillado (CFI-ANDA), donde se realizaron las determinaciones microbiológicas realizadas mediante análisis de Coliformes Totales, Escherichia Coli (E. coli) y Pseudomonas aeruginosa (P. aeruginosa); En cuanto a los parámetros fisicoquímicos analizados de la siguiente manera: turbidez, de igual manera se analizaron los metales pesados Hierro (Fe), Arsénico (As) y Plomo (Pb), los resultados promedio de remoción de metales fueron altos, en especial del plomo, alcanzando un 99,91%, en términos de turbidez, la tasa de

remoción fue de 98,77%; Los mejores resultados de exclusión microbiológica se obtuvieron para E. coli, alcanzando una media final del 95,9%.

Rossi (2017) en esta investigación se seleccionó el tratamiento de una muestra de agua con propiedades organolépticas y fisicoquímicas sumamente inadecuadas para el consumo, además de contener niveles de metales pesados por encima de lo permitido. Para ver si el filtro podía ser útil en estas condiciones, se hicieron varios cambios en el diseño del filtro para seleccionar el más óptimo; de tal forma que se han introducido algunos materiales, como la ceniza de un material que se considera un subproducto agrícola (cáscara de arroz) a muy bajo costo, con potencial para sustituir el uso de carbón activado. Se puede decir, por ejemplo, que la turbidez se ha reducido al 99,97% respecto al valor original; Este no es el caso cuando la conductividad disminuyó solo 8.12% y la concentración de los elementos eco-tóxicos Plomo, Cadmio, Arsénico, Bo disminuyó en el orden de 6,06%; 22,22%; 25,37% y 35,29%, respectivamente.

Defaz (2019) este trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de investigación de la unidad de suelo y agua; Se utilizó cascarilla de arroz de la zona de producción de Los Ríos. En esta provincia, la cascarilla de arroz es considerada como desecho agrícola. El carbón activado está hecho de cáscaras de arroz por activación física. Las condiciones de preparación del carbón fueron establecidas por el plan experimental, cuyas variables de diseño fueron: tamaño de partícula, temperatura y tiempo. Los resultados reportaron que el mejor tratamiento de mufla para generar carbón para filtrar agua contaminada corresponde a un tamaño de partícula de 2-3 mm, sometido a una temperatura de 350 °C por 20 min. La depuración del agua contaminada es deficiente según los resultados obtenidos, refiriéndose a un aumento en todos los parámetros estudiados.

Arrocha (2019) en este artículo, se evalúan cuatro filtros de carbón activado elaborados a partir de la cáscara de cuatro frutas diferentes ricas en carbohidratos. Las frutas utilizadas son: naranjas, piñas, cocos y plátanos. Los filtros han sido evaluados por su capacidad para eliminar compuestos del agua de ríos, pozos, lagos y más. Este trabajo presenta el método utilizado para la producción de carbón activado y el procedimiento por el cual se realizaron las pruebas de turbidez y alcalinidad. Los resultados obtenidos mostraron que el nivel de alcalinidad y turbidez del agua disminuyó, llegando incluso al nivel óptimo para el consumo humano.

Ramírez (2021) se ha estudiado la eficacia del biocarbón, obtenido a partir de residuos orgánicos, en la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales. Entonces, el biocarbón se produce por pirólisis a una temperatura de 550-660°C en tanques dobles. Para el tratamiento de aguas residuales, un filtro, cuyos componentes principales es biocarbón, arena fina, arena gruesa y roca de río. La eficiencia máxima del filtro con biocarbón en la remoción de orgánicos de las aguas residuales de la quebrada Santa Lucía fue de 75% en la remoción de DBO y 71% en la remoción de DQO, debido a que en estos experimentos se usó un biocarbón con un molino de maíz. Componentes son 90 y 45% respectivamente. Los resultados de este estudio podrían mejorar debido a que la efectividad del biocarbón depende de la porosidad y características de la biomasa utilizada para la síntesis.

Pinedo (2013) el presente trabajo es un estudio del pirolisis de madera de abeto bajo la categoría de aplicación del proceso GRAUTHERMIC-BIO. El objetivo es estudiar el efecto de la temperatura sobre la distribución (rendimiento) de las diferentes fracciones obtenidas en el proceso. También caracteriza los productos obtenidos por temperatura de pirólisis y desarrolla un tratamiento del ácido piroleñoso para obtener productos que puedan ser utilizados como biocombustibles. Los ácidos piroleñosos obtenidos por el proceso GRAUTHERMIC-BIO tienen un alto porcentaje de agua, lo que condiciona su revalorización. Sin embargo, se ha demostrado que se pueden obtener bioaceites con propiedades comparables a las obtenidas por otras tecnologías de pirólisis, aunque con bajos rendimientos gravimétricos. Debe investigarse la eliminación de agua, por ejemplo mediante un catalizador. El menor contenido de agua permitirá una mayor producción de bioaceite. Respecto al uso de ácidos piroleñosos, no se pueden descartar otras opciones: Su cogeneración modificando motores de combustión adecuados y su completa eliminación en el proceso, mediante un proceso de conversión de ácido a oxihidróxido, convirtiéndolos en gas, esto mejorará la cogeneración de gas destilado.

Gamboa (2009) en este trabajo se preparó carbón activado (CA) a partir de perlas de níspero mediante activación química con H₃PO₄ y KOH. Se evaluaron los efectos de la relación de impregnación (activador/precursor, p/p) y la temperatura de activación sobre la capacidad de adsorción de fenol. Gracias a la adsorción de Na 196 C se determinó que los AC obtenidos tienen una alta superficie específica: los activadores con H₃PO₄ tienen estructura microporosa, los que activan con KOH tienen microestructura y los activadores KOH tienen superficie porosa y microestructura ligera, confirmado por microscopía

SEM. Los AC con KOH mostraron mayor capacidad de adsorción de fenoles que los tratados con H₃PO₄, lo que está relacionado con la presencia de grupos básicos. El análisis químico detallado muestra 57,72 % de carbono, 81 % volátil, 2,93 % de humedad. De una solución de 100 ppm de fenol se puede absorber 93,3 y 61,6% para CA con KOH (NK1700) y con H₃PO₄ (NF0.67500), respectivamente, en comparación con la remoción de 7,6% obtenida en carbón comercial M218 (Merck); De una solución de fenol de 500 ppm, AC con KOH (NK1700) y H₃PO₄ (NF0.9500) se eliminaron en 163,7 y 102,3 mg de fenol/g AC, respectivamente.

Thanthirige et al (2016) el objetivo de este estudio fue determinar las condiciones óptimas para la pirólisis lenta a baja temperatura para producir el mayor rendimiento de materia volátil a partir de pulpa de manzana; además de cuantificar la Materia Volátil Condensada (CVM) y la Materia Volátil No Condensable (NCVM) obtenidas de la reacción de pirólisis, así como determinar los parámetros cinéticos (energía de activación y exponencial) de la reacción de pirólisis bajo gas nitrógeno. Los resultados obtenidos se compararon con otros estudios, demostrando que el bajo contenido de cenizas y el alto contenido de materia volátil hacen del residuo de manzana un alto candidato potencial para la producción de biocombustibles, demostrando que para el mayor rendimiento en materiales volátiles durante la pirólisis, la temperatura final debe ser superior a 350 °C, utilice una velocidad de calentamiento de 5 °C/min, un tiempo de residencia de 60 minutos y un tamaño de partícula de 150 micras. La mayor pérdida de masa (descomposición pirolítica) ocurre entre 150 y 550 °C. Los principales gases generados en MVC son CO, CO₂, CH y pequeñas cantidades de otros hidrocarburos y vapor de agua. Según los resultados del reactor, TGA y FTIR, el CO se genera principalmente en el rango de temperatura de 150-300°C y está involucrado en la descomposición de la hemicelulosa. Preferiblemente, el CO₂ se genera en el intervalo de temperatura de 250- 50 °C y está implicado en la descomposición de la celulosa. ONLY se genera principalmente entre 350 y 550 °C durante la pirólisis y participa en la descomposición de la celulosa y la lignina. Mediante pirólisis lenta de pulpa de manzana y temperatura (150-550 °C), se producen volátiles condensables y no condensables en cantidades significativas (50% y 35%), que pueden ser utilizados como biocombustibles líquidos y gaseosos.

Asimbaya et al (2015) el carbón activado se obtiene a partir de 3 tipos de aserrín: laurel, canela y eucalipto, mediante activación química. El proceso de activación consiste en la impregnación del aserrín con ácido fosfórico al 40% p/p en proporción 1:1, luego el

material se carboniza a 500°C durante 2 h y finalmente se lava para eliminar el ácido residual y alcanzar un pH neutro. El mayor rendimiento se obtuvo con laurel (29,3%) para tamaños de grano mayores a 2 mm. Usando microscopía electrónica de barrido (SEM), se observaron estructuras porosas formadas a partir del proceso de activación. La capacidad de adsorción se evaluó por índice de yodo, donde la canela obtuvo el valor más alto correspondiente a 740 mg I₂/g para muestras con tamaño de partícula de 74 a 150 µm. En base a los resultados obtenidos, se puede demostrar que, para una misma especie de madera, cuanto menor es el tamaño de grano, mayor es la capacidad de adsorción.

Sekaran et al (2018) en este estudio se realizaron pruebas fisicoquímicas de laboratorio a biocharres provenientes de biomasa de residuos de construcción (pino) y bambú (*Guadua angustifolia* var. Sur): capacidad de intercambio catiónico (CIC), anaerobicidad del agua, la cantidad de agua suministrada a las plantas es de 5 a 10 % la dosificación mixta con biosólidos tratados (compost), es una de las más destacadas, junto con el análisis de sostenibilidad ambiental y socioeconómica. Los resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas fueron favorables para ambas biomásas, sin embargo, el biocarbón guadua en general dio mejores resultados, al igual que el CIC con un valor de 19,97 cmolc/kg como valor máximo obtenido en el análisis, correspondiente a la primera carbonización. En contraste, la hidrofobicidad disminuyó en menor tiempo para las pruebas con bambú. La capacidad de retención de agua disponible para las plantas en la mezcla de bambú cuando se usó en una dosis de 10 % y biosólidos sépticos, fue favorable y mostró una capacidad neta de retención de agua de 72% para el primero y 58 % para el tercer carácter.

Aguirre (2017) el presente estudio sobre la adsorción de metales pesados (Pb y As) por carbón activado de semillas de eucalipto utilizado como adsorbente. El objetivo de este trabajo fue adsorber metales pesados (Pb (II), As (V)) utilizando carbón activado de semillas de eucalipto (*eucalipto globulus*). El primer método utilizado fue el desarrollo de carbón activado por activación química usando semillas de eucalipto como precursor y como activador del ácido fosfórico (H₃PO₄) para adsorber plomo y cloruro férrico (FeCl₃) para adsorción de arsénico y finalmente la capacidad de adsorción de metales pesados sobre Carbón activado. Semillas de eucalipto activadas por activadores químicos como H₃PO₄ y FeCl₃ con un tiempo de impregnación de 2 horas, a una temperatura de carbonización de 500 °C durante 60 minutos.

An et al (2021) este estudio investigó el mecanismo y la caracterización de la adsorción dinámica de amonio (NH_4^+), que se eliminó mediante un nuevo tipo de pirólisis de biocarbón modificado (MBC) de las cáscaras de maní. La capacidad máxima de absorción de amonio del biocarbón no modificado (BC) y el biocarbón modificado (MBC) podría llegar a 3,83 mg/g y 6,92 mg/g, respectivamente, lo que indica que la modificación mejorará el rendimiento del adsorbente. Las características de MBC antes y después de la adsorción sugieren que el intercambio iónico, la adsorción electrostática y la formación de complejos superficiales son los principales factores que controlan la capacidad de adsorción. La eficiencia de eliminación dinámica de amonio de MBC en diferentes condiciones se investigó mediante experimentos en columna. Los datos experimentales de la curva anterior se corresponden bien con el modelo de Thomas. La máxima capacidad de adsorción ($k_{\text{TH}} = 5,28 \times 10^{-3} \text{ L}/(\text{mg h})$ y $q_e = 9,02 \text{ mg/g}$) se alcanzó cuando la concentración del afectado alcanzó 30 mg/L, la profundidad de surco de 2,1 cm y 1 mL/caudal de entrada mín. Se puede concluir que MBC es un adsorbente prometedor capaz de una eliminación efectiva.

Trejo (2004) Actualmente, el aluminio tiene una amplia gama de aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica, papelera y de la construcción, así como en el tratamiento de aguas potables y residuales. Sin embargo, no se han destacado los posibles efectos sobre la salud del uso de este elemento. Una de las enfermedades asociadas al consumo de este elemento es la enfermedad de Alzheimer, existiendo también el riesgo de desarrollar otras enfermedades. Este documento resume los resultados de un estudio bibliográfico sobre los efectos en la salud del aluminio y los compuestos fluoroaluminizados, con el objetivo de enfatizar la importancia de monitorear y controlar las concentraciones de aluminio en el agua. Recientemente, debido a algunos hallazgos epidemiológicos, la percepción del aluminio como un material inofensivo para los humanos está cambiando. El propósito de este trabajo es informar sobre los riesgos para la salud humana del consumo de aluminio reportado en la literatura, y así enfatizar la importancia del seguimiento y control de la concentración de este elemento en el agua destinada al consumo humano.

Loreto y Ferrán (2002) Se realiza una revisión bibliográfica de estudios epidemiológicos que evalúan el papel del aluminio como factor de riesgo para el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer. Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos MedLine combinando los tesauros "aluminum" y "Alzheimer's disease". La mayoría de



los estudios revisados examinaron la exposición a metales a través del agua potable. Los estudios que sugieren un vínculo entre el aluminio y la enfermedad dan como resultado un riesgo relativo de aproximadamente 2 para la población expuesta a concentraciones de Al en el agua superiores a 0,1 mg/L. La exposición al metal de otras formas (dieta, fármacos y exposición ocupacional) ha sido poco estudiada. Estos estudios epidemiológicos tienen limitaciones metodológicas. Sin embargo, no se puede excluir el papel tóxico del aluminio, por lo que la exposición al mismo debe controlarse y reducirse tanto como sea posible.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

En la ciudad de Juliaca, una parte importante de la población no cuenta con agua potable y saneamiento, debido al crecimiento demográfico, obligado a utilizar aguas subterráneas, pero no cuenta con un sistema de filtración adecuado, ni un sistema de monitoreo que asegure la calidad del agua que consumen, además de que están tan cerca de los silos que son las balsas donde desechan los desechos humanos, esto representa un riesgo biológico ya que pueden provocar enfermedades infecciosas. El agua utilizada para el consumo humano debe cumplir con criterios de calidad y seguridad, el agua no debe presentar un riesgo de irritación química, intoxicación o contaminación microbiana perjudicial para la salud humana.

Se descubrió que el aluminio es un metal capaz de interrumpir muchos procesos celulares y metabólicos en el sistema nervioso y otros tejidos del cuerpo humano. Cuando el aluminio ingresa al cuerpo, interfiere con el "trabajo" de las células y les impide metabolizar adecuadamente elementos importantes como el calcio y el hierro. "Debido a que el aluminio es extraño para la célula, interrumpe el funcionamiento normal de algunas proteínas involucradas en el metabolismo de estos elementos importantes y, por lo tanto, provoca cambios en los procesos celulares" (Mancinella 1993).

El aluminio, como muchos elementos tóxicos que ingresan al cuerpo, se elimina a través de los riñones, una función que los pacientes renales no realizan por completo. Además, cambia la función del hígado (reduce la salida de bilis), lo que afecta la función más importante del hígado, es decir, la toxicidad de las sustancias que entran en el cuerpo (Mancinella 1993).

El calcio se absorbe menos, lo que puede causar debilidad (y dificultades de crecimiento en los más pequeños); también se absorbe menos hierro, lo que puede causar anemia; y menos fósforo, un componente importante de huesos y dientes

Existen muchas técnicas tradicionales de tratamiento de agua potable, como la filtración por membrana, el tratamiento electroquímico, la ósmosis inversa, la precipitación, la electrodiálisis, la esterilización solar, la ebullición, etc. para tratamiento de agua. Sin embargo, la mayoría de estas técnicas implican altos costos. Por esta razón, el uso de biocarbón ha atraído un interés considerable debido a su bajo costo adsorbente, debido a patógenos y productos químicos. Las sustancias tóxicas pueden ser fácilmente absorbidas por estos materiales debido a sus poros grandes y Gran superficie de contacto que le da capacidad para reducir las concentraciones de sólidos disueltos totales (TDS), turbidez, TH e incluso metales pesados.

Por lo tanto, el diseño del filtro de biocarbón se considera particularmente importante. , porque es una alternativa eficaz y económica para tratar las aguas subterráneas destinadas al consumo humano. La cantidad de aluminio en el cuerpo es mínima todos los días, pero desde hace 30 o 0 años no se sabe cuánto aluminio se ha acumulado."

2.2 Enunciado del problema

2.2.1 Problema general

- ¿Será posible el diseño de un filtro con biocarbon, arena fina y grava para el tratamiento de agua subterránea de consumo humano en la ciudad Problema específico
- ¿Cómo se obtendrá el biocarbon a partir de biomasa de residuos vegetales por activación química con H_3PO_4 ?
- ¿Cuál es la concentración de aluminio conductividad y Sólidos totales disueltos de agua subterránea antes y después del tratamiento?
- ¿Cuál es la eficiencia del filtro con biocarbon, arena fina y grava en el tratamiento de agua subterránea?

2.3 Justificación

Este presente trabajo de investigación surge con la finalidad de diseñar un filtro con biocarbon arena fina y grava para el tratamiento del agua subterránea de consumo humano

y poder considerarla apta para su consumo. Como se sabe el agua es uno de los recursos vitales más indispensables los seres humanos no podríamos sobrevivir mucho tiempo sin ella, de su buena calidad depende el buen desarrollo de la sociedad y la buena salud de la población, el uso inadecuado del agua subterránea trae problemas relacionadas con la salud.

En lo social el aumento poblacional que demanda un incremento en el consumo del agua y genera diferentes fuentes contaminantes, que altera su calidad.

En lo tecnológico se generan nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas subterráneas de fácil manejo y accesible para la población. En lo ambiental la evacuación de aguas de las actividades industriales, comercio, pecuarias y de uso doméstico puede ser considerada como un recurso renovable cuando se puede controlar y manejar adecuadamente su uso adecuado.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Diseñar un filtro a base de biocarbon, arena fina y grava para el tratamiento de aguas subterráneas para consumo humano en la ciudad de Juliaca.

2.4.2 Objetivos específicos

- Obtener biocarbon a partir de biomasa de residuos vegetales por activación química con H_3PO_4 .
- Caracterizar la conductividad, Sólidos totales disueltos y la concentración de aluminio de agua subterránea antes del tratamiento.
- Evaluar la eficiencia del filtro con biocarbon, arena fina y grava después del tratamiento de agua subterránea.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- El diseño de un filtro de biocarbon, arena fina y grava podrá tratar aguas subterráneas para uso doméstico.



2.5.2 Hipótesis específicas

- El biocarbon está elaborado de biomasa de residuos vegetales que fueron activados con H_3PO_4 .
- La conductividad, sólidos totales disueltos y la concentración de aluminio del agua subterránea antes del tratamiento superan el límite máximo permisible.
- La construcción del filtro con biocarbon, arena fina y grava resulta eficiente para el tratamiento de agua subterránea para consumo humano.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Juliaca, está en la región Suni, región 3825 msnm. El distrito de Juliaca se compone de tierra plana, pero como pueblo de montaña tiene pequeños afluentes de los Andes que rodean el pueblo. Las lagunas de Chacas y Escuri, así como los ríos Cacachi y Maravillas, facilitan el desarrollo de la flora y la fauna en sus diferentes especies, estando influenciado el clima por los dos factores anteriores y el grado de altitud baja humedad que varía con las estaciones del año, en ciertas temporadas como agosto soporta fuertes vientos, lluvias en verano (Senamhi, 2011).

Se debe identificar el lugar donde se realizó la investigación y la georreferencia. Así como, las características ambientales, socioeconómicas y culturales. Sustentar la importancia de la zona de estudio y de sus actores.

La ciudad de Juliaca se ubica geográficamente en las siguientes coordenadas UTM.

Tabla 3

Coordenadas UTM Ciudad de Juliaca

CORDENADAS UTM	
Este	378468.9
Norte	1713950.6
Altitud	3834 m

3.2 Población

La población de este trabajo de investigación será el agua Subterráneas de Juliaca (pozo tubular). La cantidad de agua que se distribuye por día es de 17 000 m³ y de acuerdo a datos proporcionados por SEDA JULIACA la población estimada con atención de agua potable alcanza el 55,38 % con un déficit de cobertura de 44,62%, en donde la población abastecida sólo tiene un servicio restringido en las primeras horas de la mañana, obligando a la construcción de tanques elevados en las edificaciones que de alguna manera, sirven de paliativos.

Este déficit obliga a la población no abastecida a proveerse de agua mediante la captación del recurso por pozos artesianos, pese a que en muchos sectores estas aguas se encuentran contaminadas (EPS. SEDA JULIACA S.A. al 2004-05-31).

Fachelli (2015.) “Universo o Población son palabras equivalentes para referirse al conjunto total de elementos que constituyen el ámbito de interés analítico y sobre el que queremos inferir las conclusiones de nuestro análisis, conclusiones de naturaleza estadística y del mismo modo sustantivas o teóricas”.

3.2.1 Mapa de zonificación de cobertura de agua potable y desagüe

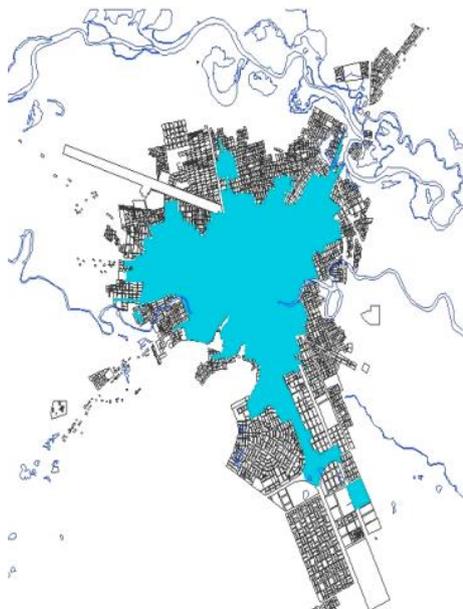


Figura 5. Cobertura del servicio de agua potable

Fuente: Municipalidad Provincial de Juliaca Plan director de Juliaca

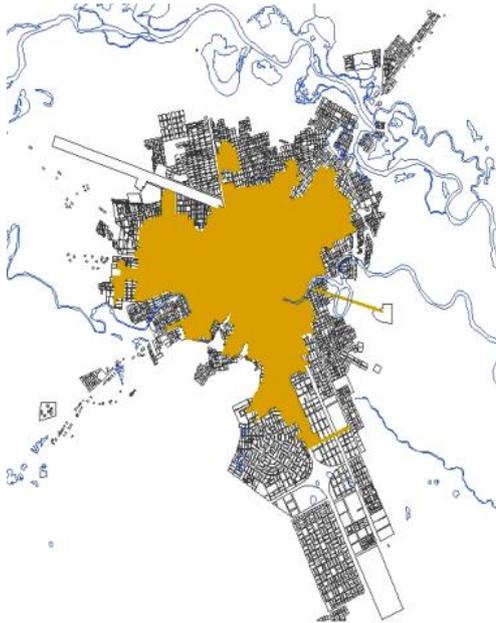


Figura 6. Cobertura del servicio público de desagüe

Fuente: Municipalidad Provincial de Juliaca Plan director de Juliaca

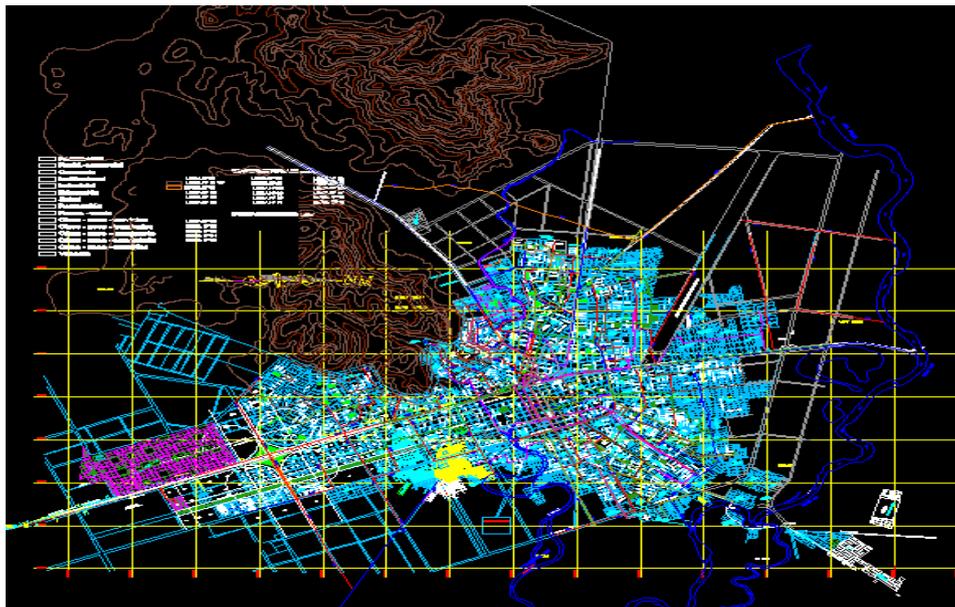


Figura 7. Mapa de zonificación de la ciudad de Juliaca

Fuente: Municipalidad Provincial de Juliaca Plan director de Juliaca

3.3 Muestra

La muestra está representada por el pozo tubular de un domicilio ubicado en el centro de la ciudad de Juliaca se toma en cuenta solamente esta zona debido a que se han realizado

investigaciones donde se han caracterizado los parámetros fisicoquímicos de diferentes zonas de Juliaca y estos no sobrepasaban el límite máximo permisible.

Fachelli, (2015) “Una muestra estadística es una porción o un subconjunto de unidades representativas de una población o universo, seleccionadas al azar y sujetas a observación científica con el fin de obtener resultados válidos para el total del universo estudiado, dentro de los límites de error y probabilidad que puedan ser determinado en cada caso”.

Tabla 4

Coordenadas UTM Jr. Calixto Arestegui 978

Coordenadas UTM Jr. Calixto Arestegui 978	
Este	367297.1
Norte	1750153.8
Altitud	3834 m

En la tabla se muestra las coordenadas UTM del lugar donde se tomo la muestra para su tratamiento por el este 367297.1 por el norte 1750153.8 y a una altitud 3834 m.



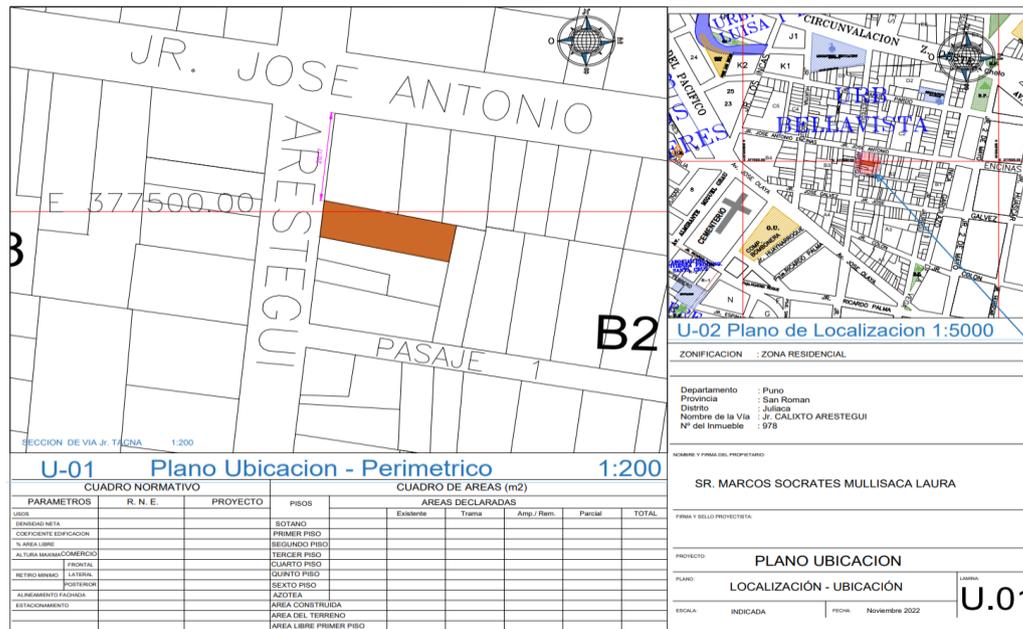


Figura 8. Mapa de zonificación donde se tomó la muestra

3.4 Tipo de investigación

La investigación será cuantitativa ya que involucra la recolección y análisis de datos numéricos. Este método es ideal para determinar tendencias y valores medios, hacer predicciones, verificar relaciones y obtener resultados generales.

Rodrigo (2015) “en la investigación de enfoque cuantitativo, el estudioso utiliza una o más variables de investigación para comprobar el aumento o la disminución de estas variables y su resultado en los comportamientos observados.

3.5 Diseño De La Investigación

El diseño de la presente investigación es experimental, según Rodríguez (2005), se presenta controlando una variable para que pueda describir cómo o por qué se origina una situación o un evento. En el estudio, se aplicaron diferentes tipos y cantidades de biocarbón para evaluar el tratamiento de aguas subterráneas de los pozos tubulares; Por lo tanto, se utilizaron diferentes técnicas y herramientas para recopilar datos, relacionar variables y responder preguntas.

En otras palabras, el experimento consiste en ajustar el valor de una variable (biocarbon) y observar su consecuencia sobre otra variable (tratamiento del agua subterránea).

3.6 Método de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental, se va a plantear la metodología según cada objetivo

3.7 Metodología para el primer objetivo específico

Obtener biocarbon a partir de biomasa de residuos vegetales por activación química con H_3PO_4 .

3.7.1 Materiales

- Martillos.
- Balanza.
- Vasos de precipitados: 250 y 500 mL.
- Matraces Erlenmeyer: 100 y 500 mL.
- Probeta: 25 mL.
- Crisoles.
- Piseta.
- Mortero de porcelana.

3.7.2 Equipos

- Balanza analítica METTLER TOLEDO.
- Juego de tamices (Escala Tyler).
- Horno.
- Equipo de absorción atómica Agilent Technologies - Life Sciences and Chemical
- Multiparámetro HI9829.

3.7.3 Reactivos:

- Residuos orgánicos vegetales.
- Ácido fosfórico (H_3PO_4).
- Agua destilada.
- -Agua subterránea.

3.7.4 Elaboración de carbón activado

Los residuos vegetales se secarán a temperatura ambiente 15°C , después de ello se someterá a pirolisis a 200°C en un horno cilíndrico por un periodo de 4 horas, seguidamente se le agrega 250mL de H_3PO_4 ácido fosfórico al 85% con el que se realizara la impregnación estando en contacto con los residuos por un periodo de 3 horas posteriormente se llevara por segunda vez a pirolisis a 400°C en un horno cilíndrico durante 3 h, luego se enfriara, pesara y almacenara.

3.7.4.1 Activación química

Sevilla (2007) Otro aspecto importante de la química superficial del carbón activado es su naturaleza anfótera, lo que significa que los grupos superficiales ácidos y los grupos superficiales básicos coexisten en la superficie del carbón. Que el carbono sea globalmente ácido o básico depende tanto de la concentración de estos grupos como de su fuerza como ácido o como base. Intuitivamente, se puede concluir que el carbono básico es más favorable para la adsorción de compuestos ácidos que el carbono de tipo ácido y viceversa. Por otro lado, los grupos ácidos tienden a liberar protones, especialmente en ambientes básicos, mientras que los grupos básicos tienden a atraparlos en ambientes ácidos.

De esta manera, se pueden formar cargas positivas o negativas en la superficie de carbono. En general: cuando el pH del ambiente es mayor que el punto de carga cero del carbón, las cargas negativas prevalecen en la superficie del carbón; por el contrario, si $\text{pH} < \text{pHPZC}$ obtiene una superficie cargada positivamente.

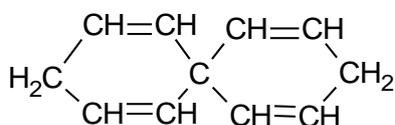
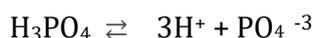
Las condiciones en las que el carbono tiene una carga neta negativa son favorables para la adsorción de cationes, y las condiciones en las que tiene una carga positiva son favorables para la adsorción de aniones. Dado que no siempre es fácil cambiar el pH de las aguas residuales contaminadas, se recomienda optimizar la química superficial del carbón activado, teniendo en cuenta los criterios anteriores, para que la adsorción sea máxima.

Asimbaya(2015) la aparición de las estructuras porosas es el resultante del proceso de activación. Estos poros pueden ser el resultado de la evaporación

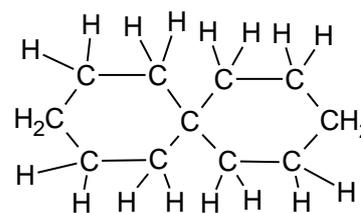
del agente de activación, la descomposición del aserrín por la temperatura, una reacción química entre el carbón y el agente activante, o simplemente puede tratarse del espacio ocupado previamente por el agente de activación.

Los residuos lignocelulósicos que tienen una estructura fibrosa y porosa, son características adecuadas para obtener materiales carbonosos tales como carbones activados, ya que la biomasa se puede descomponer y quemar fácilmente (Ioannidou y Zabaniotou, 2007).

De acuerdo con la literatura, un buen precursor de carbón activado debe tener una estructura porosa y fibrosa, ya que, bajo esta condición, el oxígeno puede difundirse fácilmente dentro de la partícula durante el proceso de combustión, lo que ocasiona que el material volátil pueda liberarse gradualmente. (Canales 2018).



Carbón



Carbón activado

3.7.4.2 Caracterización de la materia prima

- **Humedad**

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

- **Ceniza/material volátil:**

$$\% \text{Cenizas} = \frac{\text{Peso de la ceniza}(g)}{\text{Peso de la muestra}(g)} \times 100$$

$$\% \text{Material volátil} = \frac{\text{Peso de componentes volátiles}(g)}{\text{Peso de la muestra seca}(g)} \times 100$$

- **Carbono fijo:**

$$\% \text{carbono} = 100 - \% \text{materia volátil} - \% \text{cenizas}$$

- **Densidad aparente**

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso de la muestra (g)}}{\text{Volumen de la muestra (cm}^3\text{)}}$$

- **Rendimiento de carbón activado obtenido**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{W_s}{W_e} \times 100$$

Donde:

- W_e =peso de bioadsorbente antes de la carbonización.
- W_s =peso del carbón obtenido.
- $\%R$ =porcentaje de rendimiento.

3.7.5 Diagrama de flujo de la obtención del carbón activado

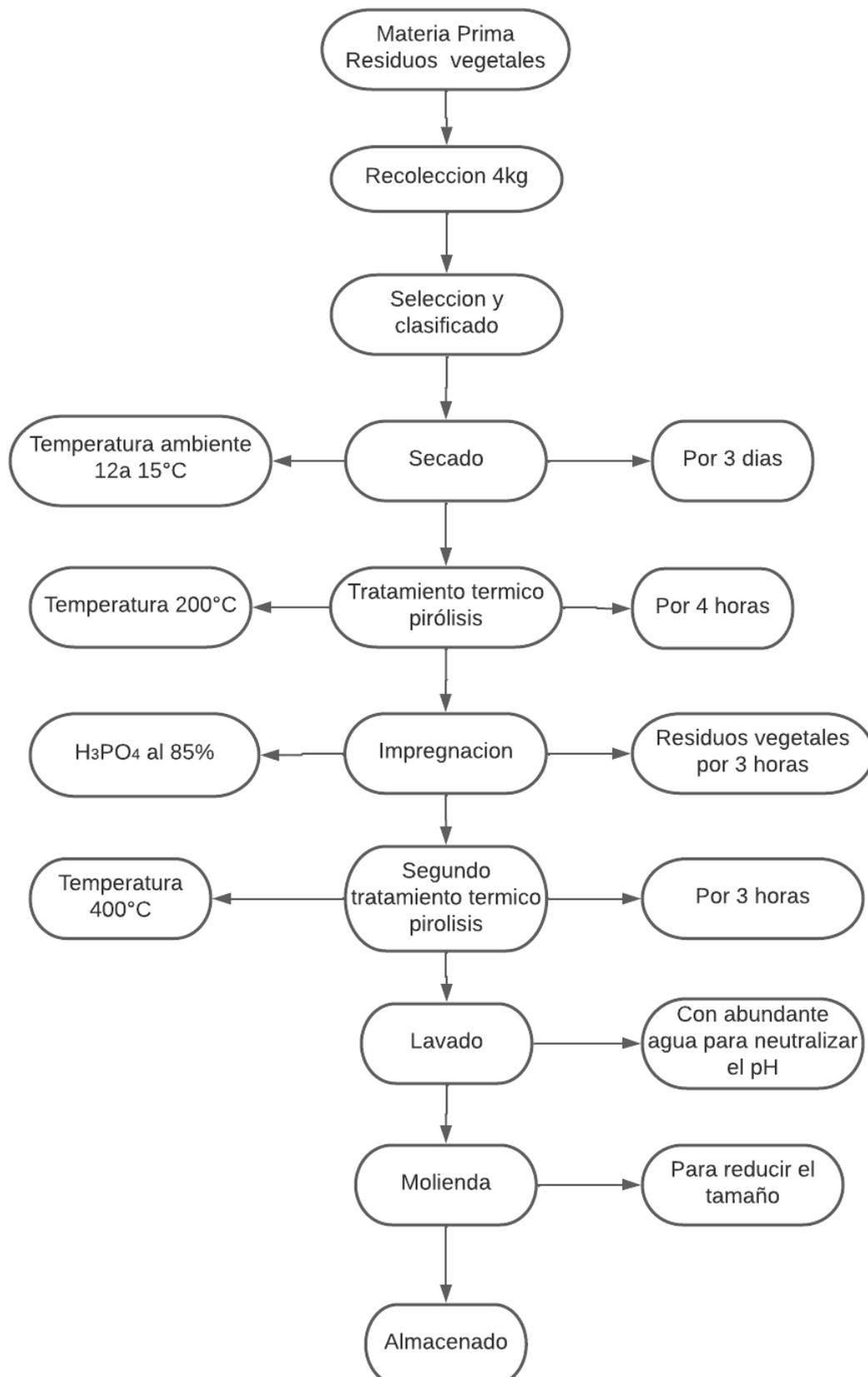


Figura 9. Diagrama de flujo de obtención del biocarbon

3.8 Metodología para el segundo objetivo específico

3.8.1 Determinación de la concentración de aluminio método HACH-8326

Hach (2018) Antes de usar, lave la cristalería con ácido clorhídrico 6,0 N y agua desionizada para evitar errores causados por las impurezas absorbidas por el vidrio. Para obtener resultados precisos, la temperatura de la muestra debe estar entre 20 y 25 °C. Para obtener resultados más precisos, especifique un blanco de reactivo para cada nuevo lote. Siga el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra. Reste la lectura en blanco de la lectura de prueba en consecuencia; el dispositivo puede comparar automáticamente con la configuración blanca.

3.8.1.1 Reactivos

- 1 tampón hexametileno tetramina, sobre de reactivo en polvo.
- 1 Enmascarador ECR en solución de reactivo.
- 1 gota Tubo, graduado, 25mL con tapón de vidrio.
- 1 Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada.

3.8.1.2 Procedimiento

- a) Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados.
- b) Seleccionar el test.
- c) Llenar un tubo mezclador graduado de 25mL hasta la marca de 20mL con muestra. Añadir el contenido de un sobre ECR en polvo para muestras de 20mL.
- d) Poner el tapón al tubo. Invertir varias veces para disolver el polvo El reactivo no disuelto podrá dar lugar a resultados equívocos.
- e) Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un período de reacción de 30 segundos.
- f) Después de que suene el temporizador, añadir el contenido de un sobre de reactivo Hexametileno tetramina en polvo.

- g) Poner el tapón al tubo. Invertir varias veces para disolver el polvo. En presencia de aluminio aparecerá un color naranja-rojo.
- h) Preparación del blanco: añadir una gota de reactivo enmascarador ECR en una cubeta cuadrada de una pulgada limpia de 10-mL para la muestra.
- i) Verter 10mL en la cubeta que contiene el blanco. Agitar, con rotación, para mezclar. La solución tomará un color amarillo.
- j) La muestra preparada: verter un volumen adicional de la mezcla hasta la marca de 10mL en otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL.
- k) Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un período de reacción de 5 minutos.
- l) Menos de 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- m) Seleccionar en la pantalla: Cero La pantalla indicará: 0,004 mg/L Al^{3+}
Este test utiliza un punto de intercepción no nulo para la curva de calibrado.
- n) Inmediatamente limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada). Colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- o) Seleccionar en la pantalla: Medición El resultado aparecerá en mg/L Al^{3+} .

3.8.2 Determinación de la conductividad

Rodier (1981) El tamaño mínimo de muestra debe ser de 500 mL; su recolección se puede hacer en envases de plástico (polietileno o equivalente) o de vidrio.

Conductímetro: Usar un instrumento cuya medida de conductividad en términos de error no exceda el 1% o 1 m mho/cm, dependiendo del que sea más grande.

Termómetro: que cubra el intervalo de 23 a 27°C, con una aproximación de 0,1°C. Es conveniente un termómetro con un pequeño termistor como elemento sensible debido a su rápida respuesta; algunos conductímetros están equipados con un sensor automático de temperatura.

Celda de conductividad: Con electrodos de platino. Su selección depende del intervalo de resistencia y conductividad del instrumento, el cual se comprueba por comparación de los resultados experimentales con la conductividad verdadera de soluciones estándar de cloruro de potasio.

3.8.2.1 Reactivos

- Agua desionizada, para conductividad. La conductividad debe ser pequeña comparada con el valor a ser medido, generalmente menor de 1 m mho/cm.
- Solución estándar de cloruro de potasio, KCl 0,0100 M. Disolver 745,6 mg de KCl anhidro en agua desionizada y diluir a 1000 mL en un balón volumétrico, a 25°C. Guardar en un frasco de vidrio borosilicatado con tapón de vidrio.

3.8.2.2 Procedimiento

- Calibración instrumental.
- Determinación de la constante de la celda.
- Enjuagar la celda de conductividad con mínimo tres porciones de solución 0,01 M de KCl; ajustar la temperatura de una cuarta porción a $25,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Si el conductímetro muestra la resistencia, R, ohmios, medir la resistencia de esta porción y anotar la temperatura.
- Calcular la constante de la celda, C:
- Medición de la conductividad.
- Enjuagar la celda de conductividad con una o más porciones de la muestra. Ajustar la temperatura de otra porción a $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ y medir la resistencia o la conductividad de la muestra registrando la temperatura con aproximación de $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

3.8.3 Determinación de sólidos totales disueltos

3.8.3.1 Procedimiento

- Mide la conductividad de la muestra. Asegúrate de que el vaso con la muestra de agua esté sobre una superficie plana y estable. Enciende el medidor de conductividad eléctrica y luego inserta el conductor de medición en la muestra.
- Es posible que tengas que esperar unos segundos antes de que la lectura se estabilice, pero es importante que esperes hasta que el número en la pantalla deje de cambiar.
- La medición que se muestra en el medidor de conductividad eléctrica es la pureza del agua, medida en μS (microsiemens). Cuanto menor sea el valor en μS , más pura será el agua. Si el valor en μS es 0, tendrás H_2O sin contaminación
- $\text{STD} = K_e \cdot C_e$ La fórmula básica para calcular el total de sólidos disueltos se parece a la ilustración de arriba. En la fórmula, el TDS se mide en mg/L , "CE" es la conductividad de la muestra y "ke" es el factor de correlación. El factor de correlación depende del líquido que se usa para la muestra y también puede variar de acuerdo a las condiciones atmosféricas. Varía entre 0,55 y 0,8.
- Un TDS alto no significa necesariamente que el agua no es segura para el consumo; simplemente podría sugerir que el agua tiene cualidades estéticas desagradables en términos de color, sabor, olor, etc.

3.9 Metodología para el Tercer objetivo específico

Evaluar la eficiencia del filtro con biocarbon, arena fina y grava en el tratamiento de agua subterránea.

3.9.1 Para determinar el porcentaje de remoción se usará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Remocion} = \frac{C_o - C_f}{C_o} 100$$

- C_0 : concentración inicial del agua sin tratamiento.

- Cf: concentración final del agua después del tratamiento.

3.10 Metodología para el objetivo general

Diseñar un filtro a base de biocarbon, arena fina y grava para el tratamiento de aguas subterráneas para consumo humano.

3.10.1 Diseño del filtro

Arévalo (2013) Dimensiones para diseñar un filtro.

3.10.1.1 Caudal

Con los datos obtenidos del proceso de filtración se calcula el valor del caudal

Fórmula:

$$Q = \frac{V_0}{t}$$

Donde:

- Q= Caudal Volumétrico
- V_0 = Volumen
- t= tiempo

3.10.1.2 Área transversal

Para el cálculo del área trasversal se utilizará la siguiente Fórmula

$$A_t = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Donde:

- A_t = Área Transversal.
- D= Diámetro

3.10.1.3 Velocidad de filtración

Con los datos obtenidos por medio de las fórmulas anteriores se puede calcular la velocidad con la que es filtrada el agua.

$$V_f = \frac{Q}{At}$$

Dónde:

- V_f = Velocidad
- Q = Caudal.
- At = Área Transversal.

3.10.1.4 Tiempo de retención

- Fórmula

$$t = \frac{L}{V_f}$$

Donde:

- L = longitud del filtro.
- V_f = velocidad de filtración.

3.10.1.5 Área del lecho de la columna de filtración

$$A = \frac{Q}{V_o \text{ agua}}$$

Donde:

- A = Área
- Q = (cantidad del agua)
- V_o agua= Velocidad del agua.

3.10.1.6 Longitud del Filtro

$$L = 2.3 * \text{ancho}$$

Donde:

- L : longitud del filtro

3.10.1.7 Ancho del Filtro

$$\text{Ancho} = \sqrt{\text{Area}}$$

3.10.2 Dosificación del filtro

Tabla 5

Dosificación del filtro

Filtros	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3
Arena fina	10%	25%	42,5%
Biocarbon	80%	50%	30%
Grava	10%	25%	42,5%

En la tabla 5 muestra las dosificaciones de los filtros siendo el filtro 1 con un 80% de biocarbon que representa 8cm (4g) de biocarbon ,10% de arena fina 1cm, 10% de grava, el filtro 2 presenta un 50% de biocarbon 5 cm (2,5g) 25% de arena fina 2,5 cm y 25% de grava 2,5cm finalmente el filtro 3 con un 30% de biocarbon 3cm (1,5g) de biocarbon 42,5% de arena fina que representa 4,25cm y 42,5% de grava 4,25 cm.

En la parte superior del filtro se encuentra la grava para que pueda existir una mayor superficie de contacto y además que al momento de ingresar el agua sea de flujo rápido el biocarbon se encuentra en la parte intermedia para que el agua que llegue ya haya pasado un pre tratamiento y pueda ocurrir la adsorción eficaz, en la parte inferior finalmente se encuentra la arena fina para que termine de hacer el tratamiento completo.

El biocarbon puede llegar a saturarse para su mantenimiento existen varios métodos sin embargo el método más utilizado para la regeneración del biocarbon es la evaporación el cual consiste en hacer pasar agua caliente a través del filtro para que se puedan evaporar los contaminantes y pueda volver a usarlo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados según el primer objetivo específico

Elaboración biocarbon a partir de residuos orgánicos vegetales

4.1.1 Elaboración del carbón activado

Los residuos vegetales fueron secados a temperatura ambiente 15°C, después de ello se sometió a pirolisis a 200°C en un horno cilíndrico por un periodo de 4 horas, seguidamente se le agrega 250mL de H₃PO₄ al 85% con el que se realiza la impregnación estando en contacto con los residuos por un periodo de 3 horas posteriormente se llevó por segunda vez a pirolisis a 400 °C en un horno cilíndrico durante 3 h, luego se enfrió, pesó y almacenó.

4.1.2 Análisis químico proximal

En la siguiente tabla se presenta los resultados de las propiedades fisicoquímicas

Tabla 6

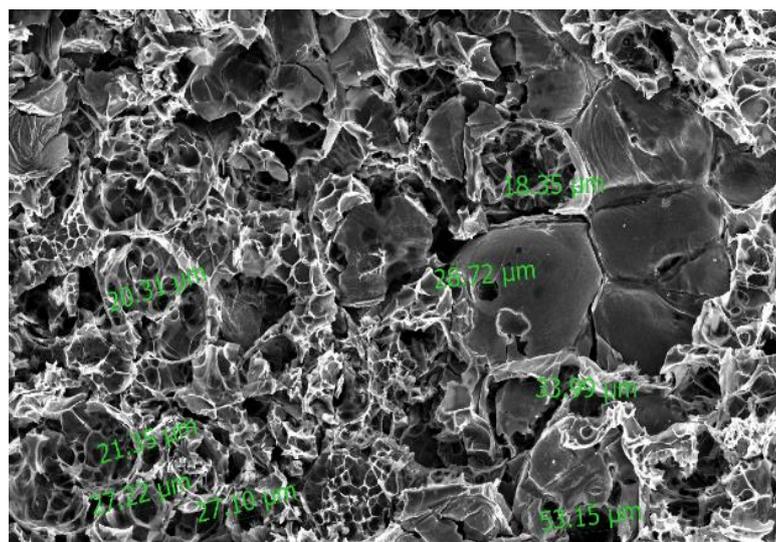
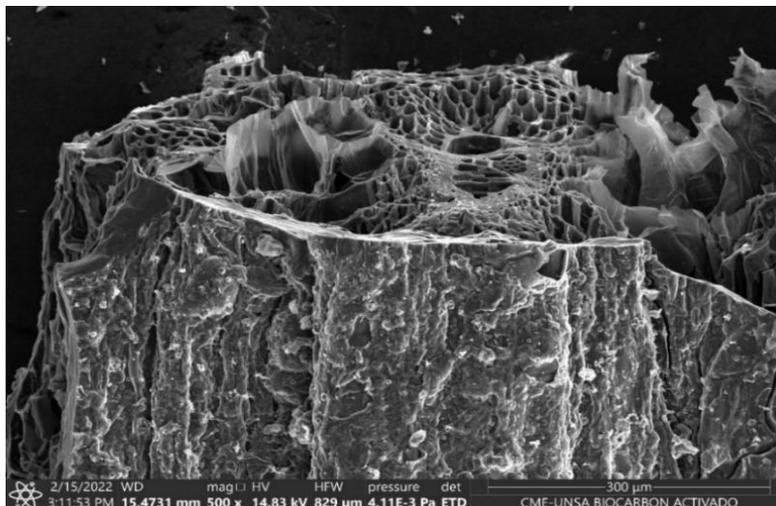
Análisis químico proximal del biocarbon de residuos vegetales

Determinaciones	Resultado
Carbono %	58,58
Oxigeno %	32,39
Fosforo%	6,92
K %	1,26
Ca%	0,85

Fuente: Laboratorio de microscopia electrónica de barrido UNSA

El resultado del análisis de la biomasa de residuos vegetales tiene un contenido de carbono del 58,58%; oxígeno 32,39% fósforo de 6,92% potasio 1,26% calcio 0.85%. Esto se compara con los resultados obtenidos por Aguirre (2017) quien obtuvo un 49,77% en las semillas de eucalipto, por otra parte (Gamboa, 2009) en su estudio los resultados obtenidos fue un alto contenido de carbono (57,72%) Sin embargo Urien (2013) obtuvo 51,21%, (Thanthirige et al., 2016) presenta en sus estudios un 47% de carbono y 37,44% de oxígeno, los estudios reportan que el contenido en carbón activado se encuentran entre un 40 a 90% , los cuales son valores aceptables y similar a lo reportado en otros estudios.

4.1.3 Microscopia electrónica de barrido



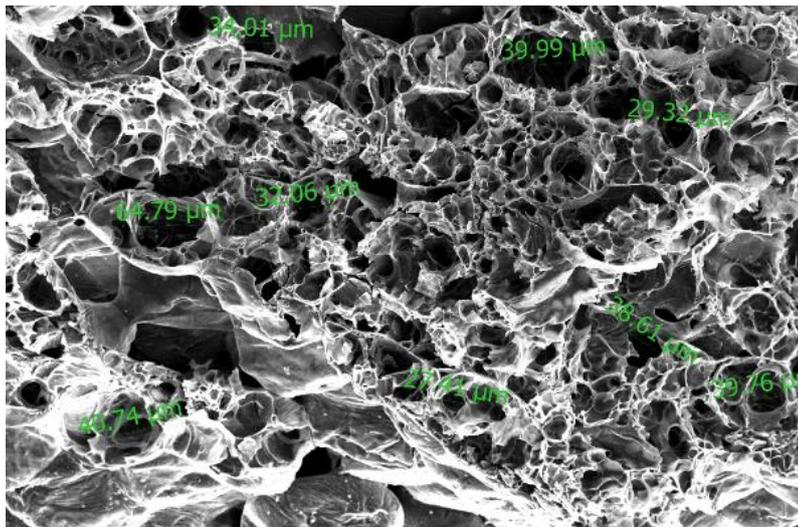


Figura 10. Imágenes del Análisis de microscopía electrónica de barrido del biocarbon

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónico de Barrido de la UNSA

La micrografía del precursor nos permite apreciar la morfología a 400°C que corresponden a las microestructuras del bicocarbón con una magnificación de la imagen 1000x la cual muestra estructuras rugosas con presencia de pliegos alargados, muestra claramente el elevado desarrollo de porosidad con un tamaño que varía de entre 18,35 – 64,74 μm .

Asimbaya (2015) la aparición de las estructuras porosas es el resultante del proceso de activación. Estos poros pueden ser el resultado de la evaporación del agente de activación, la descomposición del aserrín por la temperatura, una reacción química entre el carbón y el agente activante, o simplemente puede tratarse del espacio ocupado previamente por el agente de activación. Sekaran et al (2018) los poros grandes, aproximadamente de a 20 a 40 μm , pueden ser resultado de la liberación de gases generados en el proceso de carbonización.

Los residuos lignocelulósicos que tienen una estructura fibrosa y porosa, son características adecuadas para obtener materiales carbonosos tales como carbones activados, ya que la biomasa se puede descomponer y quemar fácilmente (Ioannidou y Zabaniotou, 2007). De acuerdo con la literatura, un buen precursor de carbón activado debe tener una estructura porosa y fibrosa, ya que, bajo esta condición, el oxígeno puede difundirse fácilmente dentro de la partícula durante el proceso de

combustión, lo que ocasiona que el material volátil pueda liberarse gradualmente. (Canales 2018).

An et al (2021) la capacidad de adsorción del biocarbón podría mejorarse mejorando la porosidad mediante modificación química. Mientras que una mayor área superficial proporciona más sitios de adsorción y espacios para los nutrientes (Soria, 2016). Saldaña (2021) la distribución del tamaño de partículas depende de la materia prima y la temperatura de producción, lo que ocasiona un desgaste del material orgánico durante el proceso térmico.

Song et al (2014) la porosidad del biocarbón contribuye a la retención de agua, una de las funciones principales de los macroporos. En vista a revisado en toda la literatura se puede decir que residuos vegetales resultaron ser potenciales precursores de carbones activados.

4.1.4 Características de la materia prima

Tabla 7

Características de la materia prima

% Humedad (g/cm ³)	% ceniza	% volátil	% Carbono fijo	Densidad aparente
4 %	5,1%	69,1%	25,8%	0,4

Contenido de cenizas de 5,1% resultante en la investigación en comparación con Rojas (2018), quien reporta en su trabajo 5,12 cenizas en carbón activado a partir de residuos orgánicos de *Gypsophila elegans*, mientras que Avalos (2019) tiene un contenido de cenizas de 4% y Carranzas (2019) reporta 2,8 % carbón activado de arvejas ponciana.

Canales, (2018) obtuvo 7,8 % de contenido de humedad para cebada y 6,91 % para mazorca, mientras que Yampasi (2017) reportó 7,1 % de contenido de humedad para carbón activado con tallos de cañihua. El contenido de cenizas es un parámetro importante porque, por un lado, está relacionado con la disolución de estas sales durante el uso del carbón activado, creando así problemas de contaminación en la corriente a tratar; y por otro lado determina la calidad del precursor de la combustión determinando el contenido de material no combustible en el mismo, buscando así un bajo contenido de cenizas.

Sin embargo, la materia volátil para la biomasa de residuos vegetales fue de 69,1 %, la cual se encuentra dentro del rango permisible para Canales et al., (2018) obtuvo 79,8 % para cebada 84% para mazorca, por otro lado Barreto, (2013) obtuvo un contenido de humedad de 7,8 %; y porcentaje en volátiles 68,93%. La materia volátil es en parte responsables de los agujeros existentes en la estructura de los materiales de carbono, porque después de ser sometidos a altas temperaturas, los volátiles se separan, dejando un vacío en su lugar. Por lo tanto, el contenido de materia volátil es otro parámetro importante ya que proporciona una indicación de la reactividad e inflamabilidad de una sustancia orgánica (Canales et al., 2018). El contenido de carbono fijo fue de 25,8%, lo que indica que la oxidación es más eficiente que el proceso térmico que produce más carbono. El carbón fijo no se considera un indicador para evaluar la calidad de su adsorbente. La densidad del carbón activado es de 0,4 g/cm³.

4.2 Resultados según el segundo objetivo específico

Caracterizar la conductividad, Solidos totales disueltos y la concentración de aluminio de agua subterránea antes del tratamiento.

Tabla 8

Caracterizar la conductividad, stds, y concentración de aluminio de agua subterránea antes del tratamiento

Parámetros	Unidades	Valores obtenidos	D.S.0-31-2010-S.A. LMP
PH	pH	7,76	6,5-8,5
Conductividad eléctrica	µS/cm	1013	1500
Solidos totales disueltos	mg/L	154,50	500
Temperatura	°C	12,6	
Dureza total como CaCO ₃	mg/L	637,73	500
Alcalinidad como CaCO ₃	mg/L	555,44	
Cloruros	mg/L	189,94	250
Sulfatos	mg/L	100,80	250
Nitratos	mg/L	23,78	50
Salinidad	mg/L	0,60	
Turbiedad	mg/L	0,16	5
Aluminio	mg/L	0,17	0,2

En la tabla se presenta los resultados de los análisis de parámetros fisicoquímicos del agua subterránea provenientes del pozo tubular del domicilio antes del tratamiento, el cual se compara con el D.S.0-31-2010-S.A. LMP, se puede visualizar que los parámetros obtenidos sobrepasan el límite establecido. Podemos comparar con el trabajo de Calsin, (2016) quien es su trabajo obtuvo valores muy semejante para los pozos tubulares de Juliaca std, turbiedad, nitratos, cloruros, dureza entre otros.

4.3 Resultados según el tercer objetivo específico

Evaluar la eficiencia del filtro con biocarbon, arena fina y grava en el tratamiento de agua subterránea.

4.3.1 Dosificación de filtros

Tabla 9

Dosificación de filtros

Filtros	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3
Arena fina	10%	25%	42,5%
Biocarbon	80%	50%	30%
Grava	10%	25%	42,5%

La tabla 9 presenta la dosificación del biocarbon, arena fina y grava en los tres filtros, tener en cuenta que el filtro se ha dosificado en función a la cantidad de biocarbon, en la parte inferior se encuentra la grava en la parte superior la arena fina y en medio el biocarbon el criterio para esta dosificación fue la velocidad de flujo

Tabla 10

Resultado de análisis de aluminio

	Concentración de aluminio	Tiempo de contacto	% Porcentaje remoción
Filtro 1	0,015 mg/l	30 min	91,17%
Filtro 2	0,007mg/l	30 min	95,8%
Filtro 3	0,008mg/l	30 min	95,2%
Agua sin tratamiento	0,17 mg/l		

En la siguiente tabla se puede visualizar las diferentes concentraciones de aluminio después de pasar por los filtros claramente se muestra la disminución significativa de concentración de aluminio en el filtro N°2 (50%), todos con 30 minutos como tiempo de retención.

4.3.2 Concentraciones finales de aluminio después del tratamiento

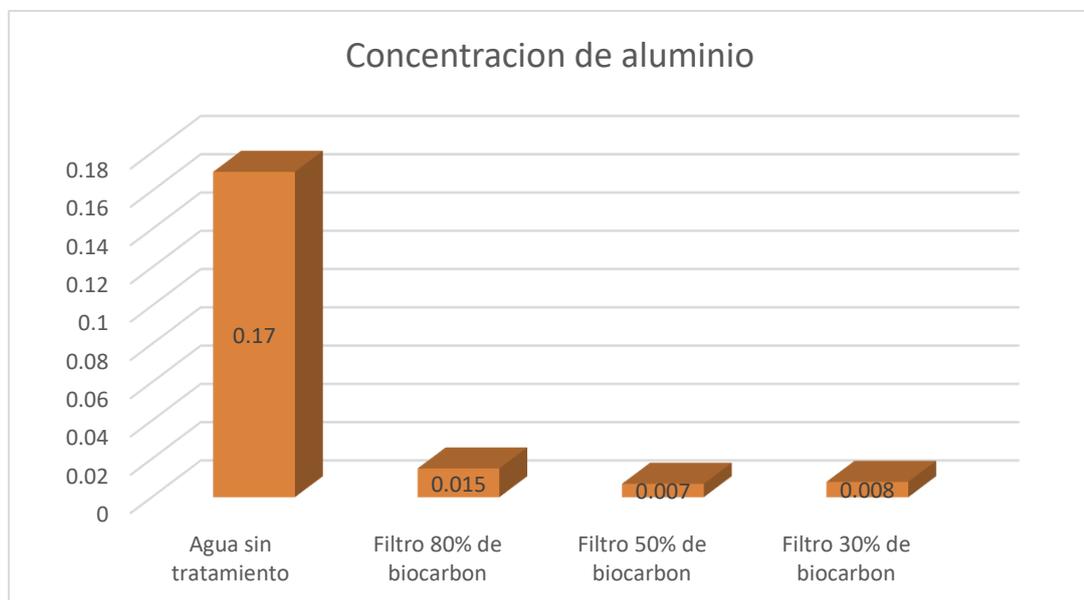


Figura 11. Concentraciones finales de aluminio después del tratamiento

En la figura presenta las concentraciones finales de aluminio correspondientes a cada filtro donde se visualiza que en el filtro con 50% de biocarbon fue quien redujo una mayor concentración de aluminio.

4.3.3 Porcentaje de remoción del aluminio

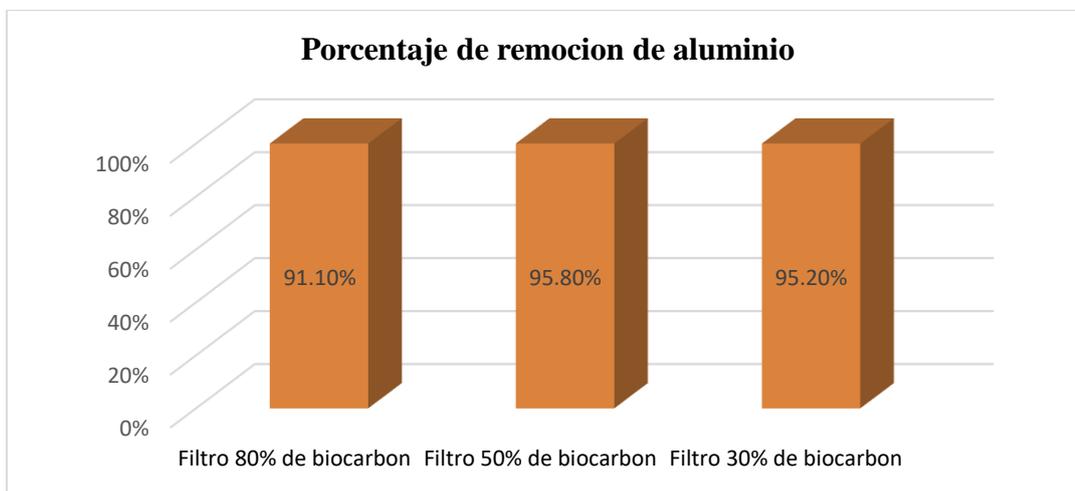


Figura 12. Porcentaje de remoción del aluminio

En la figura presenta los porcentajes de remoción correspondientes a cada filtro donde se visualiza que en el filtro con 50% de biocarbon fue quien removió mayor porcentaje de aluminio.

4.3.4 Resultado de análisis fisicoquímico

	Sin tratamiento	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3
Conductividad	1013	1400	1008	1320
Solidos totales disueltos	154,5	420	320	260
Temperatura	12,9°C	12,8	12,8	12,4
pH	7.6	7,10	6,81	6,7

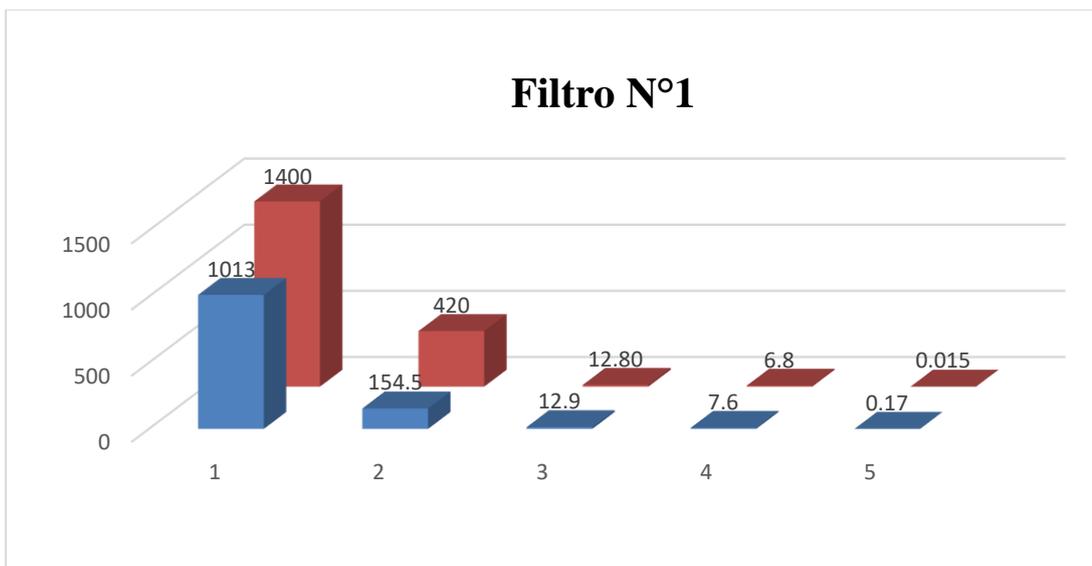


Figura 13. Resultado de los análisis fisicoquímicos filtro N°1

En la figura se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos como conductividad aumenta en un 38%, sólidos totales disueltos, temperatura, pH y concentración de aluminio correspondientes para el filtro N°1 (80%), donde las barras de color azul indican valores obtenidos antes del tratamiento mientras que el color naranja valores obtenidos después del tratamiento.

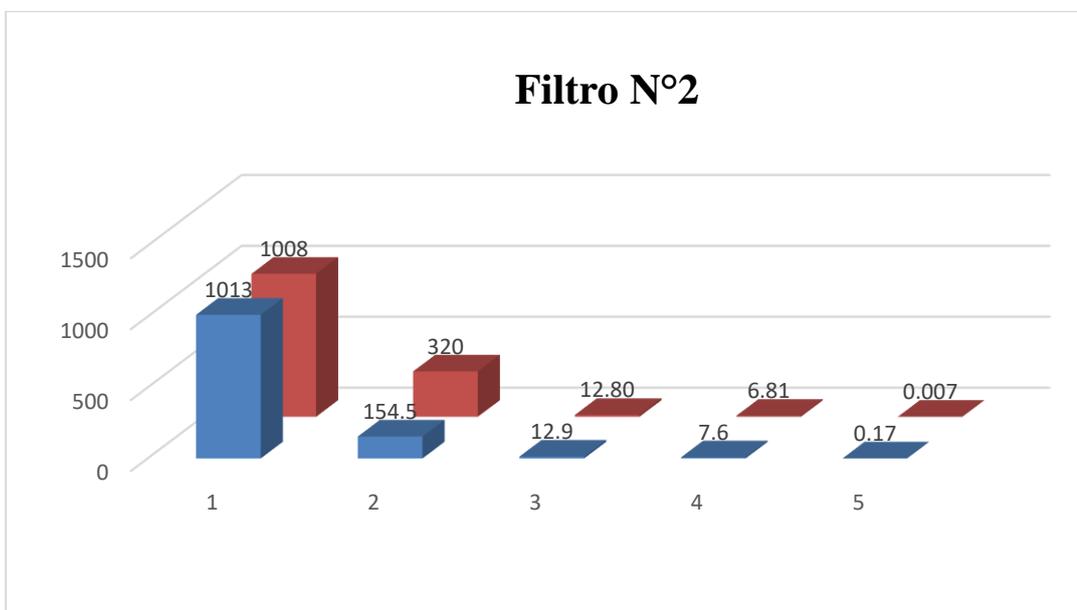


Figura 14. Resultado de los análisis fisicoquímicos filtro N°2

En la figura se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos como conductividad aumenta un 0,4%, sólidos totales disueltos, temperatura, pH y concentración de aluminio correspondientes para el filtro N°2 (50%), donde las

barras de color azul indican valores obtenidos antes del tratamiento mientras que el color naranja valores obtenidos después del tratamiento.

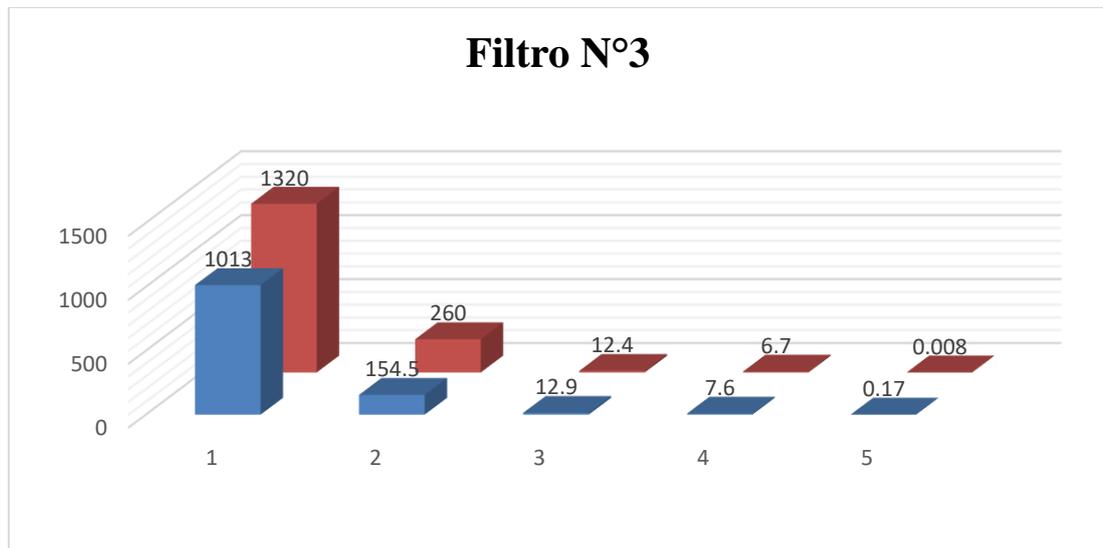


Figura 15. Resultado de los análisis fisicoquímicos filtro N°3

En la figura se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos como conductividad aumento un 23%, solidos totales disueltos, temperatura, pH y concentración de aluminio correspondientes para el filtro N°3 (30%), donde las barras de color azul indican valores obtenidos antes del tratamiento mientras que el color naranja valores obtenidos después del tratamiento.

4.4 Resultados del objetivo general

Diseñar un filtro a base de biocarbon, arena fina y grava para el tratamiento de aguas subterráneas para consumo humano en la ciudad de Juliaca.

Se tomó un envase de polietileno transparente de uso alimentario con capacidad de un litro, se cortará la parte superior creando una tapa que se pueda abrir y cerrar, luego el envase se colocará en un soporte metálico con la tapa hacia abajo adhiriendo en el fondo algodón, grava y una capa, biocarbon obtenido de los residuos de la materia orgánica encima se pondrá arena fina; se agregará el agua dentro del recipiente y se esperará a que la misma comience a filtrar; se cerrará la tapa superior y se dejará reposar el agua por 30 minutos, para esto el filtro siempre deberá estar en posición vertical; luego se abrirá la boca del envase de la parte inferior y el agua ya filtrada se depositará en un vaso de precipitación de; se tomará el tiempo que tarda el agua en atravesar el filtro; por último, se realizará la determinación física, química al filtrado de agua para conocer la capacidad

de retención de compuestos orgánicos. Se mostraron tres concentraciones diferentes de los elementos que componen el filtro, se obtuvieron diferentes resultados de laboratorio en cada filtro, se obtuvo la concentración más adecuada y se propuso como solución al problema de la investigación. En este estudio se proponen 3 opciones de filtración para el tratamiento de aguas subterráneas:

Tabla 11

Diseño de un filtro con biocarbon con grava y arena fina

Parámetro	Resultado
Caudal	0,08L/min
Área transversal	50,26cm ²
Volumen	904,77cm ³
Longitud del filtro	18cm
Velocidad de filtración	1,59cm/min
Tiempo de retención	11,3 minutos
Ancho del filtro	8cm

4.4.1 Combinación de filtro 1

Tabla 12

Combinación filtro N°1

Porcentaje	Material	Altura	Área	Volumen
10%	Arena fina	1cm	50,26cm ²	904,77cm ³
80%	Biocarbon	8cm	50,26cm ²	904,77cm ³
10%	Grava	1cm	50,26cm ²	904,77cm ³

La tabla presenta la dosificación correspondiente del filtro 1 (80%) la arena fina está representada por 1cm y el biocarbon 8cm.

4.4.2 Combinación de filtro 2

Tabla 13

Combinación filtro N°2

Porcentaje	Material	Altura	Área	Volumen
35%	Arena fina	3,5cm	50,26cm ²	904,77cm ³
30%	Biocarbon	3cm	50,26cm ²	904,77cm ³
35%	Grava	3,5cm	50,26cm ²	904,77cm ³

4.4.3 Combinación de filtro 3

Tabla 14

Combinación N°3

Porcentaje	Material	Altura	Área	Volumen
25%	Arena fina	2,5cm	50,26cm ²	904,77cm ³
50%	Biocarbon	5cm	50,26cm ²	904,77cm ³
25%	Grava	2,5cm	50,26cm ²	904,77cm ³

4.5 Análisis estadístico

Regresión Simple - %Remoción de aluminio vs. Cantidad de biocarbon (cm)

- Variable dependiente: %Remoción de aluminio
- Variable independiente: Cantidad de biocarbon (cm)
- Lineal: $Y = a + b \cdot X$
- Número de observaciones: 3

Tabla 15

Coefficientes estadísticos

Parámetro	Mínimos	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
Cuadrados				
Intercepto	99.833	0.0274159	3641.43	0.0002
Pendiente	-577.632	2.58288	-223.638	0.0028

Fuente: statigraphics centurión

Tabla 16

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	12.679	1	12.679	50014.10	0.0028
Residuo	0.000253509	1	0.000253509		
Total (Corr.)	12.6793	2			

Fuente: statigraphics centurión

- Coeficiente de Correlación = 0.99999
- R-cuadrada = 99.998 porciento
- R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99.996 porciento
- Error estándar del est. = 0.015922
- Error absoluto medio = 0.00795322
- Estadístico Durbin-Watson = 2.28947 (P=)
- Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0.429825
- El StatAdvisor.

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo para describir la relación entre %Remoción de aluminio y Cantidad de biocarbon (cm). La ecuación del modelo ajustado es:

$$\% \text{Remoción de aluminio} = 99.833 - 577,632 * \text{Cantidad de biocarbon (g)}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre %Remoción de aluminio y Cantidad de biocarbon (cm) con un nivel de confianza del 95.0%. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 99.998% de la variabilidad en %Remoción de aluminio. El coeficiente de correlación es igual a -0.99999, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0.015922. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

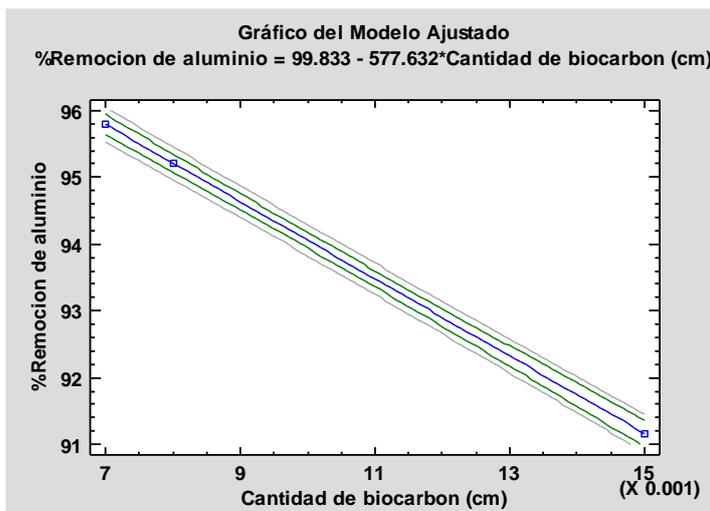


Figura 16. Gráfico del modelo ajustado



CONCLUSIONES

Se desarrollan de acuerdo a los objetivos específicos y redactar en párrafos.

El la biomasa fue calcinada a 300°C para después activarlo con ácido fosfórico 85% a 400°C resultando un biocarbon de gran superficie de contacto y una porosidad que varía de entre 18,35 – 64,74 μm y 58,8% carbono 32,39% oxígeno y 6,92% fósforo.

Los análisis de conductividad solidos totales disueltos y concentración de aluminio provenientes del pozo tubular antes del tratamiento, son 1013 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 154,50 mg/L 0,17 mg/L respectivamente.

El filtro N°1 (80%) se obtuvo un aumento del 38% en la conductividad y un porcentaje de remoción de 91,17% del aluminio, el filtro N°2 (50%), aumenta en la conductividad un 0,4% y removió 95,8% de aluminio el filtro N°3 (30%) donde la conductividad aumento en un 23% y removió 95,2% de aluminio.



RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de otros activadores para evaluar las relaciones costo-rendimiento y costo-efectividad para el tratamiento de agua subterránea.

Realizar estudios de carbón activado con otros materiales disponibles para tratar el agua subterránea.

Popularizar el uso del carbón activado a base de residuos orgánicos, ya que esta materia prima se encuentra disponible en el entorno.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, A. N. Y. (2017). Universidad nacional del altiplano facultad de ingeniería química escuela profesional de ingeniería química adsorción de metales pesados (pb y as) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) TESIS PRESENTADA POR: NATHALI YO. *Universidad Nacional Del Altiplano*, 118.
- Agrawal, A., Sharma, N., & Sharma, P. (2020). Designing an economical slow sand filter for households to improve water quality parameters. *Materials Today: Proceedings*, xxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.450>.
- An, Q., Li, Z., Zhou, Y., Meng, F., Zhao, B., Miao, Y., & Deng, S. (2021). Ammonium removal from groundwater using peanut shell based modified biochar: Mechanism analysis and column experiments. *Journal of Water Process Engineering*, 43(May), 102219. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102219>
- Arrocha, F., Guevara, C., Gonzalez, M., Rivas, F., & Delgado, R. (2019). Evaluación de filtros de carbón activado basado en cáscaras de frutas (piña, plátano, coco, naranja). *Revista de Iniciación Científica*, 5, 79–83. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.0.2390>
- Asimbaya, Rosas, Endara, & Guerrero. (2015). Obtención de Carbón Activado a partir de Residuos Lignocelulósicos de Canelo, Laurel y Eucalipto. *Revista Politécnica-Septiembre*, 36(3), 24–24. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/537
- Bastidas, M., Buelvas, L. M., Márquez, M. I., Popular, U., & De, C. (2010). *Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Activated Carbon Production from Carbonaceous Precursors of the Department of Cesar*, Colombia. 21(3), 87–96. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4289it.09>
- CALSÍN, K. (2016). Br. KATHERINE VANESSA CALSÍN RAMÍREZ. 1–64.
- Canales Flores, R. A. (2018). *Obtención y Caracterización de Carbones Activados a Partir de Residuos Agroindustriales*. 194. http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2070/Obtencion_y_Caracterizacion_de_Carbones.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carcausto, C. (2017). *Purificación de aguas subterráneas por medio de filtros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Thunco-Puno*. 95.

- Centro, I., Chaco, R., Estaci, F., & Agropecuaria, E. (2012). *INTA Centro Regional Chaco Formosa Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña Ruta 95 km 1108. Provincia de Chaco. CP 3700. Argentina. www.inta.gov.ar/saenzpe.*
- Chaukura, N., Chiworeso, R., Gwenzi, W., Motsa, M. M., Munzeiwa, W., Moyo, W., Chikurunhe, I., & Nkambule, T. T. I. (2020). A new generation low-cost biochar-clay composite ‘biscuit’ ceramic filter for point-of-use water treatment. *Applied Clay Science, 185*(September 2019), 105409. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.105409>
- Defaz, H. (2019). *Aplicación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz como filtro purificador de agua.* 1–79.
- Evaluación de los filtros de biocarbón/arcilla en la potabilización de agua de pozo en los municipios de santiago nonualco y en san luis talpa, departamento de la paz.* (2021).
- Fachelli, S. (n.d.). *Metodología de la investigación social cuantitativa.*
- Gamboa, G. D. (2009). *ACTIVACIÓN QUÍMICA ADSORPTION OF FENOL WITH ACTIVATED CARBON PREPARATED FROM COMMON MEDLAR STONES , BY CHEMICAL ACTIVATION.* 75(1), 64–75.
- Garc, R. A., Antonio, Y., & Oporta, G. (2017). *UNAN-MANAGUA RECINTO universitario rubén darío monografía para optar al título de licenciado en química industrial proceso de preparación de carbón activo de cáscara de naranja valenciA (Citrus Sinensis Linn Osbeck), LABORATORIOS DE QUÍMICA UNAN-MANAGUA , II SEMETRE 2016 .*
- Guan, P., Prasher, S. O., Afzal, M. T., George, S., Ronholm, J., Dhiman, J., & Patel, R. M. (2020). Removal of Escherichia coli from lake water in a biochar-amended biosand filtering system. *Ecological Engineering, 150*(March), 105819. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105819>
- Ingenier, S. E. N., Polit, D. E. L. A. E. U., & Sevilla, C. U. (n.d.). *Manual del carbón activo.* 1–89.
- Mamani Navarro, W. (2019). Determinación De La Concentración De Arsénico (As) Total En Las Aguas Subterráneas De Pozos Tubulares En El Distrito De Juliaca Y Medidas De Mitigación. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,* 1–81.
- Mancinella, A. 1993. [Vanadium, an indispensable trace element in living organisms: Current data on biochemical, metabolic levels and therapeutic doses]. *Clinica Terapeutica* 142(3):251–255
- Patricio, D., Torres, R., Pablo, P., & Tamaquiza, P. (2020). *Universidad técnica de*

ambato.

- Pinedo, A. U. (2013). Obtención de biocarbones y biocombustibles mediante pirólisis de biomasa residual. *Tesis De Máster*, 83. http://digital.csic.es/bitstream/10261/80225/1/BIOCARBONES_CENIM_CSIC.pdf
- Ramirez Mas, I., Gamarra Torres, O. A., & Milla Pino, M. E. (2021). Eficiencia del biochar obtenido a partir de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales, Chachapoyas, Amazonas, 2018. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(3), 9. <https://doi.org/10.25127/ucni.v2i3.598>
- Residuales, A., Ciudad, D. E. L. A., & Sobre, D. E. P. (2017). *Universidad nacional del altiplano.*
- Rodrigo, I. L. (n.d.). *MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE ENFOQUE EXPERIMENTAL.*
- Rodríguez Meza, V. S., & Escobar Ponce, J. F. (2018). *Evaluación del funcionamiento de filtros de biocarbón/arcilla en la potabilización del agua, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos.*
- Rossi, G. (2017). Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales. *Universidad Nacional San Agustín de Arequipa*, 66. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5965/SErosagm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saldaña, I. (2021). Universidad Nacional Agraria De La Selva. *Facultad De Zootecnia*, 146. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1625/TS_HRP_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/242/FIA-164.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sekaran, Holliday, C. O. J., Schmidheiny, S., Watts, P., Schmidheiny, S., Watts, P., Montgomery, H., Pmi, University of Pretoria, Gentry, R. R., Lester, S. E., Kappel, C. V., White, C., Bell, T. W., Stevens, J., Gaines, S. D., Zavadskas, E. K., Cavallaro, F., Podvezko, V., ... Branch, B. (2018). No Title. *Pakistan Research Journal of Management Sciences*, 7(5), 1–2. <http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?EbscoContent=dGJyMNLe80Sep7Q4y9f3OLCmr1Gep7JSsKy4Sa6WxWXS&ContentCustomer=dGJyMPGptk%2B3rLJNuePfgex43zx1%2B6B&T=P&P=AN&S=R&D=buh&K=134748798%0A>



<http://amg.um.dk/~media/amg/Documents/Policies and Strategies/S>

Soria, L. (2016). *Producción y evaluación de biocarbón para la absorción de sodio en suelos salinos*. 103. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/24589>

Tao, F., & Quimica, D. E. I. (2015). *LJ~f.,~.*

Thanthirige, P., Shanaka, R., Of, A., Contributing, F., Time, T. O., Of, O., Shehzad, A., & Keluarga, D. D. (2016). *No Title. August*.

Veloz, E. (2020). *Evaluación de la eficiencia del carbón activado procedente del pseudotallo de plátano (Musa paradisiacaL.) para su uso en remoción de contaminantes en agua de pozo*. 1–113.

Vallyathan, V., Brody, A. and Craighead, F.(1982). Pulmonary fibrosis in an aluminum arc welder. *Chest* 81, p. 372-374

Walton, J., Tuniz, C., Fink, D., Jacobsen, G. and Wilcox, D. (1995). Uptake of trace amounts of aluminum into the brain from drinking water. *Neurotoxicology* 16, p.187-190

RODIER, J. *Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar*. Omega, Barcelona, 1981.

SAWYER, C.; McCARTY, P. *Chemistry for Environmental Engineering*. McGraw Hill, New York, 1996

GARAY, J., PANIZZO, L., LESMES, L., RAMIREZ, G., SANCHEZ, J. *Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos*. Tercera edición. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Cartagena, 1993.

For technical assistance, price information and ordering:

ANEXOS

Anexo 1: Residuos Vegetales



Anexo 2: Calcinado e Impregnado de los Residuos Vegetales





Anexo 3: Biocarbon De Residuos Orgánicos



Anexo 4: Tamizado de la grava



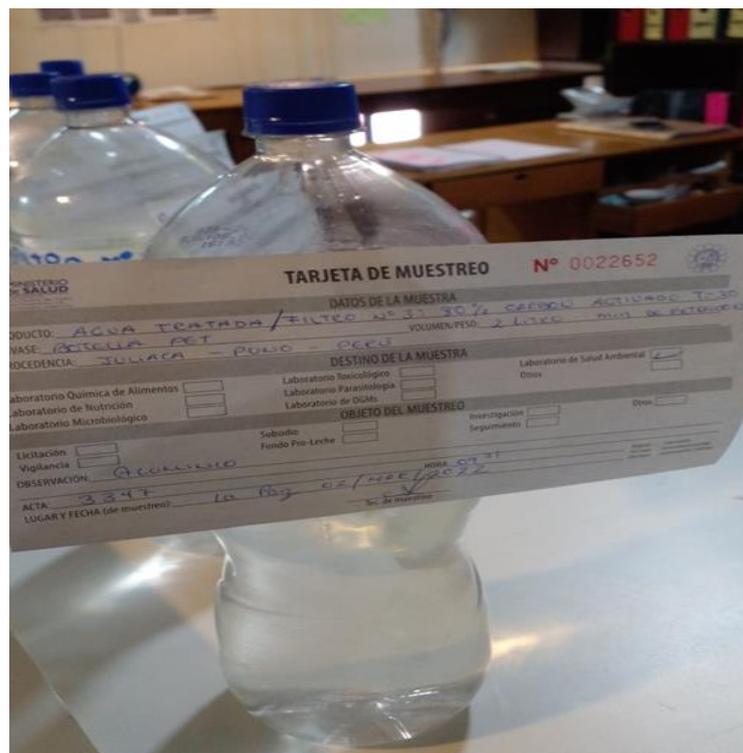
Anexo 5: Lavado de la grava



Anexo 6: Preparación de Los filtros



Anexo 7: Filtros De Diferentes Dosificaciones



Anexo 8: Análisis de agua subterránea INLASA-La Paz Bolivia

INLASA
INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD
DR. NÉSTOR MORALES VILLAZÓN
LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA

Código 023/2022

INFORME DE ENSAYO

LSA-P04-F02
Versión: 01
Emisión: 2021-09-06
Página: 1 de 1

Muestra: AGUA SUBTERRANEA				
Nombre del cliente:	FRANCELY CELESTE MULLISACA TORRES			
Dirección del cliente:	JR. CALIXTO ARESTEGUI 978 JULIACA - PUNO - PERU			
Lugar de Procedencia:	JULIACA - PUNO - PERU			
Uso destinado:	consumo Humano			
Envase: BOTELLA PET	Cantidad: 2 litros			
No. Acta de muestreo: 3347	No. Tarjeta de muestreo: 22648			
Fecha de Muestreo: 2022/02/27	Hora: 12:00			
Fecha de ingreso a Laboratorio: 2022/03/02	Hora: 10:00			
Fecha de Análisis: 2022/03/02	Hora: 10:00			
RESULTADOS				
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO				
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	REFERENCIA NB 512:2016 (AGUA POTABLE) Consumo humano	MÉTODO
Aluminio	0,170	mg/L	Valor máximo 0,1	HACH-8326
<p><small>Analista: M.Cassis/E. Colque Observaciones: SM-Estandar Methods, <LD: menor al límite de detección de método utilizado. SNR: sin norma de referencia. El tiempo de muestreo y la llegada al laboratorio excede 2 horas. No llegó refrigerado.</small></p>				
La Paz, 09 de marzo de 2022				
 M. Sc. Vesperto Boric Bonifaz JEFE DEL LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL INLASA			 M. Sc. Faviola Vidal Velasque COORDINADORA DE LA DIVISION DE CONTROL INLASA	

Los resultados corresponden únicamente a la muestra suministrada por el cliente.
Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del laboratorio.
Información suministrada por el cliente.

Dirección: Rafael Zubieta N° 1889 (Lado Estado Mayor General del Ejército) Miraflores
2225007 • 2225104 - 2225198 • Fax 591-2-2228254 - 2225007



INLASA
INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD
DR. NÉSTOR MORALES VILLAZÓN
LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA



Código 027/2022

INFORME DE ENSAYO

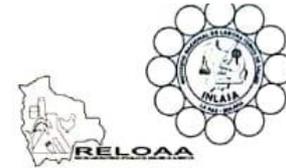
LSA-P04-F02
Versión: 01
Emisión: 2021-09-06
Página: 1 de 1

Muestra: AGUA TRATADA/filtro N°3 :80 % Carbon Activado T° -30 min de Retención.				
Nombre del cliente:		FRANCELY CELESTE MULLISACA TORRES		
Dirección del cliente:		JR. CALIXTO ARESTEGUI 978 JULIACA - PUNO - PERU		
Lugar de Procedencia:		JULIACA - PUNO - PERU		
Uso destinado:		Consumo Humano		
Envase:	BOTELLA PET	Cantidad:	2 litros	
No. Acta de muestreo:	3347	No. Tarjeta de muestreo:	22652	
Fecha de Muestreo:	2022/02/27	Hora:	12:00	
Fecha de ingreso a Laboratorio:	2022/03/02	Hora:	10:00	
Fecha de Análisis:	2022/03/02	Hora:	10:00	
RESULTADOS				
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO				
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	REFERENCIA NB 512:2016 (AGUA POTABLE) Consumo humano	MÉTODO
Aluminio	0,015	mg/L	Valor máximo 0,1	HACH-8326
Analista: M.Cassis/E.Colque				
Observaciones: SM: Estandar Methods, <LD: menor al límite de detección de método utilizado. SNR: sin norma de referencia. El tiempo de muestreo y la llegada al laboratorio excede 2 horas. Sin cadena de frío.				
La Paz, 09 de marzo de 2022				
 M. Sc. Piedad Boric Bonifaz JEFE DEL LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL INLASA			 M. Sc. Faviola Vidal Velasquez COORDINADORA DE LA DIVISION DE CONTROL INLASA	

Los resultados corresponden únicamente a la muestra suministrada por el cliente.
Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del laboratorio.
Información suministrada por el cliente.



INLASA
INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD
DR. NÉSTOR MORALES VILLAZÓN
LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA



Código 024/2022

INFORME DE ENSAYO

LSA-P04-F02
Versión: 01
Emisión: 2021-09-06
Página: 1 de 1

Muestra: AGUA TRATADA/filtro N°2 :30 % Carbon Activado T-30 min de Retención.				
Nombre del cliente:		FRANCELY CELESTE MULLISACA TORRES		
Dirección del cliente:		JR. CALIXTO ARESTEGUI 978 JULIACA - PUNO - PERU		
Lugar de Procedencia:		JULIACA - PUNO - PERU		
Uso destinado:		Consumo Humano		
Envase:	BOTELLA PET	Cantidad:	2 litros	
No. Acta de muestreo:	3347	No. Tarjeta de muestreo:	22650	
Fecha de Muestreo:	2022/02/27	Hora:	12:00	
Fecha de ingreso a Laboratorio:	2022/03/02	Hora:	10:00	
Fecha de Análisis:	2022/03/02	Hora:	10:00	
RESULTADOS				
ANÁLISIS FISIQUÍMICO				
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	REFERENCIA NB 512:2016 (AGUA POTABLE) Consumo humano	MÉTODO
Aluminio	0,008	mg/L	Valor máximo 0,1	HACH-8326
Analista: M.Cassis/E. Colque Observaciones: SM: Estandar Methods, <LD: menor al límite de detección de método utilizado. SNR: sin norma de referencia. El tiempo de muestreo y la llegada al laboratorio excede 2 horas. Sin cadena de frío.				
La Paz, 09 de marzo de 2022				
 M. Sc. Yesna Boric Bonifaz JEFE DEL LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL INLASA		 M. Sc. Faviola Vidal Velasquez COORDINADORA DE LA DIVISION DE CONTROL INLASA		

Los resultados corresponden únicamente a la muestra suministrada por el cliente.
 Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del laboratorio.
 Información suministrada por el cliente.

Dirección: Rafael Zubieta N° 1889 (Lado Estado Mayor General General del Ejército) Miraflores
 Teléfonos: 2224078 – 2226048 – 2226670 – 2225194 – 2225198 • Fax 591-2-2228254 – 2225007
 La Paz – Bolivia

Anexo 9: Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua subterránea FIQ-UNAP

FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

NO 001508
LQ-2022

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: POZO TUBULAR

PROCEDENCIA : POZO TUBULAR, Jr. CALIXTO ARIASTEGUI N° 978, DISTRITO DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMÁN

INTERESADO : CELESTE MULLISACA TORRES

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTREO : 24/05/2022, por el interesado

ANÁLISIS : 24/05/2022

COD. MUESTRA : B009-000328

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH	:	7.76
Temperatura	:	12.9 °C
Conductividad Eléctrica	:	1013.00 μ S/cm

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	637.73	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	555.44	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	189.94	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	:	100.80	mg/L
Nitratos como NO ₃	:	23.78	mg/L
Calcio como Ca ⁺⁺	:	129.79	mg/L
Magnesio como Mg ⁺⁺	:	50.30	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	:	154.50	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	0.60	%
Turbidez	:	0.16	NTU

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental, para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 26 de mayo del 2022.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES FOJAS
ANALISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CP - 110281

Roberto B. Arias Aragón, Ph.D.
DECANO - FIQ - UNA

Anexo 10: Análisis de microscopía electrónica de barrido MEB-UNSA-Arequipa

Project: Eds carbon activado

Biocarbon 5

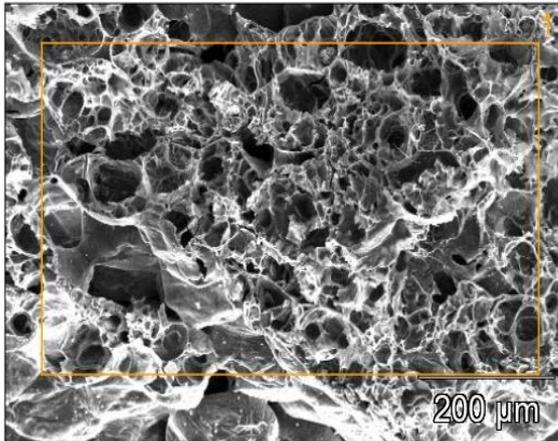
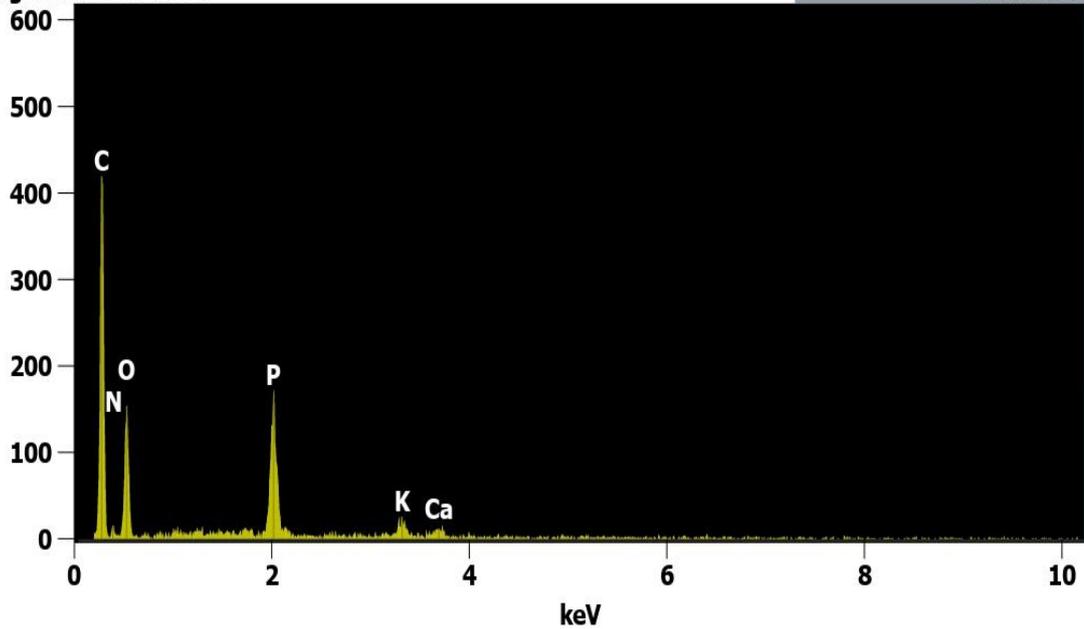


Image Name: Biocarbon 5
Image Resolution: 512 by 340
Image Pixel Size: 1.61 μm
Acc. Voltage: 14.8 kV
Magnification: 250

Full scale counts: 545
Integral Counts: 6641

Biocarbon 5_pt1

Cursor: 10.240 keV
0 Counts



Project: Eds carbon activado

Net Counts						
	C	N	O	P	K	Ca
Biocarbon 5_pt1	2054	143	783	1430	183	116

Weight %						
	C	N	O	P	K	Ca
Biocarbon 5_pt1	36.72	11.27	31.16	15.05	3.37	2.44

Atom %						
	C	N	O	P	K	Ca
Biocarbon 5_pt1	47.46	12.48	30.23	7.54	1.34	0.94

Project: Eds carbon activado

Biocarbon 2

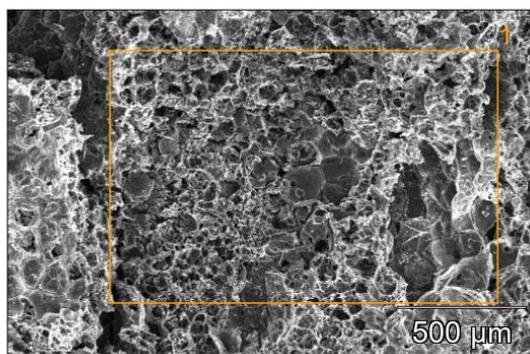


Image Name: Biocarbon 2
 Image Resolution: 512 by 340
 Image Pixel Size: 4.03 μm
 Acc. Voltage: 14.8 kV
 Magnification: 100

Full scale counts: 545
 Integral Counts: 6940

Biocarbon 2_pt1

Cursor: 10.240 keV
 0 Counts

