

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA MEDIANTE EL PROCESO DE FILTRACIÓN A TRAVÉS DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR, ZEOLITA Y ARENA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Miguel Andres Garcia Rojas

Liliana Elizabeth Herrera Vasquez

Asesor:

Mg. Kely Elizabeth Nuñez Vasquez

<https://orcid.org/0000-0001-7846-2510>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

| | | |
|---------------------------|--|-----------------|
| Jurado 1 Presidente(a) | LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO | 40012838 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|--------------------------------------|-----------------|
| Jurado 2 | ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMAN | 71106769 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|--------------------------------------|-----------------|
| Jurado 3 | JANE ELIZABETH ALVAREZ LLANOS | 26704582 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

INFORME DE SIMILITUD

Miguel Andrés García Rojas Herrera Vásquez Liliana

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

4%

★ repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

| | | | |
|----------------------|---------|-----------------------|------|
| Excluir citas | Apagado | Excluir coincidencias | < 1% |
| Excluir bibliografía | Apagado | | |

DEDICATORIA

Miguel Andrés García Rojas:

A mis queridos padres, quienes con mucho amor y dedicación siempre me apoyaron. A mis amados hijos, por su amor incondicional y ser mi motivación para seguir creciendo profesionalmente. A mi estimada Lorena, por su gran apoyo, ejemplar modelo de trabajo y dedicación en sus proyectos, ejemplo que seguí para alcanzar mis metas profesionales. A mis hermanos, por su amor fraternal. A mis amigos y compañeros de estudio de la UPN, con los cuales compartimos gratos y bellos momentos durante la etapa de educación universitaria.

Liliana Elizabeth Herrera Vásquez:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad, amor y su luz han estado conmigo hasta el día de hoy. A mis padres, por su amor incondicional por su sacrificio y por enseñarme a nunca rendirme ante los obstáculos de la vida. Lo dedico a todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.

AGRADECIMIENTO

Miguel Andrés García Rojas:

A la Universidad Privada del Norte, centro de excelencia educativa, investigación y formación de excelentes profesionales, por permitirme integrar la carrera de Ingeniería Civil y brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para lograr mi desarrollo personal y profesional. A mis catedráticos de la UPN y mi asesora de tesis, por su dedicación y gran vocación de servicio, los cuales con esfuerzo, motivación y mucha paciencia, me brindaron los conocimientos durante los diferentes ciclos de formación profesional y asesoramiento para terminar este trabajo de investigación. A mi compañera de tesis por el trabajo en equipo, dedicación y apoyo permanente para la realización de esta investigación. A toda mi querida familia por su amor infinito y apoyo incondicional los cuales me permitieron terminar con éxito esta etapa de mis estudios.

Liliana Elizabeth Herrera Vásquez:

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes. Agradecemos de manera especial y sincera a la Mg. Ing. Kely Elizabeth Núñez Vásquez, por aceptarnos para realizar esta tesis bajo su dirección, su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en nuestra formación como investigador. Debemos destacar su tiempo, disponibilidad, paciencia y comprensión para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis. Muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---------------------------------------|-----|
| JURADO EVALUADOR | 2 |
| INFORME DE SIMILITUD | 3 |
| DEDICATORIA | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| TABLA DE CONTENIDO | 6 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 8 |
| RESUMEN | 10 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1. Realidad problemática | 11 |
| 1.2. Formulación del problema | 43 |
| 1.3. Objetivos | 43 |
| 1.4. Hipótesis | 44 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA | 45 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | 65 |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 100 |
| REFERENCIAS | 106 |
| ANEXOS | 111 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas del distrito de Cajamarca</i> | 30 |
| Tabla 2 <i>Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos</i> | 34 |
| Tabla 3 <i>Límites máximos permisibles de parámetros de Calidad Organoléptica</i> | 37 |
| Tabla 4 <i>Cronograma de toma de muestras</i> | 46 |
| Tabla 5 <i>Características del carbón activado(Anexo N° 2)</i> | 46 |
| Tabla 6 <i>Características de la Zeolita (Anexo N° 3)</i> | 47 |
| Tabla 7 <i>Materiales para la construcción de filtro de Carbón Activado</i> | 50 |
| Tabla 8 <i>Materiales para la construcción de filtro de Zeolita</i> | 51 |
| Tabla 9 <i>Materiales para la construcción de filtro de arena</i> | 52 |
| Tabla 10 <i>Resultados microbiológicos y fisicoquímicos – Carbón Activado</i> | 65 |
| Tabla 11 <i>Resultados microbiológicos y fisicoquímicos – Zeolita</i> | 66 |
| Tabla 12 <i>Resultados microbiológicos y fisicoquímicos – Arena</i> | 67 |
| Tabla 13 <i>Comparación de los Resultados con los parámetros del agua potable</i> | 94 |
| Tabla 14 <i>Comparación de los Resultados en Porcentaje</i> | 95 |
| Tabla 15 <i>Análisis de Precios Unitarios Filtro de Carbón Activado</i> | 96 |
| Tabla 16 <i>Análisis de Precios Unitarios Filtro de Zeolita</i> | 97 |
| Tabla 17 <i>Análisis de Precios Unitarios Filtro de Arena</i> | 98 |
| Tabla 18 <i>Análisis de Precios Unitarios Laboratorio Regional del Agua</i> | 99 |
| Tabla 19 <i>Relación Precio/Rendimiento por cada tipo de filtro</i> | 99 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Población que consume agua potable proveniente de la red pública | 15 |
| Figura 2 Población con acceso a red pública de alcantarillado | 16 |
| Figura 3 Estructura del Carbón Activado..... | 24 |
| Figura 4 Filtro de Carbón Activado..... | 26 |
| Figura 5 Filtro lento de arena estándar..... | 29 |
| Figura 6 Precipitación media obtenida de las estaciones meteorológicas del distrito de Cajamarca.. | 31 |
| Figura 7 Desarenador modificado por García (2012) | 40 |
| Figura 8 Ubicación de los filtros en la ciudad de Cajamarca. | 48 |
| Figura 9 Perfil del filtro de Carbón Activado | 54 |
| Figura 10 Perfil del filtro de Zeolita | 56 |
| Figura 11 Perfil del filtro de Arena..... | 58 |
| Figura 12 Procedimientos para la toma de muestras | 60 |
| Figura 13 Frascos para recolección de muestras. | 61 |
| Figura 14 Resultados Coliformes Totales | 68 |
| Figura 15 Resultados de Coliformes Totales filtro de Carbón Activado | 69 |
| Figura 16 Resultados de Coliformes Totales filtro de Zeolita | 70 |
| Figura 17 Resultados de Coliformes Totales filtro de Arena..... | 71 |
| Figura 18 Porcentaje de Disminución de Coliformes Totales | 72 |
| Figura 19 Resultados Escherichia Coli..... | 73 |
| Figura 20 Resultados de Escherichia Coli filtro de Carbón Activado..... | 74 |
| Figura 21 Resultados de Escherichia Coli filtro de Zeolita..... | 75 |
| Figura 22 Resultados de Escherichia Coli filtro de Arena | 76 |

| | |
|---|----|
| Figura 23 Porcentaje de Disminución de <i>Escherichia Coli</i> | 77 |
| Figura 24 Resultados Turbidez | 78 |
| Figura 25 Resultados de Turbidez filtro de Carbón Activado | 79 |
| Figura 26 Resultados de Turbidez filtro de Zeolita | 80 |
| Figura 27 Resultados de Turbidez filtro de Arena | 81 |
| Figura 28 Porcentaje de Disminución de Turbidez | 82 |
| Figura 29 Resultados Potencial de Hidrógeno (PH) | 83 |
| Figura 30 Resultados de Potencial de Hidrógeno (PH) filtro de Carbón Activado | 84 |
| Figura 31 Resultados de Potencial de Hidrógeno (PH) filtro de Zeolita | 85 |
| Figura 32 Resultados de Potencial de Hidrógeno (PH) filtro de Arena | 86 |
| Figura 33 Porcentaje de Disminución de Potencial de Hidrógeno (PH) | 87 |
| Figura 34 Resultados Color | 88 |
| Figura 35 Resultados de Color filtro de Carbón Activado | 89 |
| Figura 36 Resultados de Color filtro de Zeolita | 90 |
| Figura 37 Resultados de Color filtro de Arena | 91 |
| Figura 38 Porcentaje de Disminución de Color | 92 |
| Figura 39 Resumen de los filtros..... | 93 |

RESUMEN

El Cambio Climático ha disminuido las reservas de agua dulce, sumado al crecimiento poblacional mundial, generando más demanda de agua, por estos motivos realiza esta investigación para contribuir con la obtención de agua potable. El objetivo fue determinar la calidad de agua de lluvia mediante el proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena en la ciudad de Cajamarca. La metodología fue cuantitativa y el tipo descriptiva. La Población es el agua de lluvia de la ciudad de Cajamarca; la muestra es la calidad de agua de lluvia, obtenida mediante un proceso de filtración. Se aplicaron tres tipos de filtros, obteniéndose los siguientes resultados: **Carbón Activado:** Coliformes Totales (PM) -98.77%, Escherichia Coli -75.31%, Turbidez (UNT) -84.27%, Potencial de Hidrógeno (PH) +66.38% y Color 0.00%. **Zeolita:** Coliformes Totales (PM) 0.00%, Escherichia Coli 220.99%, Turbidez (UNT) 176.00%, Potencial de Hidrógeno (PH) +26.00% y Color + 890.00%. **Arena:** Coliformes Totales (PM) -90.00%, Escherichia Coli -55.56%, Turbidez (UNT) +132.80%, Potencial de Hidrógeno (PH) +19.58% y Color +400.00%. Con el filtro de Carbón Activado se obtuvieron mejores resultados, la calidad de agua de lluvia mejora entre 20% y 80%, cumpliéndose con la hipótesis, sin embargo el agua no es apta para consumo humano.

PALABRAS CLAVES: Mejoramiento, filtros, calidad de agua, carbón activado granular, zeolita, arena.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El 70% de la superficie del planeta está compuesta por agua, pero solamente un 2.5% es agua dulce y de ésta, poco menos del 0.3% es agua superficial. El consumo mundial de agua se duplica cada 20 años, un ritmo dos veces mayor que el crecimiento de la población. El aumento creciente de la humanidad es un hecho concreto. (UNESCO, 2015, pág. 1).

Según el último estudio de World Resources Institute del Pacto Mundial de las Naciones Unidas (2019), 17 países de 164, que reúnen a una cuarta parte de la población mundial, enfrentan un estrés hídrico - cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible - extremadamente alto.

En México doce millones de habitantes no tienen acceso a agua potable y 80% de los cuerpos de agua está contaminado con descargas industriales. López C et al (2017). En la Ciudad de México, el agua de lluvia no se aprovecha para recargar los mantos acuíferos porque no hay forma de que lleguen, dado que los ríos fueron entubados, por lo que la gran mayoría de la precipitación se pierde yendo directamente al desagüe. En otros lugares de México, cerca de 20% llega a ríos y arroyos, 73% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, mientras que el porcentaje que se filtra a los mantos es muy poco, aproximadamente 6%, acorde a los datos del centro virtual de información del agua. (Frias , 2018)

Según Garrido (2006), realizó un estudio en la zona norte del estado de Morelos en México, utilizando la tecnología de filtración en múltiples etapas modificada (FIMEM), que es apta para tratar agua de lluvia, obteniendo una calidad de agua aceptable para consumo humano mediante el uso de floculantes.

Colombia cuenta con gran cantidad de agua, la mayoría de la población utiliza para su abastecimiento fuentes de agua como ríos, quebradas, lagos, embalses entre otros. Sin embargo, se han

visto afectadas muchas de estas fuentes debido a la contaminación, generada en parte por el conflicto armado que se presenta este país, la disputa de tierras y las explotaciones ilegales de minería, generando la contaminación y sequía de muchas de estas fuentes de agua. (Ballen et al, 2006).

En Colombia, según las cifras del Banco Mundial, la cobertura del suministro no convencional de agua para las zonas rurales en el 2011 era de alrededor un 72%, por lo cual la recolección de agua lluvia es muy recurrida para realizar labores cotidianas como el riego de cultivos y lavado de baños, en San Andrés y Providencia y la ciudad de Manizales (Pacheco , 2008)

En Chile en los últimos veinticinco años se ha duplicado la demanda por el agua. UNESCO (2015). Asimismo según World Resources Institute del Pacto Mundial de las Naciones Unidas (2019) se encuentra en el puesto 18, ubicándose en el segundo nivel denominado “estrés hídrico alto”, posicionándose así como el primer país en América Latina en esta condición, seguido por México que ocupa el puesto 24 y todo el resto del continente se posiciona en los estamentos medio-alto, medio-bajo y bajo.

Causas como la contaminación y el agotamiento de las fuentes de agua han provocado que la falta de agua se convierta en uno de los mayores problemas que se enfrenta en la actualidad, lo que representa un constante riesgo para la sostenibilidad de la economía de ciertas regiones, además de afectar a la salud de la población y del ecosistema. (Gonzaga, 2015)

Por su parte Fundación Chile (2019), identifica los principales problemas vinculados al agua: el 44% obedece a fallas en la gestión del agua y su gobernanza; el 17% es provocado por el crecimiento de las actividades productivas y el sobre otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas; un 14% por la contaminación del agua, como el uso de productos químicos en la agroindustria., causas

naturales, como la disminución de precipitaciones de agua y nieve, y el derretimiento de nieve y retroceso de glaciares por aumento de temperaturas, aparecen recién en un cuarto lugar, con un 12%

Como consecuencia del Cambio Climático se han generado una serie de alteraciones agravándose las sequías, deshielos e inundaciones, así como, cambiando los patrones de lluvia y aumento del nivel del mar. El 90% de los desastres naturales entre 1995 y el 2015 estuvieron relacionados con el agua. (WRI, 2021)

Se estima que hasta 3500 millones de personas podrían tener escasez de agua para el 2025, mientras que se prevé que la demanda aumente hasta en un 30% para el 2050. Esta tendencia creciente se observa en muchos países del mundo por lo que tener agua disponible se ha convertido en uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad. (UNESCO, 2015, pág. 1)

Perú ocupa el octavo lugar en el ranking mundial de países con mayor cantidad de agua dulce (1.89 % de la disponibilidad de agua dulce), las cuales se encuentran en el río Amazonas, el lago Titicaca, miles de lagunas y cientos de ríos y además de la mayor cantidad (71%) de glaciares tropicales del mundo. (ANA, 2020)

En Perú la región de la costa concentra a más del 70% de la población, pero solamente cuenta con el 1.8% del total de agua que se produce. Es importante mencionar que entre 7 y 8 millones de habitantes todavía no tienen agua potable, siendo Lima la ciudad más vulnerable, pues es la segunda capital en el mundo asentada en un desierto y solo hay 9 milímetros de precipitaciones al año. El río Rímac es el principal proveedor de agua para la población de Lima y Callao, (74.5% de agua) y también, es la cuenca más deteriorada en términos ambientales. (OXFAM-Perú, 2021)

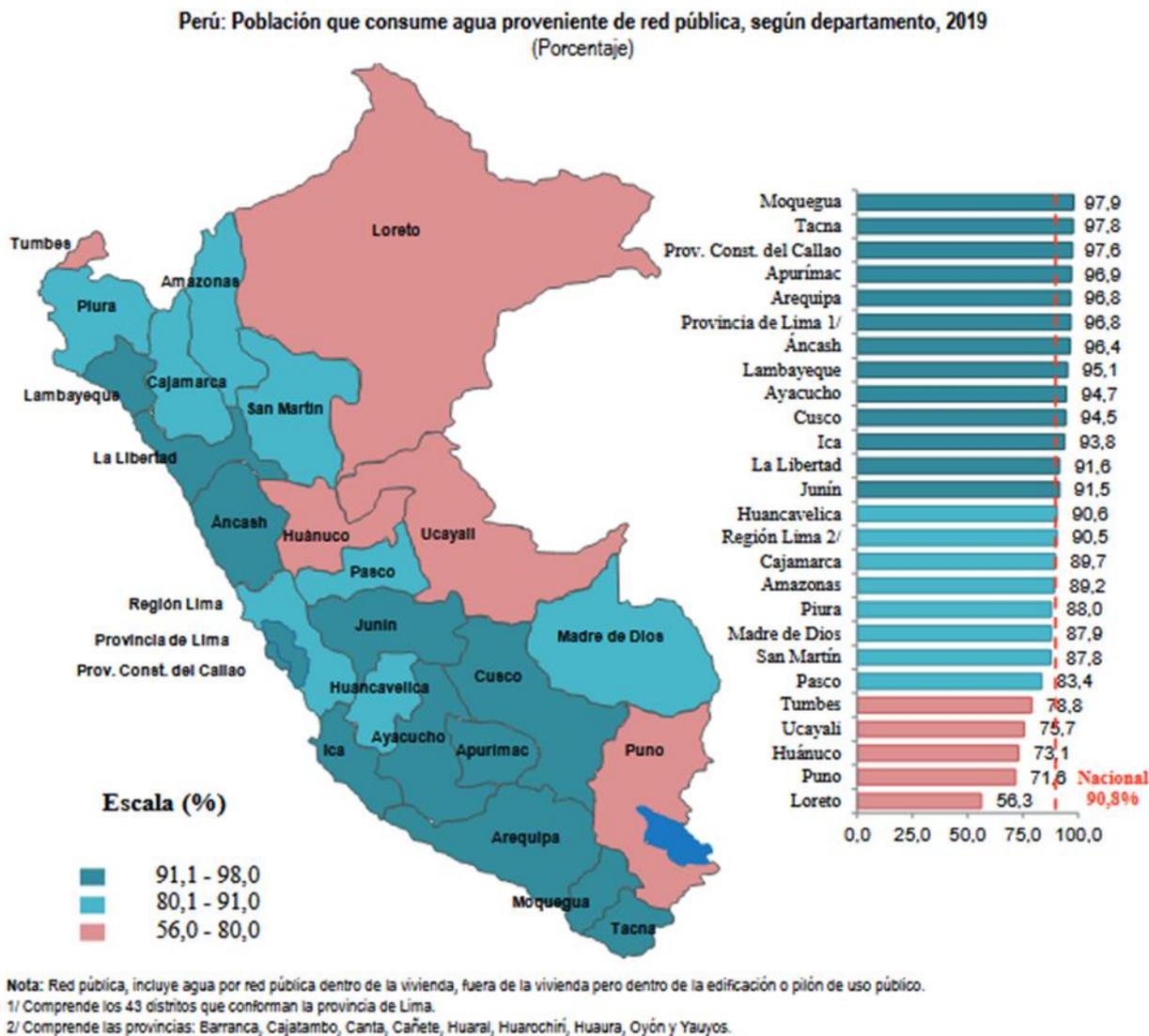
Según la información alcanzada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en marzo de (2019), el caudal promedio del río Rímac llegó a 45,99 m³/s, cifra inferior en 25,0 % y 23,6 % en

comparación con el mismo mes del año anterior y a su promedio histórico. Del mismo modo, el caudal promedio del río Chillón registró 8,97 m³/s durante el mes de marzo de 2019, disminuyó en 56,0 % y 25,4 % respecto al mes de marzo de 2018 y a su promedio histórico.

Según la Figura 1, al año 2019, en 14 departamentos más del 91% de la población consumen agua proveniente de red pública, destacando los departamentos de Moquegua, Tacna, Provincia Constitucional del Callao, Apurímac, Arequipa, Provincia de Lima, Ancash y Lambayeque. En tanto Cajamarca presentan una cobertura de 89.7%, (INEI, 2020).

Figura 1

Población que consume agua potable proveniente de la red pública

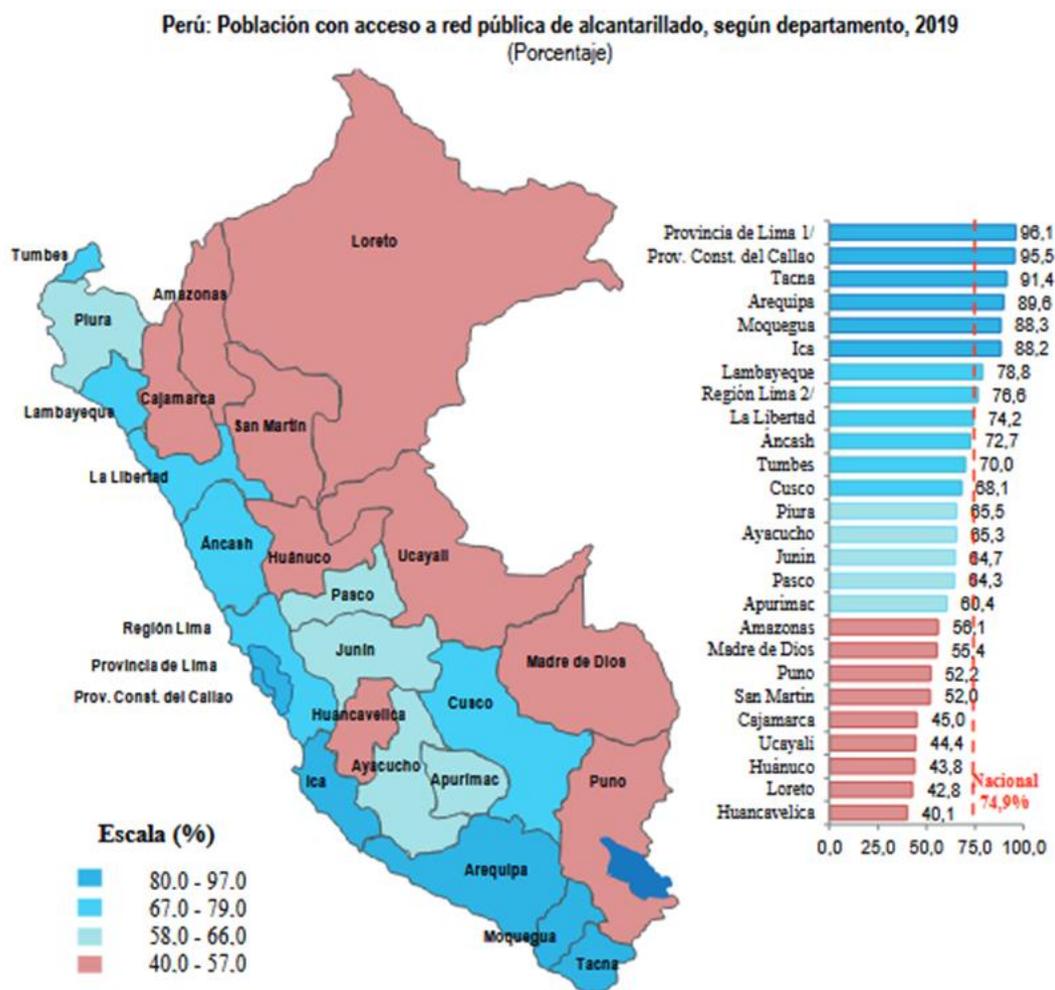


Nota: Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico (2020). Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestales.

Según la Figura 2, la población de la Provincia de Lima tiene alta cobertura del servicio de alcantarillado por red pública (96,1%), seguido por los residentes de la Provincia Constitucional del Callao (95,5%), Tacna (91,4%), Arequipa (89,6%), Moquegua (88,3%) e Ica (88,2%). En tanto, se observa una baja cobertura de este servicio en Cajamarca (45,0%), (INEI, 2020).

Figura 2

Población con acceso a red pública de alcantarillado



Nota: Red de alcantarillado incluye, conexión a alcantarillado dentro de la vivienda o fuera de la vivienda pero dentro del edificio.
1/ Comprende los 43 distritos que conforman la provincia de Lima.
2/ Comprende las provincias: Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyos.

Nota: Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico (2020). Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestales.

Se hace uso irracional de la poca agua que hay disponible, tanto las empresas como la sociedad civil tienen una gran responsabilidad pues consumen innecesariamente grandes cantidades de agua potable y la devuelven contaminada. Actividades cotidianas como el lavado de manos, dientes, baño, actividades de cocina, el riego de jardines en ciudades de la costa, el lavado de automóviles dentro de los ríos, son algunas de las prácticas más frecuentes e insostenibles (CARE, 2021)

Debido al cambio climático se ha incrementado la temperatura generando el derretimiento de cerca del 53% de los glaciales tropicales de Perú. Debido a esto, afrontamos sequías cada vez más extremas con mayores riesgos de incendios, pérdida de producciones agrícolas y tierras para el ganado (CARE, 2021)

La población de la ciudad de Cajamarca es provista de agua potable por la Empresa Prestadora de Servicios SEDACAJ S.A., el sistema existente comprende las fuentes del río Grande de Mashcón y río Porcón, los cuales se ubican al norte, y el río Ronquillo (San Lucas) al este. (Zapata Cornejo, et al, 2007, pág. 36)

Según SEDACAJ, el río Mashcón tiene un promedio anual de 746 litros por segundo y mínimo de 300 litros por segundo (lps), el río San Lucas (Ronquillo), en promedio presenta caudales de 150 litros por segundo (lps), en períodos húmedos, y de 100, durante los estiajes. (Zapata Cornejo, et al, 2007, pág. 37)

En la ciudad de Cajamarca, en el caso del afluente de la quebrada El Ronquillo, se ha registrado hasta un 70% de disminución del caudal de agua y en el caso del río Porcón, solamente se alcanza a una captación de 30 litros por segundo, situación que se viene dando y genera desabastecimiento de agua potable. (RPP, 2017)

Se puede deducir que existe la necesidad de buscar otras fuentes alternativas de agua para satisfacer la demanda y poder cubrir las necesidades básicas de la población.

Captar agua de lluvia es importante, porque promueve la autosuficiencia, ayuda al cuidado del agua y también al ahorro de energía que otros sistemas utilizan, se debe establecer relaciones efectivas con las instituciones de educación, las familias, las comunidades, las sociedades civiles locales y con el sector privado, con el objetivo de establecer un adecuado desarrollo de las capacidades de innovación tecnológica en su territorio (IV Foro Mundial del Agua, 2006).

La captación, tratamiento y aprovechamiento de agua de lluvia es una importante fuente de abastecimiento de agua para uso y consumo humano con población menor a 2500 habitantes, que presentan dificultades para su abastecimiento por su topografía, aislamiento, dispersión de caseríos o ausencia de fuentes de suministro, ya sean superficiales o subterráneas. Por lo tanto es una tecnología alternativa impulsada por el concepto de desarrollo sustentable, basado en la orientación del cambio tecnológico para garantizar la satisfacción de las necesidades humanas presentes y futuras, con relación a los alimentos, agua, energía, etc. (Garrido, 2006)

Según Malato (2009), la filtración puede actuar efectivamente en la remoción de aproximadamente el 99% de las bacterias en el agua. Además, la filtración puede contribuir en la remoción de partículas y contaminantes solubles, como los sólidos suspendidos totales y las grasas (Mosler, 2013)

En esta investigación se estudia proceso de filtrado del carbón activado granular, zeolita y arena para filtrar agua de lluvia , en la ciudad de Cajamarca, teniendo como referencia investigaciones realizadas y el análisis de laboratorio la cual se enmarca en la línea de investigación de desarrollo

sostenible y gestión empresarial (diseño sustentable y sostenible, acondicionamiento ambiental activo y pasivo).

A continuación, se presentan diversos estudios que sirven como **antecedentes** para esta tesis:

Infante (2017), realizó una investigación denominada: Carbón Activo Granular, en la Mejora de la Calidad del Agua Potable, en la ciudad de Cajamarca del país Perú. El objetivo general del estudio fue, determinar el efecto del carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable proveniente de tres manantiales ubicados en el caserío Maraynillo, se construyó los filtros de carbón activo con materiales locales. Se obtuvo como resultados que: la turbidez baja hasta un porcentaje de 2.54% con respecto de la muestra patrón (afluente); color verdadero se encuentran valores menores al límite de cuantificación de métodos del laboratorio establecido; pH a 25° C aumento hasta un porcentaje de 159.58% en la primera semana, volviéndose más alcalino o básico, no llegando al valor ideal siendo 7; Coliformes totales el filtro actúa efectivamente bajando el valor de 100% a 29.11 % en la primera semana en la captación 1, 30.30% en la segunda semana en la captación 3 y 0% en la última semana obteniendo un agua libre de Coliformes totales; Coliformes termotolerantes actúa efectivamente bajando del 100% a 0% en todas las muestras obtenidas, obteniendo un agua libre de Coliformes totales y Coliformes termotolerantes. Como consecuencia se logró obtener un agua purificada apta para el consumo humano en cuanto a los cinco parámetros de control obligatorio (PCO) analizados en este estudio de investigación.

Palomino (2018), realizó una investigación denominada Evaluación de la Calidad del Agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016, el objetivo general del estudio fue evaluar la calidad del agua en el río Mashcón al determinar características fisicoquímicas y microbiológicas, y relacionarlas con los Estándares de Calidad Ambiental ECA's para cuerpos de agua, la muestra estuvo constituida por cinco

estaciones de muestreo (E1, E2, E3, E4 y E5) en las cuales se tomaron muestras de agua para su análisis físico, químico y microbiológico; de acuerdo a procedimientos estandarizados, los resultados fueron que la calidad del agua es deficiente para para la demanda química de oxígeno (DBO), demanda bioquímica de oxígeno (DQO) y coliformes totales en el río Mashcón, en las estaciones de muestreo próximas a la zona urbana.

Chiclote (2018), realizó una investigación denominada “Mejora de la Calidad del Agua del río Cumbe Empleando Filtro de Carbón Activado, en la ciudad de Cajamarca” en Perú, el objetivo general del estudio fue determinar el efecto del carbón activo granular en la mejora de la calidad del agua del río Cumbe en el caserío de Tomacucho, provincia de Cajamarca, se construyó 2 filtros de carbón activo granular con materiales locales y se tomó muestras de agua a cada filtro dos veces por semana durante 3 semanas, los resultados fueron para la turbidez una disminución desde 5.61NTU hasta 1.16NTU (Filtro A) y 0.72(Filtro B), pH fue variable pero estuvo en un rango de 7.86ph y 8.28ph, no hubo presencia de cloro residual ya que los resultados son menores al límite máximo(<LCM), estos parámetros cumplen en cuanto a los límites máximos permisibles. Para Coliformes totales se observó una gran disminución desde 9200 NMP/100mL hasta 920(Filtro A) y 110(Filtro B), este parámetro no cumple con los límites máximos, pero es evidente su disminución, y para Coliformes termotolerantes disminuyó desde 49 NMP/100mL hasta 9.2 (Filtro A) y 12(Filtro B), en base a los resultados se aprecia la mejora de la calidad del agua del río Cumbe

Yzquierdo (2018), realizó una investigación denominada: Incorporación de Filtros de Zeolita en la Calidad del Agua en las Captaciones del Sistema de Agua Potable del barrio Serafinpampa, en la ciudad de Cajamarca del país Perú. El objetivo general del estudio fue, determinar el efecto de la zeolita natural, en la mejora de la calidad del agua potable proveniente de dos manantiales ubicados en el barrio Serafinpampa, se construyeron los filtros de zeolita natural con materiales locales, se determinaron

parámetros físicos, químicos y biológicos, dentro de los cuales se encuentran: Turbidez y color verdadero, pH, bacterias coliformes totales y bacterias termotolerantes o fecales, como resultado la turbidez baja hasta un porcentaje de 62.5% con respecto a la muestra patrón (afluente); color verdadero se encuentran valores menores al límite de cuantificación de métodos del laboratorio establecido; pH a 25° C baja un porcentaje de 1.31% en la última semana de la captación 1, volviéndose menos alcalino, no llegando al valor ideal siendo 7; coliformes totales el filtro actúa efectivamente bajando el valor de 100% a 10.95% en la tercera semana en la captación 1, 0% en la segunda captación en la última semana obteniendo una agua libre de Coliformes totales; Coliformes termotolerantes aumenta del 100% al 111% en la primera semana en la captación 1, en la última semana se mantiene el valor del afluente los cuales son menores al límite máximo permisible, obteniendo una agua libre de coliformes totales y coliformes termotolerantes. Como consecuencia se logró obtener un agua más purificada en cuanto a los cinco parámetros de control obligatorio (PCO), ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos o valores máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la calidad del agua, 2011.

Vásquez (2018), realizó una investigación denominada: Calidad del Agua del río Cumbe Empleando Filtro Francés y Carbón Activado, en la ciudad de Cajamarca del país Perú. El objetivo general del estudio fue, determinar la calidad del agua del río Cumbe empleando filtro francés y carbón activo, construido en el sector Tomacucho, distrito de Magdalena, se realizó la construcción de un filtro francés y filtro de carbón activado en base a materiales fáciles de adquirir utilizando recolección de muestras, se tomó una muestra del afluente (río Cumbe), luego se tomaron 10 muestras después de pasar por los filtros, obteniendo como resultado del afluente: Turbidez = 0 NTU, pH = 7.54, Color verdadero = 4.9 UC, Cloro residual = 0 mg Cl₂/L, Coliformes totales = 7.8 NMP/100 mil, Coliformes termotolerantes = 4.5 NMP/100 ml. En conclusión, el filtro estructurado con agregados, dren francés y carbón activado mejora las características del agua.

Zamora (2019), realizó una investigación denominada: Calidad del Agua de la Quebrada El Tambo Usando Filtro de Antracita, Algodón, Arena Gruesa y Caliza Triturada, en la ciudad de Cajamarca del país Perú. El objetivo general del estudio fue, analizar y comprobar si la utilización del filtro de antracita, algodón, arena gruesa y caliza triturada mejora la calidad del agua de la quebrada El Tambo en el distrito de Llacanora, se colocó un filtro y se recogió las muestras durante un periodo interdiario después de la primera muestra, estas han sido analizadas por el Laboratorio Regional del agua, obteniendo en como resultado: Color Verdadero se mantiene al 100%; Turbidez en la muestra n° 1= 1.54%, la muestra n° 2=78%, la muestra n° 3=88.46%, la muestra n° 4=93.54%, la muestra n° 5=3.08% y la muestra n° 6=91.32%; pH no cumple en ninguna de las muestras; Coliformes totales en la muestra n° 1=35.19%, la muestra n° 2=70.37%, la muestra n° 3=90%, la muestra n° 4=95.93%, la muestra n° 5=94.81% y la muestra n° 6=82.96% y Coliformes termotolerantes en la muestra n° 1=91.41%, la muestra n° 2=92.39%, la muestra n° 3=95.65%, la muestra n° 4=98.99%, la muestra n° 5=98.15% y la muestra n° 6=99.57%. Llegando a concluir que los resultados obtenidos durante el estudio se logran validar la hipótesis parcialmente de los parámetros analizados con respecto a la muestra patrón del afluente.

El estudio de las precipitaciones es obligatorio dentro de cualquier estudio hidrológico local, para cuantificar los recursos hídricos, puesto que constituyen la principal entrada de agua a una cuenca (Sánchez , 2022, pág. 1)

Bases Teóricas

La lluvia, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (2023), es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 milímetros o de gotas menores, pero muy dispersas, si la lluvia no alcanza a tocar la superficie terrestre no sería lluvia, sino virga, y, si el diámetro es menor a 0,5 milímetros, sería llovizna. La lluvia se mide en litros caídos por metro cuadrado.

Según Angurel, et al (2023), se denomina filtración al proceso de separación de partículas sólidas de un líquido utilizando un material poroso llamado filtro. La técnica consiste en verter la mezcla sólido-líquido que se quiere tratar sobre un filtro que permita el paso del líquido pero que retenga las partículas sólidas.

Asimismo, según Angurel, et al (2023), la Filtración por Gravedad, es el método más sencillo y tradicional, la gravedad es la única fuerza impulsora para que el líquido atraviese el filtro.

Materiales para filtros de agua de lluvia

Filtro de Carbón Activo

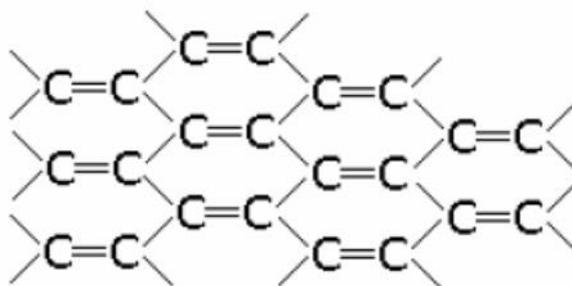
La adsorción es un proceso por el cual los átomos en la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otros compuestos. Estas fuerzas de atracción son conocidas como " fuerzas de Van Der Waals". Por lo tanto al ser un fenómeno que ocurre en la superficie mientras mayor área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente podrá ser. (Grupo TAR, 2016)

El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 1,500 metros cuadrados, por gramo de carbón (Grupo TAR, 2016)

La diferencia fundamental entre uno y otro tipo de carbón radica en la estructura, o arreglo de sus átomos. En el caso del carbón activo, éstos se encuentran combinados en forma de placas graníticas, que pueden representarse de acuerdo a la Figura 3. (Grupo TAR, 2016)

Figura 3

Estructura del Carbón Activado



Nota: (Grupo TAR, 2016)

Las placas están separadas y tienen distintas orientaciones, por lo que existen espacios entre ellas, a los que se les denominan poros, que brindan al carbón activo su principal característica: una gran área superficial, y por lo tanto, una alta capacidad adsorbente. El área de la mayoría de los carbones activados comerciales están entre 500 – 1500 m² /g (Grupo TAR, 2016)

Desde el punto de vista de la composición química, el carbón activo es carbón prácticamente puro, al igual que lo es el diamante, el grafito, el negro de humo y los diversos carbones minerales o de leña. Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas. (Grupo TAR, 2016)

La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5-10% en cenizas, 60% en oxígeno y 0,5% en hidrógeno. (Grupo TAR, 2016)

Según Gonzaga (2015), este tipo de filtro utiliza como medio filtrante una capa de carbón activado, la misma que retiene la mayoría de los microorganismos contaminantes del agua a tratar. Tiene una alta eficiencia en la purificación del flujo permitiendo un ahorro en tratamientos posteriores, su costo de funcionamiento es relativamente bajo.

El carbón activado granular (CAG)

Un CAG se instala en una cama fija dentro de un tanque. A través de la cama de CAG se percola el agua que se va a tratar.

Las ventajas del CAG son:

Según Chiclote (2018), entre las ventajas tenemos:

- No se requiere un proceso de separación carbón-agua y la operación en un proceso continuo es muy sencilla.

- Se puede reactivar y reutilizar (la reactivación se realiza en hornos a 700°C)

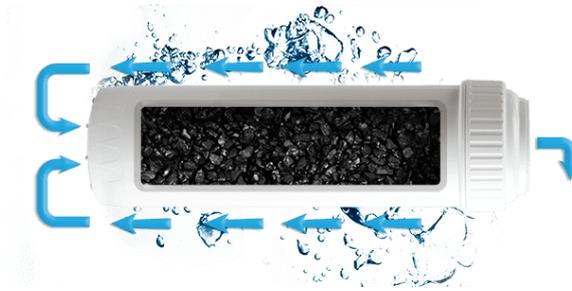
- En su operación, se promueve la formación de biomasa que degrada la materia orgánica adsorbida y libera los espacios de adsorción, aumentando así la vida útil del carbón activado.

¿Cómo funciona un filtro de carbón activado?

La forma más usada del carbón activado es en el tratamiento de agua, luego de la desinfección durante las cuales pueden ocurrir reacciones químicas. Además, el agua suele desinfectarse antes de que pase por los adsorbentes de carbón activado para evitar crecimientos bacterianos. El carbón activado funciona como un medio filtrante granular para eliminar los compuestos orgánicos que se consideran indeseables en el agua potable. (FiltroShop, 2020). En la Figura 4 se muestra un esquema de un filtro de Carbón Activado.

Figura 4

Filtro de Carbón Activado



Nota: (Filtrashop, 2020)

Filtro de Zeolita

El término zeolita viene del griego *zéo* y *líthos* que quiere decir piedra que hierve o piedra efervescente. En 1756, con el descubrimiento de la stilbita por el mineralogista sueco Barón Alex Frederick Consted, las zeolitas fueron reconocidas por la primera vez. Las zeolitas son aluminosilicatos de metales alcalinos o alcalino-terrosos predominantemente de sodio y calcio (Clarke, 1980)

Las zeolitas naturales presentan como características relevantes, una estructura microporosa que le confiere propiedades adsorbentes y una gran capacidad de intercambio catiónico debido a un desequilibrio de cargas que es función de la relación Silicio y Aluminio. (Curi, et al, 2006)

Las zeolitas naturales se emplean en la remoción de metales pesados en efluentes minero metalúrgicos, en el tratamiento de drenaje ácido de mina y de roca, para la adsorción de vapores de mercurio (Babel & Kurniawan, 2003)

Propiedades de las zeolitas

Porosidad

Las zeolitas son formadas por canales y cavidades regulares y uniformes de dimensiones moleculares (3 a 13 nm) que son medidas similares a los diámetros cinéticos de una gran cantidad de moléculas. Este tipo de estructura microporosa hace que las zeolitas presenten una superficie interna extremadamente grande en relación a su superficie externa. La IUPAC (The International Union of Pure and Applied Chemistry) reconoce tres tipos de poros atendiendo a su tamaño (Sing, Haul, Moscou, Pierotti, Rouquerol, & Siemieniewska, 1985).

Si son mayores de 50 nm se conocen como macroporos, si su diámetro está comprendido entre 2 y 50 nm se trata de mesoporos y si son menores de 2 nm, como es el caso de los poros de las zeolitas, son microporos. (Curi, et al, 2006)

Adsorción

La superficie de los sólidos es una región singular, que es responsable o al menos condiciona muchas de sus propiedades. Los átomos que se encuentran en ella no tienen las fuerzas de cohesión compensadas, como ocurre en los átomos situados en el seno del sólido que es, en definitiva, responsable de las propiedades de adsorción de los sólidos.

El potencial de adsorción origina una fuerza atractiva que provoca el acercamiento de la molécula a la superficie. Cuando la distancia entre la superficie y la molécula libre comienza a disminuir, las fuerzas de repulsión (debidas a la proximidad de las capas de electrones de los átomos de la superficie con los átomos de la molécula libre) comienzan a ser importantes. Por lo tanto, existe una distancia para la cual la energía del sistema es mínima. La alta eficiencia de adsorción de las zeolitas está relacionada a la gran superficie interna que esta posee (García J. , 2002)

Intercambio iónico (I.I)

La propiedad de Intercambio Iónico (I.I.) se ha observado en minerales silicatos cristalinos como arcillas, feldspatos y zeolitas. Se considera una propiedad intrínseca de estos minerales pues es el producto de la sustitución isomórfica de los átomos de silicio de su estructura cristalina por otros átomos. En el caso de las zeolitas esta sustitución ocurre por átomos tetravalentes de aluminio lo que produce una carga neta negativa en la estructura que se compensa por cationes fuera de ella. (Curi, et al, 2006)

Filtro de Arena

Filtración lenta en arena: para Gonzaga (2015), existen distintas formas de filtrar el agua lluvia: es un método de tratamiento de los efluentes ecológicos, sencillo y poco costoso. Su principio consiste en hacer pasar el agua a través de un bloque de arena. Esquemáticamente, los granos de arena forman una capa atravesada por el agua y que detiene por simple efecto de tamizado las partículas de tamaño superior al de los espacios existentes entre dichos granos.

Según Wikiwater (2021) hay tres tipos de filtración por arena: Los **filtros de arena rápidos**, que deben limpiarse con frecuencia debido a su alisado, que invierte la dirección del agua; los **filtros de arena semirrápidos** y los **filtros de arena lentos**. Los dos primeros requieren del uso de bombas y productos químicos. Se utiliza un floculante que, por un principio químico, atrapa los materiales en suspensión y las partículas, formando grandes copos que se depositarán por sedimentación.

Para Herrera (2010) para un filtro lento de arena propone que alrededor del tubo de drenaje, en el fondo del tanque, se colocan 8 cm de grava, sobre ésta se colocan 5 cm de gravilla o arena gruesa y sobre ésta, 50 cm de arena fina tal como se muestra en la Figura 5, para mantener siempre húmedo el material filtrante, la salida del tubo por el que se sirve el agua filtrada deberá estar por lo menos 5 cm más alto que el nivel superior de la arena. El agua filtrada puede adicionalmente ser desinfectada por medio de la aplicación de cloro.

Figura 5

Filtro lento de arena estándar



Nota: extraído de (Herrera, 2010) Proyecto realizado en Nicaragua con apoyo de la agencia canadiense ACDT y la universidad de Calgary en el Municipio de Nandalme, Granada, Nicaragua; junto al MINSA, el INAA, la UNI, el INIFOM y la representación de la OPS,

Ventajas de los filtros lentos de arena:

Para Herrera (2010), la mayor ventaja de esta unidad reside en su simplicidad. El filtro lento sin controlador de velocidad y con controles de nivel mediante vertederos, son muy sencillos y confiables de operar con los recursos disponibles.

Un hietograma (del griego hietos, lluvia) es un gráfico que expresa la precipitación recogida en intervalos regulares de tiempo. Generalmente se representa como un histograma (gráfico de barras), aunque a veces también se expresa como un gráfico de línea. (Sánchez , 2022, pág. 3)

Precipitación media mensual

De acuerdo a los datos del SENAMHI, mostrados en la Tabla 1, se resume la precipitación media mensual.

Tabla 1

Precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas del distrito de Cajamarca

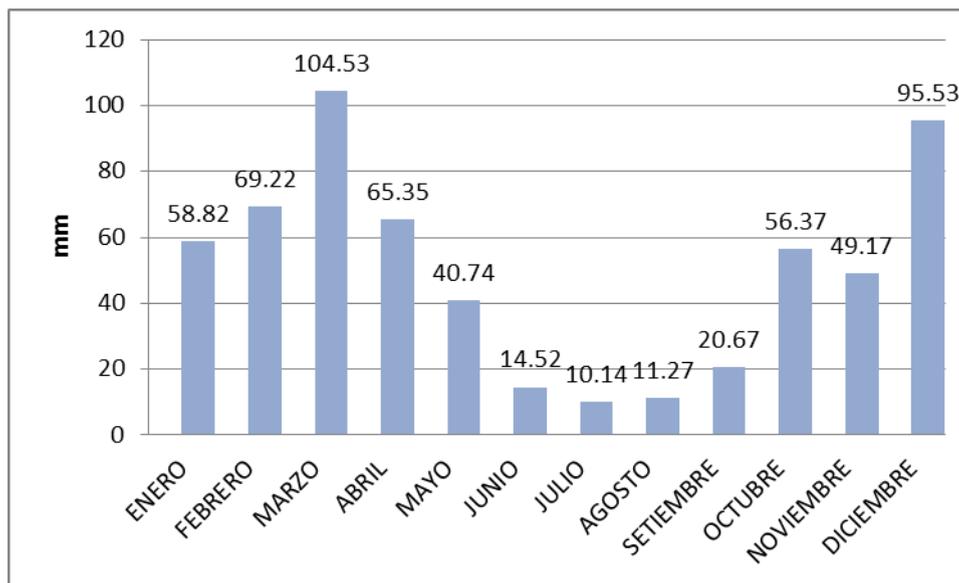
| MESES | ppi (mm) mensual | PP Media (mm) mensual |
|--------------|-------------------------|------------------------------|
| Enero | 164.44 | 58.82 |
| Febrero | 202.25 | 69.22 |
| Marzo | 321.73 | 104.53 |
| Abril | 170.76 | 65.35 |
| Mayo | 111.64 | 40.74 |
| Junio | 35.44 | 14.52 |
| Julio | 21.49 | 10.14 |
| Agosto | 21.75 | 11.27 |
| Setiembre | 50.03 | 20.67 |
| Octubre | 150.22 | 56.37 |
| Noviembre | 125.40 | 49.17 |
| Diciembre | 299.01 | 95.53 |
| TOTAL | | 596.33 |

Nota: (SENAMHI, 2023)

Asimismo, se hizo una comparación la precipitación media mensual, mostrada en la Figura 6.

Figura 6

Precipitación media obtenida de las estaciones meteorológicas del distrito de Cajamarca



Nota: elaborada con datos del (SENAMHI, 2023)

Según Blog de agua (2013), se pueden dar los siguientes usos.

Al no contener ni cal ni cloro el agua de la lluvia es perfecta para el riego de nuestras plantas, jardines o huertas.

Para los inodoros, que es uno de los elementos de la vivienda que más consumo de agua provoca, aproximadamente 9 litros.

En la lavadora, al ser un agua blanda, el agua de lluvia nos permite ahorrar jabón, ya que se necesita menos jabón o detergente cuando utilizamos agua de lluvia.

Limpiar el suelo, limpiar cristales, limpiar el automóvil, etc., estas limpiezas pueden ocasionar consumos de hasta 1.000L por persona cada año.

En la piscina, necesita de un tratamiento especial para poder ser suministrada con agua de lluvia. Sólo es necesario que el agua de lluvia pase por el sistema de filtración de la piscina. Y que luego se haga una nivelación del PH y del cloro en caso de que la cantidad aportada sea importante.

Requisitos de calidad del agua para consumo humano

Según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA (2011), aprobado mediante DS N° 031-2010-SA, toda agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli,
2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Los parámetros de control obligatorio (PCO) Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termotolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. PH.

Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)

De comprobarse en los resultados de la caracterización del agua la presencia de los parámetros señalados, en los diferentes puntos críticos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que exceden los límites máximos permisibles (LMP), se incorporarán éstos como parámetros adicionales de control (PACO) obligatorio

1. Parámetros microbiológicos: Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos.
2. Parámetros organolépticos: Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad;
3. Parámetros inorgánicos: Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, flúor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdeno y uranio.
4. Parámetros radiactivo

En la Tabla 2, se indican los Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos contenidos en el ANEXO I del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 2

Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

| Parámetros | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|--|-------------------------|---------------------------------|
| Bacterias Coliformes Totales. | UFC/100 mil a 35°C | 0 (*) |
| E. Coli | UFC/100 mil a 44,5°C | 0 (*) |
| Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales. | UFC/100 mil a 44,5°C | 0 (*) |
| Bacterias Heterotróficas | UFC/mil a 35°C | 500 |
| Huevos y larvas de Helmintos, quistes y quistes de protozoarios patógenos. | Nº org/L | 0 |
| Virus | UFC / mil | 0 |
| Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos | Nº org/L | 0 |

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 m

Nota (DIGESA, 2011)

Parámetros microbiológicos y parasitológicos del agua

Coliformes termo tolerantes (CT)

Los coliformes fecales se denominan termo tolerantes, por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas, la capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH,

humedad, etc. En la mayoría de aguas el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de géneros como *Sitrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son considerados termo tolerantes. Sin embargo, *Escherichia coli* se distingue de los demás coliformes termo tolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano. Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichia coli*. (Díaz, 2003)

Bacterias Heterotróficas

Las bacterias heterótrofas constituyen el grupo más importante, ya que son capaces de degradar o mineralizar la materia orgánica presente en el medio, transfiriendo energía hacia los siguientes niveles tróficos del ecosistema, además de constituir una fuente de amplia biodiversidad (Kirchman, 2000)

Huevos de helmintos (HH)

El término “helminto” es aplicado a los parásitos con forma de lombriz que pertenecen, principalmente, a tres grupos biológicos: Nemátodos (nematelminetos o gusanos redondos), trematodos (dístomas o duelas) y cestodos (tenias). (Jiménez, 2001).

Parámetros de calidad organoléptica

Turbiedad

Es la propiedad física del agua que produce un efecto óptico influenciado por la absorción y dispersión de los rayos de la luz al atravesarla. Son las responsables de la turbidez en el agua, las partículas coloidales y en suspensión, tales como materia orgánica e inorgánica, limo, arcilla, microorganismos y bacterias (Romero, 2009).

Sólidos suspendidos totales (SST)

Está definido como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante. (Jiménez, 2001)

Sólidos totales disueltos (TDS)

Es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química. TDS es definido analíticamente como residuo filtrable total (en mg/L). Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, etc. (Romero, 2009).

Potencial de hidrógeno (pH)

Se define como la concentración del ion hidrógeno en el agua. Es una propiedad química del agua que indica su acidez o basicidad. La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte, con iones hidroxilo, para ceder protones, o su contenido de sustancias ácidas a un pH designado (Romero, 2009).

Un pH que se varía entre 5 a 9, no suele tener un efecto significativo sobre la mayoría de las especies. Un aspecto a considerar del pH es la agresividad de las aguas ácidas, que da lugar a la solubilización de sustancias por ataque a los materiales (Perez & Espigares, 1999).

Los métodos fisicoquímicos nos permiten conocer con precisión el tipo de contaminante vertido en detalle, al mismo tiempo que la información proporcionada por estos análisis es puntual y transitoria (Saavedra, 2019, pág. 11).

Conductividad eléctrica (CE)

Es la capacidad que tiene el agua para transportar la corriente eléctrica, la cual depende de los iones presentes debido a la división de sales inorgánicas, ácidos y bases. Nos permite verificar en forma rápida la variación el contenido de sales disueltas en aguas superficiales y estima cuantitativamente los sólidos totales disueltos (TDS) en una muestra de agua. Los cambios en la conductividad nos pueden indicar intrusión salina u otras fuentes de contaminación (Saavedra, 2019, pág. 11)

Temperatura (T°)

Es una propiedad física del agua, se refiere a la medida de la energía térmica de las partículas del agua. La temperatura se relaciona con otros indicadores como el grado de saturación de oxígeno disuelto, pH y otras variables (Rice, 2012)

Oxígeno disuelto (OD)

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y es fundamental para los ríos y lagos saludables, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Los niveles de oxígeno disuelto pueden variar de 0-18 partes por millón (ppm). La cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua (OD) también depende de la temperatura, el agua más fría puede guardar más oxígeno que el agua más caliente. (Peña, 2007)

En la Tabla 3, se indican los Límites máximos permisibles de parámetros de Calidad Organoléptica, contenidos en el ANEXO II del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 3

Límites máximos permisibles de parámetros de Calidad Organoléptica

| Parámetros | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|-----------------------------|------------------|--------------------------|
| Turbidez | UNT | 5 |
| Potencial de Hidrógeno (PH) | Valor de pH | 6.5 a 8.5 |
| Color | UCV escala Pt/Co | 15 |

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

UCV = Unidad de color verdadero (platino –cobalto)

Nota: (DIGESA, 2011)

Ventajas del agua de lluvia:

A continuación García J. (2012) presenta un resumen de las principales ventajas y desventajas que representa la implementación de este tipo de ecotecnia.

Alta calidad fisicoquímica del agua de lluvia con respecto a fuentes superficiales; el sistema es independiente y por lo tanto eficiente para comunidades dispersas; se puede emplear mano de obra y/o materiales locales; no requiere energía significativa para la operación del sistema; es fácil de construir y mantener con respecto a sistemas centralizados y la facilidad de operación y ahorro de tiempo en la recolección de lluvia en vez de traerla de lejos.

Desventajas del agua de lluvia:

Costo inicial, que en caso de cubrir el beneficiario puede impedir su implementación por falta de recursos económicos; la cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar, del área de captación, del espacio de almacenamiento y otras condiciones geográficas.

Según UNATSABAR, Guía de diseño para captación del agua de lluvia (2004) el costo del proceso de tratamiento depende de la calidad del agua colectada y el uso que se dará a la misma, sustentado por las normas correspondientes.

Uno de los criterios principales al momento de considerar la ubicación de los sistemas SCALLs, es la accesibilidad del lugar y el espacio disponible para la construcción de las obras. Este aspecto es relevante, puesto que significará, problemas para la implementación de la obra en terreno y/o aumentos considerables en los presupuestos que pueden definir la factibilidad técnica y económica de implementación de las estructuras (UNESCO, 2015)

La caracterización hidrológica de los lugares en donde se deberán implementar los sistemas SCALLs es un proceso fundamental para el buen éxito de las obras; dado que a partir de este análisis se podrá definir la capacidad real de abastecimiento de agua, en función de las necesidades que posea una zona determinada (UNESCO, 2015)

Desarenadores: El desarenador Tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm. (UNATSABAR, 2005)

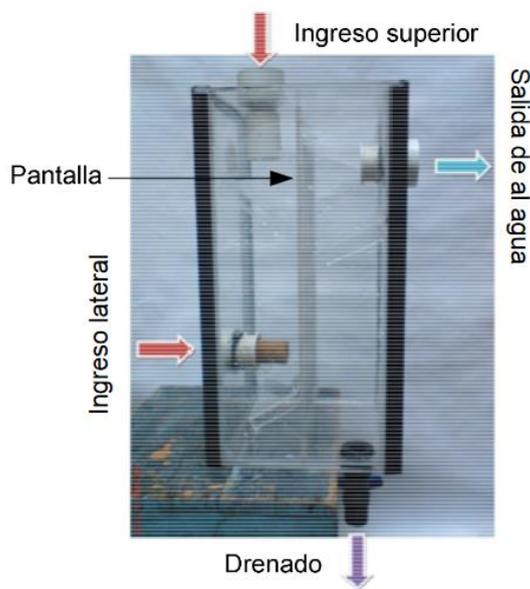
Para García J. (2012) uno de los problemas del agua de lluvia son los sólidos sedimentables que pueden ser arrastrados de la superficie de captación por el agua, por lo que esta la función del dispositivo desarenador es reducir el flujo del agua para permitir la sedimentación de los sólidos antes de pasar al medio de almacenamiento, generalmente una cisterna, mejorando la calidad del agua y facilitando el mantenimiento.

Asimismo García J. (2012) propone un barril conectado una tubería de PVC de 2” de diámetro y una válvula de esfera para controlar el flujo. Dentro debe agregarse aproximadamente 40 litros de agua y arena tamizada de tamaño 0.075 mm (malla 200) porque aproximadamente el 80 % sedimenta en 1 minuto en condiciones de estancamiento, característica que la hace adecuada para observar

diferencias entre las variantes a evaluar. Asimismo el desarenador mostrado en la Figura 7 tuvo mejor eficiencia de remoción de sólidos sedimentables con un promedio de 84 %, recomendando un desarenador de 0.25 x 0.25 x 0.40 m³ en acrílico de 3 mm de espesor para observar el funcionamiento interno, agregarle una entrada lateral, una entrada superior, una salida de drenado en el fondo y una salida de agua desarenada.

Figura 7

Desarenador modificado por García (2012)



Nota: (García J. , 2012), Sistema de Captación y Aprovechamiento Pluvial para un Ecobarrio de la CD. de México.

Factor Ambiental.

Actualmente todos los proyectos deben considerar las consecuencias ambientales que se generan con la obra a realizar, en este caso las obras alternativas contribuyen con el factor ambiental, la disponibilidad del agua como elemento primordial para la conservación de otros recursos naturales

como flora, fauna y regeneración natural, mejora el ambiente escénico, el clima es más saludable, lo que a la vez hace que las tierras ubicadas en estas condiciones adquieran un mejor valor. (Herrera, 2010)

Una de las características más importantes del agua de lluvia es su pureza, debido a la evaporación que experimenta previamente, y que produce su potabilización natural, eliminando los componentes inorgánicos que puedan causar la contaminación de la fuente. El agua lluvia es un recurso fácilmente aprovechable, debido a la gratuidad con la que se provee, además de ayudar a la conservación del ecosistema y al desarrollo de las actividades económicas del ser humano. (Gonzaga, 2015)

Según Gonzaga (2015), el utilizar agua de lluvia es una forma de protección del medio ambiente, debido a que se produce una reducción en el costo energético que implica el uso de tecnologías de potabilización, desalinización o transporte de agua, no requiere procesos para su purificación, permite prescindir de las reservas de agua potable, alargando su disponibilidad y con ello ahorrando en el consumo, se evita la sobreexplotación de las fuentes hídricas y finalmente permite el ahorro de productos de desinfección como detergentes y suavizantes en actividades de lavado.

La lluvia ácida es un problema no solo de interés ambiental sino de gran importancia económica, por sus efectos sobre los ecosistemas y las edificaciones del hombre provocada por los cambios de temperatura pero aún más por la contaminación producida por la quema de combustibles (Herrera, 2010)

En la atmósfera se da una multitud de reacciones químicas, muchas de las cuales son producto de la actividad de los seres vivos lo que ocasiona que hasta en un ambiente limpio la lluvia sea ligeramente ácida por los compuestos que de forma natural se encuentran en la atmósfera y se mezclan con ella, formando ácidos débiles con un valor normal de pH de 5.0 a 5.6 para el agua de lluvia. (Herrera, 2010)

El fenómeno de la lluvia ácida es un problema a nivel mundial, se presenta tanto en países desarrollados como Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Suecia, Alemania, y Japón, como también en aquellos en vías de desarrollo, (Herrera, 2010), en la ciudad de Cajamarca no se han encontrado registros de lluvias acidas.

Definiciones

Agua de consumo humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal

Límite máximo permisible: Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.

La **justificación** de esta investigación obedece a que como consecuencia de las diversas actividades humanas, se ha producido el Cambio Climático, el cual como efecto principal, ha generado el aumento de la temperatura reduciendo los glaciares así como una reducción de las lluvias y por consiguiente la disminución de las reservas de agua dulce en todo el planeta; a este problema se suma el crecimiento significativo de la población mundial, generando un aumento directo de la demanda de agua para consumo humano y otras actividades, asimismo no se han encontrado antecedentes sobre el uso de estos filtros con agua de lluvia en la zona de estudio, por estos motivos se cree conveniente realizar esta investigación con el fin de obtener agua potable, en zonas rurales o alejadas, disminuyendo

la demanda y contribuyendo a la salud de la población. Además se ha considerado el Análisis de Precios Unitarios para la obtención de agua potable, a fin de ver la factibilidad de ser implementada y contribuir con el tema social.

1.2. Formulación del problema

¿El proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena mejorará la calidad de agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca?

1.3. Objetivos

General:

Determinar la **calidad de agua de lluvia** mediante el **proceso de filtración** a través de carbón activado granular, zeolita y arena en la ciudad de Cajamarca.

Específicos:

Determinar la calidad del agua de lluvia mediante el análisis físico químico y microbiológico.

Determinar la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Carbón Activado.

Determinar la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Zeolita.

Determinar la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Arena.

Realizar el análisis físico químico y microbiológico del agua de lluvia después del proceso de filtración.

Determinar con qué tipo de filtro se obtiene mejor resultado.

Determinar el Análisis de Precios Unitarios por cada tipo de filtro.

1.4. Hipótesis

El proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena mejoran en un 20% la calidad de agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Según, el enfoque o naturaleza del estudio es del tipo cuantitativo, debido a que se trabajará con las mediciones de la calidad de agua de lluvia realizadas por el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, antes y después del proceso de filtración.

Según el alcance el tipo de investigación es descriptiva, debido a que se explicaran propiedades y características importantes del proceso realizado, así como correlacional, debido a que se especificará si existe una relación de los parámetros de la calidad de agua de lluvia con el proceso de filtración.

Según Hernández Sampieri (2014) el tipo de diseño es investigación experimental, debido a que la investigación se realiza manipulando las variables del proceso de filtración, mejorando la calidad de agua de lluvia.

Población y Muestra

La unidad de estudio es la calidad de agua de lluvia de la ciudad de Cajamarca.

Población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones (Hernández Sampieri, 2014).

La Población de la presente investigación es el **agua de lluvia** de la ciudad de Cajamarca.

Muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta (Hernández Sampieri, 2014).

Para obtener la cantidad o número de muestras se consideró el método no probabilístico a conveniencia de los investigadores, considerándose diecinueve (19) muestras, es decir una (1) muestra sin filtrar y seis (6) muestras por cada tipo de filtro.

Las muestras se obtuvieron del agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca durante el mes de julio, la cual fue recolectada y colocada en los diversos filtros elaborados; luego del proceso de filtración, fue

colocada en los envases proporcionados por el Laboratorio Regional del Agua para su análisis, según la

Tabla 4.

Tabla 4

Cronograma de toma de muestras

| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Filtro | | | | | | |
| Agua de lluvia sin filtrar | X | | | | | |
| Carbón activado WT480CS | X | X | X | X | X | X |
| Zeolita 12-20 | X | X | X | X | X | X |
| Arena | X | X | X | X | X | X |

Nota: Las muestras se tomaron con intervalos de dos días.

A continuación en la Tabla 5 presentamos las características del Carbón Activado utilizado en la presente investigación:

Tabla 5

Características del carbón activado(Anexo N° 2)

| Características | Detalle |
|-----------------|-------------------------|
| Nombre Químico: | Carbón Activado WT480CS |
| Fórmula | C |
| Peso molecular | 12.011 g/mol |
| Procedencia | India |
| Certificación | ISO 9001:2015 |
| Origen | India |

Nota: (Oregon Chemical Group, 2023)

A continuación en la Tabla 6 presentamos las características de la Zeolita utilizada en la presente investigación:

Tabla 6

Características de la Zeolita (Anexo N° 3)

| Características | Detalle |
|-----------------------------|------------------------------|
| Nombre Químico: | Zeolita 12-20 |
| Peso volumétrico | 690-780 /Kg/m ³) |
| Coefficiente de Uniformidad | 1.48 |
| Superficie | 35-40 (m ² /g) |

Nota: (Oregon Chemical Group, 2023)

Técnicas e instrumentos de Investigación

Técnicas

La técnica utilizada para la recolección de datos iniciales fue mediante la observación directa, que es una descripción de las muestras realizadas y fueron ordenadas de manera cronológica.

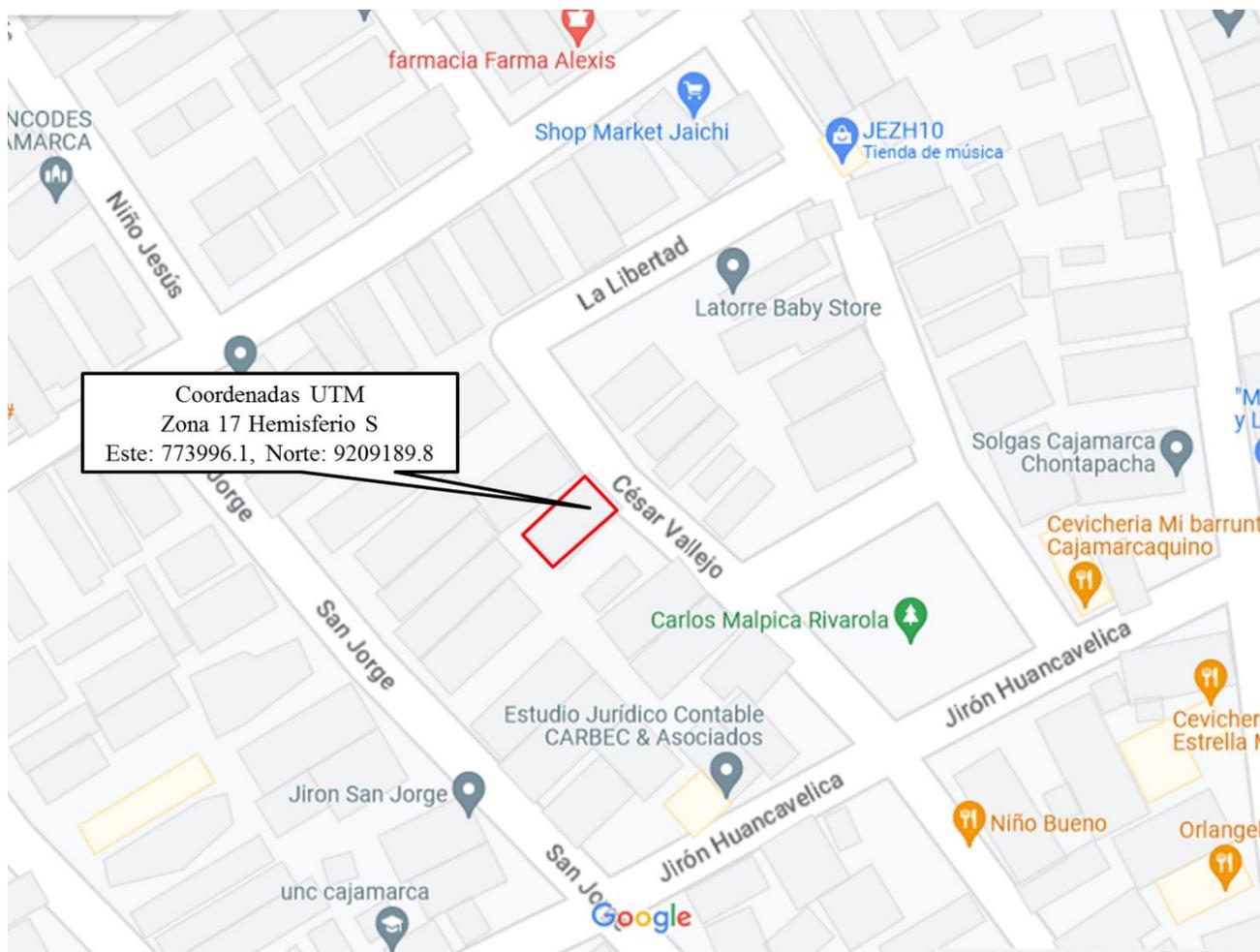
Al igual que Infante (2017), se consideraron los valores de los cinco parámetros obligatorios según el Reglamento de la calidad del agua, 2011, siendo estos: parámetros físicos, químicos y biológicos: Turbidez y color verdadero, pH, bacterias coliformes totales y bacterias termotolerantes o fecales, respectivamente.

Ubicación

Los filtros se ubicaron en las coordenadas UTM Zona 17 Hemisferio S Este: 773996.1, Norte: 9209189.8, que se encuentra en la ciudad de Cajamarca, mostrados en la Figura 8.

Figura 8

Ubicación de los filtros en la ciudad de Cajamarca.



Nota: (Google Maps, 2023)

Las muestras fueron tomadas durante el mes de julio (periodo de estiaje) por el avance secuencial de la investigación, asimismo se eligió la zona urbana por las facilidades de accesibilidad y

disponibilidad para la recolección de agua y toma de muestras, debido a la cercanía del Laboratorio Regional del Agua donde fueron analizadas.

Para las evidencias de confiabilidad, se consideraron seis muestras por cada tipo de filtro para poder tener más puntos de comparación a fin de tener mayor credibilidad en los resultados obtenidos.

Las evidencias de validez y objetividad de los resultados son proporcionados por el Laboratorio Regional del Agua, quien tiene reconocimiento nacional e internacional desde Dic.-2014; al contar con el Certificado de Acreditación de acuerdo con la norma NTP-ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales para la Competencia técnica de Laboratorios de Ensayo y Calibración” versión 2006, acreditada por el Instituto Nacional de Calidad – INACAL. Asimismo, renovó en Mayo del 2019, su ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025 del Laboratorio.

Instrumentos

La toma de datos en campo se realizó con el material proporcionado por el Laboratorio Regional del Agua.

Como instrumento de medición se utilizó el análisis de contenido cuantitativo, obtenido del Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, cumpliendo los requisitos de confiabilidad, validez y objetividad.

Materiales e instrumentos

Se indican los materiales utilizados para construir los diferentes tipos de filtros:

Materiales

Para el filtro de Carbón activado se consideró el material indicado en la Tabla 7, asimismo no se realizó un análisis del material porque viene indicado en la ficha técnica del fabricante.

Tabla 7

Materiales para la construcción del filtro de Carbón Activado

| Materiales | Cantidad |
|------------------------------|----------------------|
| Barril plástico de 80 litros | 1 |
| Llave de paso PVC C/R 1/2" | 1 |
| Tubería de 1/2" | 0.5 m |
| Adaptador de 1/2" con rosca | 1 |
| Cinta teflón | 0.3 |
| Pegamento para PVC | 0.3 |
| Grava 3/4" | 0.025 m ³ |
| Gravilla 1/4" | 0.013 m ³ |
| Carbón Activo | 0.038 m ³ |
| Piedra mediana 1 a 2" | 0.019 m ³ |

Nota: Adaptado de (Chiclote, 2018)

Para el filtro de Zeolita se consideró el material indicado en la Tabla 8, asimismo no se realizó un análisis del material porque viene indicado en la ficha técnica del fabricante.

Tabla 8

Materiales para la construcción de filtro de Zeolita

| Materiales | Cantidad |
|------------------------------|----------------------|
| Barril plástico de 80 litros | 1 |
| Llave de paso PVC C/R 1/2" | 1 |
| Tubería de 1/2" | 0.5 m |
| Adaptador de 1/2" con rosca | 1 |
| Cinta teflón | 1 |
| Pegamento para PVC | 0.3 |
| Zeolita | 0.038 m ³ |
| Gravilla 1/4" | 0.013 m ³ |
| Grava 3/4" | 0.025 m ³ |

Nota: Adaptado de (Yzquierdo, 2018)

Para el filtro de Arena se consideró el material indicado en la Tabla 9, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 9

Materiales para la construcción de filtro de arena

| Materiales | Cantidad |
|------------------------------|----------------------|
| Barril plástico de 80 litros | 1 |
| Llave de paso PVC C/R 1/2" | 1 |
| Tubería de 1/2" | 0.5 m |
| Adaptador de 1/2" con rosca | 1 |
| Cinta teflón | 1 |
| Pegamento para PVC | 0.3 |
| Grava 3/4" | 0.010 m ³ |
| Gravilla 1/4" | 0.006 m ³ |
| Arena 0.55 a 0.45 mm | 0.063 m ³ |
| Paquete de algodón | 0.004 m ³ |

Nota: Adaptado de (Herrera, 2010) y (Zamora, 2019)

Instrumentos/herramientas

Pala

Alicate

Cinta métrica

Llave francesa

Cuchilla

Procedimientos

Procedimientos para Elaboración del Filtro de Carbón Activado (Anexo N° 1)

Paso 1: Se adquirió un contenedor plástico de 80 litros.

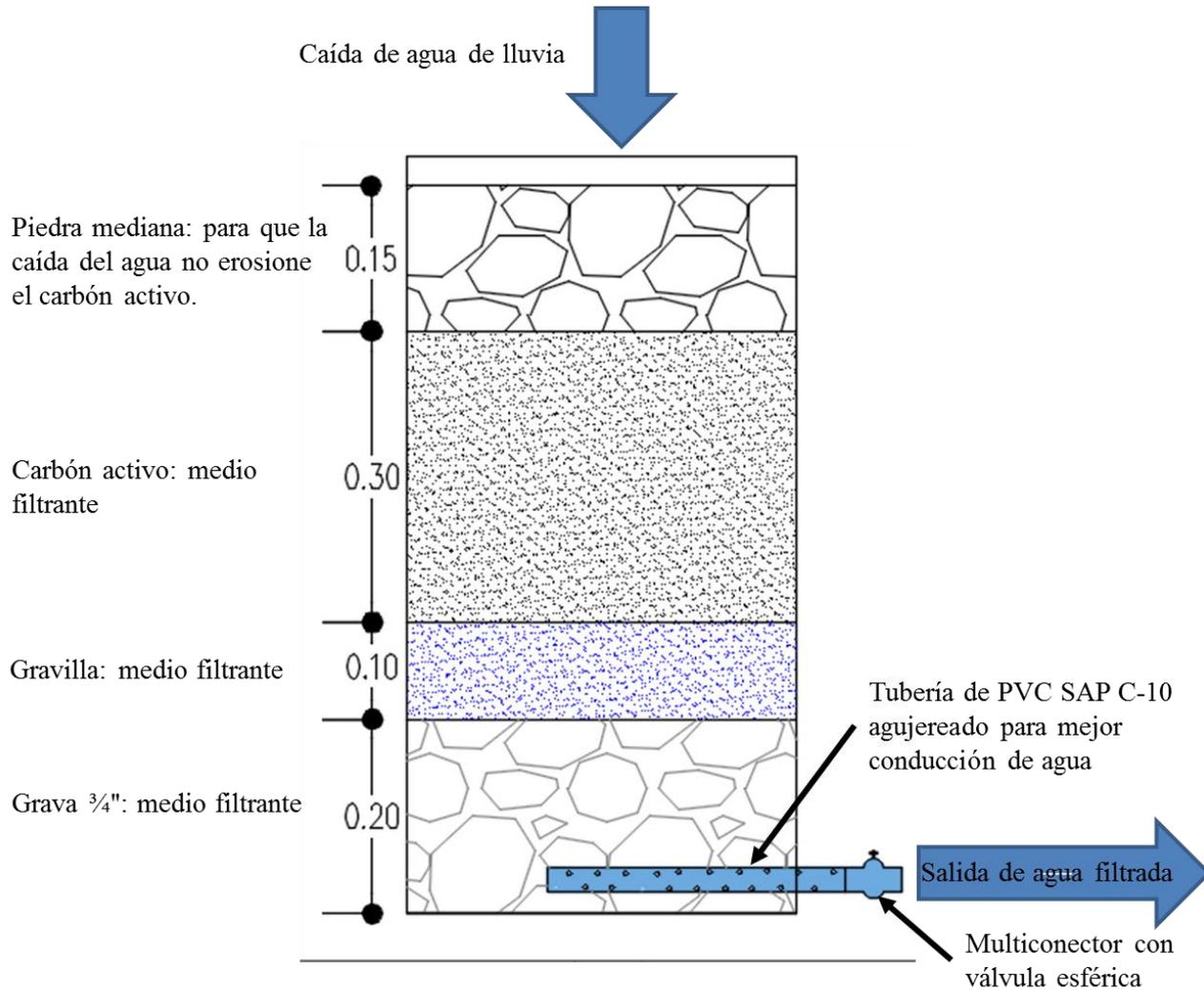
Paso 2: Se adquirieron los materiales para la confección del filtro de carbón activado, de acuerdo a la Tabla 7.

Paso 3 Se procedió a adquirir el Carbón Activado WT480CS especificado para la filtración de agua, a la empresa Oregon Chemical Group, de acuerdo a especificaciones técnicas del fabricante es de granulometría malla 12x40. (Anexo N° 2)

Paso 4: Se procedió a elaborar el filtro de carbón activado adaptándose el perfil propuesto por (Chiclote, 2018), según el siguiente detalle: piedra mediana $e=0.20m$, gravilla $e=0.10m$, carbón activado $=0.30m$, piedra mediana $=0.15m$. En la Figura 9 se muestra el perfil.

Figura 9

Perfil del filtro de Carbón Activado



Nota: Adaptado de (Chiclote, 2018)

Filtro de Zeolita:

Paso 1: Se adquirió un contenedor de 80 litros.

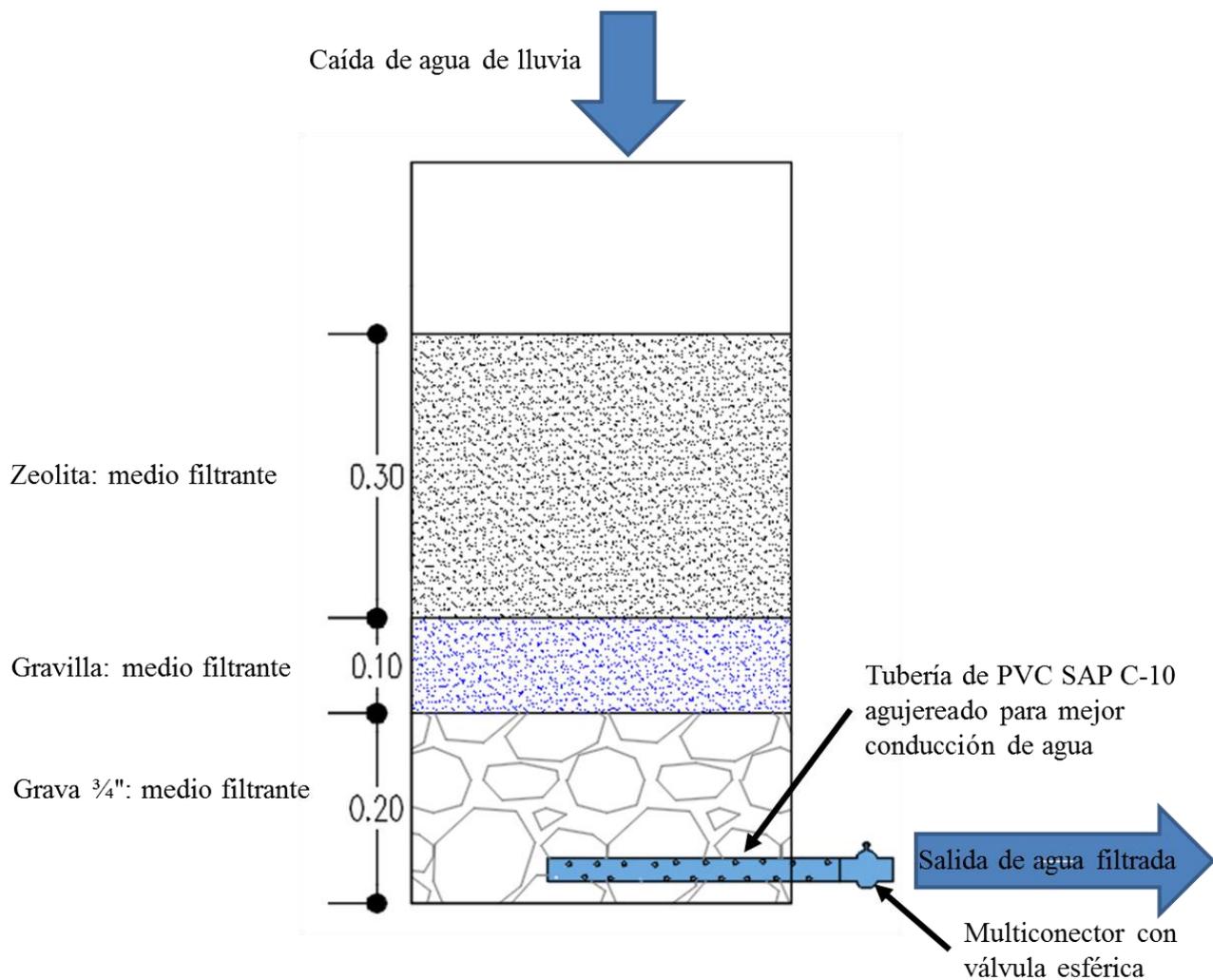
Paso 2: Se adquirieron los materiales para la confección del filtro de zeolita, de acuerdo a la Tabla 8.

Paso 3 Se procedió a adquirir la Zeolita 12-20, especificado para la filtración de agua, a la empresa Oregon Chemical Group, de acuerdo a especificaciones técnicas del fabricante es de granulometría malla 8x20. (Anexo N° 2)

Paso 4: se procedió a elaborar el filtro de Zeolita adaptándose el perfil propuesto por (Yzquierdo, 2018), según el siguiente detalle: La primera capa de grava que funciona como soporte del resto de capas es de 20 cm, la segunda capa de gravilla mide 10 cm de espesor y por último tenemos la capa de zeolita de 30 cm de espesor. En la Figura 10 se muestra el perfil.

Figura 10

Perfil del filtro de Zeolita



Nota: Adaptado de (Yzquierdo, 2018)

Filtro de Arena:

Paso 1: Se adquirió un contenedor de 80 litros.

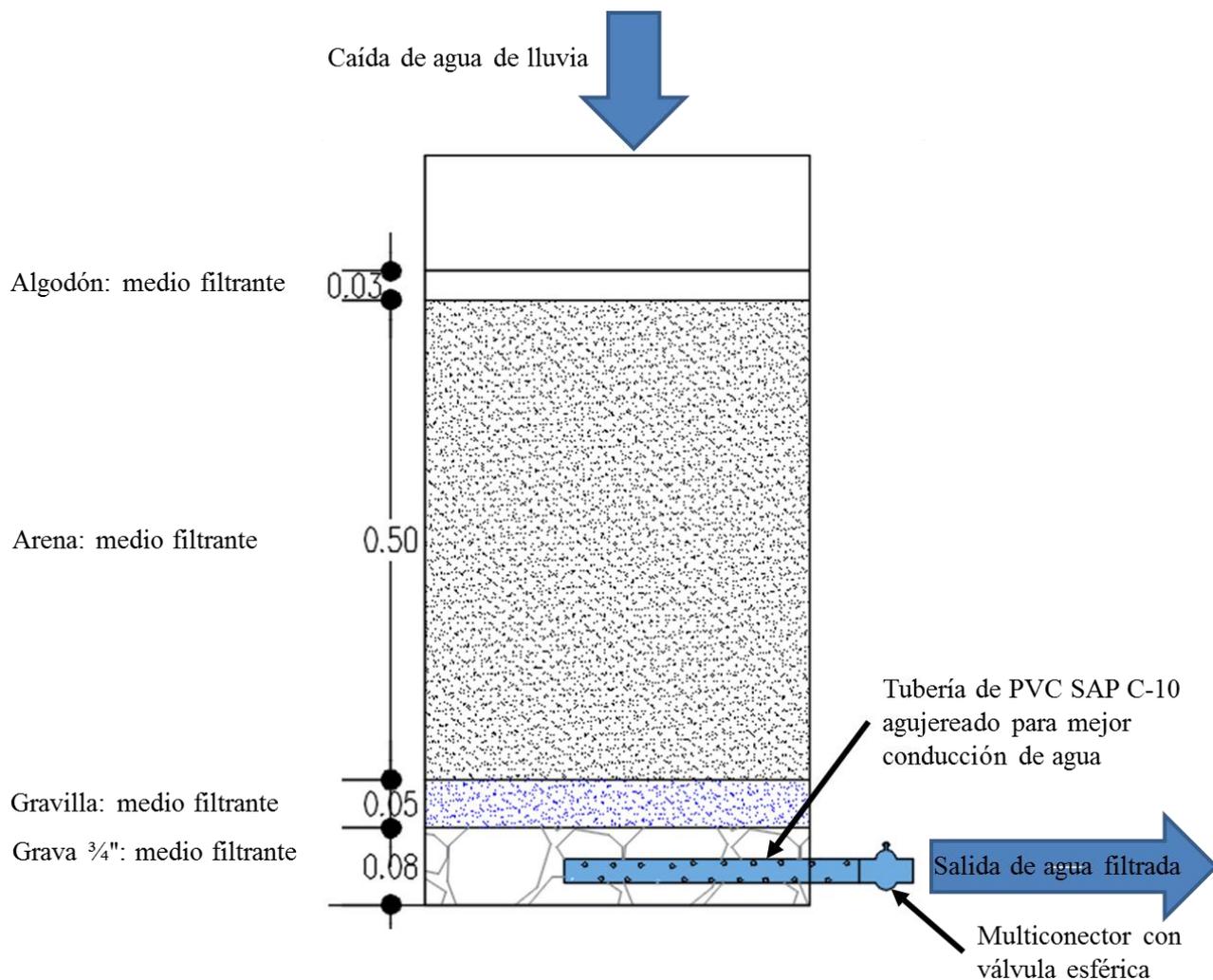
Paso 2: Se adquirieron los materiales para la confección del filtro de arena, de acuerdo a la Tabla 9.

Paso 3 Se procedió a adquirir la Arena especificada para la filtración de agua, a la empresa Cantera Bazán Contratistas SRL Rio Porcón, con una granulometría aproximada entre 0.55 a 0.45 mm

Paso 4: se procedió a elaborar el filtro de arena adaptándose el perfil propuesto por (Herrera, 2010) y según el siguiente detalle: grava $e=0.08m$, gravilla $e=0.05m$, arena de río $=0.50m$, asimismo según (Zamora, 2019), se consideró una faja de algodón $e=0.03m$. En la Figura 11 se muestra el perfil.

Figura 11

Perfil del filtro de Arena



Nota: Adaptado de (Herrera, 2010) y (Zamora, 2019)

Se consideraron los perfiles de los filtros con los espesores de las respectivas capas propuestos anteriormente, para tener una referencia y establecer un punto de comparación, asimismo no se consideró una combinación de materiales (Carbón Activado, Zeolita y Arena) pues se quería determinar la efectividad de cada uno por separado.

Procedimiento de recolección de agua de lluvia

Paso 1: El agua de lluvia se recolectó del techo de concreto y en recipientes de plástico en diferentes días del mes de julio.

Paso 2: Se agregó el agua recolectada a cada uno de los filtros (Carbón Activado, Zeolita y Arena), para el proceso de filtrado.

Paso 3: Se esperó dos días para el proceso de filtrado.

Procedimiento de toma de muestras para análisis Microbiológicos:

Paso 1: Colocarse guantes descartables antes de recolectar la muestra.

Paso 2: Conservar la botella de muestreo cerrada hasta el momento del muestreo. (Figura 13).

Paso 3: Retirar la envoltura, evitando contaminar la tapa y el cuello de la botella

Paso 4: Abrir y disminuir el caudal de la llave del tanque, para evitar salpicaduras.

Paso 5: Proceder a llenar el recipiente sin enjuagar dejando un espacio de al menos 2.5cm para facilitar la mezcla por agitación antes del análisis.

Paso 6: Tapar inmediatamente el recipiente y colocar nuevamente la envoltura asegurándola alrededor del cuello de la botella.

Paso 7: Identificar las muestras recogidas en los envases con su respectiva etiqueta.

Procedimiento de toma de muestras para análisis Físicoquímicos:

Paso 1: Colocarse guantes descartables antes de recolectar la muestra.

Paso 2: Abrir y disminuir el caudal de la llave del tanque, para evitar salpicaduras.

Paso 3: Retirar la tapa de la botella (Figura 13).

Paso 4: Tomar la muestra de agua llenado completamente el frasco.

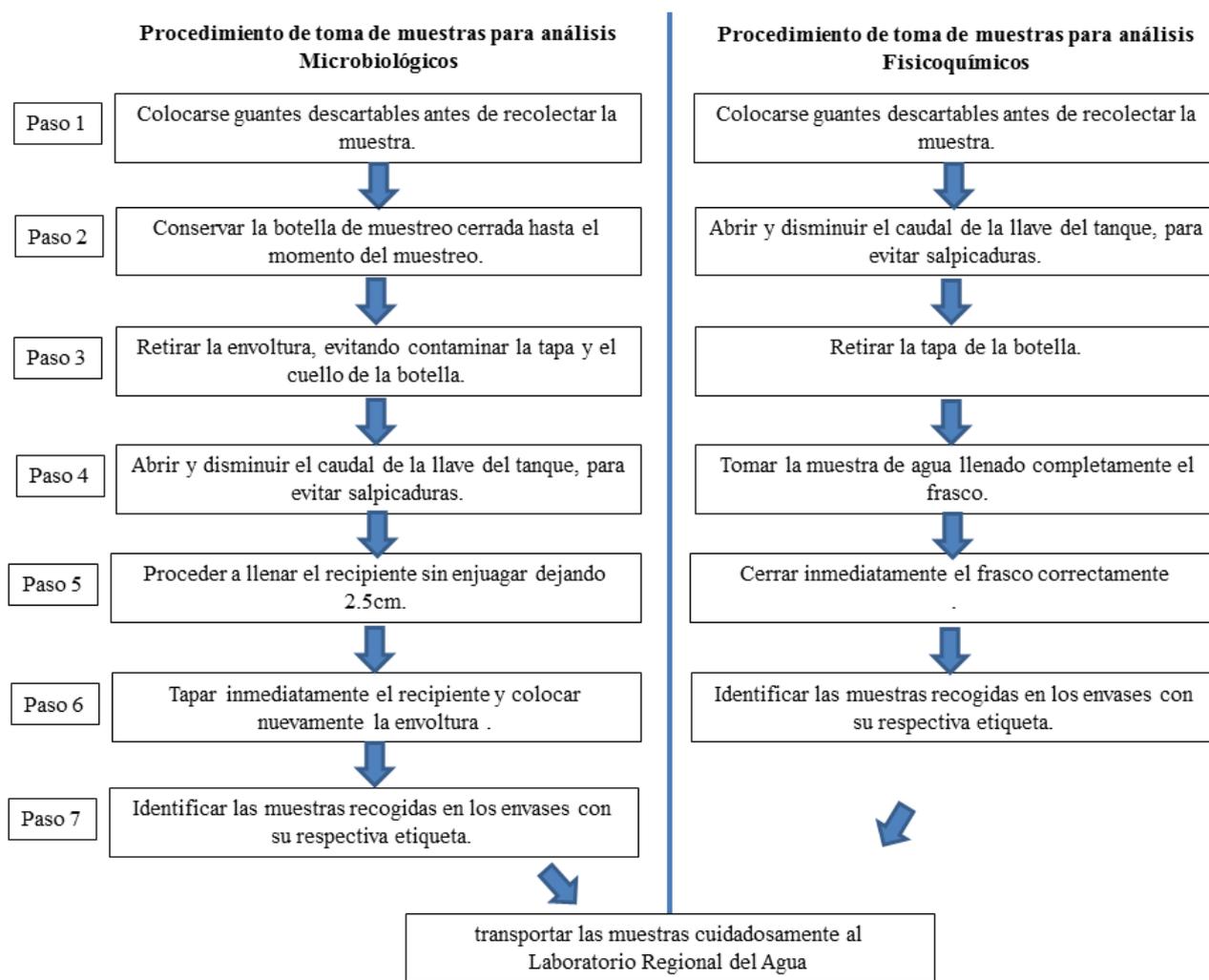
Paso 5: Cerrar inmediatamente el frasco comprobando que se ha hecho correctamente.

Paso 6: Identificar las muestras recogidas en los envases con su respectiva etiqueta.

Luego de los procedimientos anteriores se debe transportar las muestras cuidadosamente al lugar donde se realizará el análisis de las muestras, que es el Laboratorio Regional del Agua cuyos resultados demoran entre 5 y 7 días hábiles. En la Figura 12 se resume el procedimiento.

Figura 12

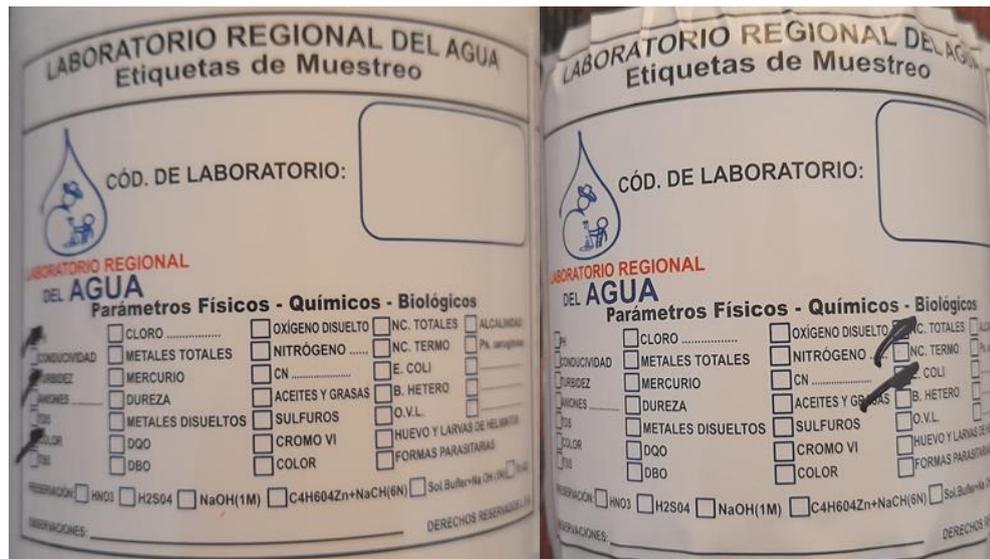
Procedimientos para la toma de muestras



Nota: (Laboratorio Regional del Agua, 2023)

Figura 13

Frascos para recolección de muestras.



Nota: (Laboratorio Regional del Agua, 2023)

Método

Se realizó una (01) muestra obtenida directamente del agua de lluvia recolectada y dieciocho (18) muestras filtradas obtenidas en la salida de los filtros de carbón activado, zeolita y arena.

Procedimiento de Tratamiento y Análisis de Datos

Se consideraron espesores similares a otros filtros propuestos en las investigaciones de referencia para tener la posibilidad de comparar resultados.

Se utilizaron los resultados de las mediciones de la calidad de agua de lluvia proporcionadas por el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, antes y después del proceso de filtración.

Análisis Estadístico de datos obtenidos

Para realizar el análisis de los datos cuantitativos, se utilizó el programa Microsoft Excel.

Paso 1: Se elaboraron tres tablas de los resultados obtenidos por cada filtro, Carbón Activado, Zeolita y Arena.

Paso 2: Se realizaron histogramas con los resultados de cada parámetro: Coliformes totales, Escherischa Coli, Turbidez, Potencial de Hidrógeno (PH) y Color.

Paso 3: Se procedió a interpretar los resultados obtenidos.

Análisis de Precios Unitarios de los métodos de filtración.

Método para determinar Presupuesto

Para determinar el presupuesto, se elaboraron tres tablas con los Precios Unitarios en la localidad de Cajamarca, por cada tipo de filtro: Carbón Activado, Zeolita y Arena, de acuerdo al siguiente detalle:

Paso 1: Se elaboró una lista de todos los materiales a utilizar en cada tipo de filtro

Paso 2: Se identificó la unidad de medida de cada material.

Paso 3: Se determinó la cantidad de material a utilizar en cada tipo de filtro.

Paso 4: Para los agregados, el Carbón Activado, la Zeolita y Arena, se calculó el volumen en metros cúbicos, de acuerdo a la capacidad del barril plástico (80 litros) que sirvió como contenedor.

Paso 5: Se convirtió el volumen m^3 a latas, ya que en estas unidades se venden los agregados

Paso 6: Se identificaron los precios unitarios de los materiales a costo de mercado local, considerándose el material puesto en el lugar.

Paso 7: Se multiplicaron las cantidades por el precio unitario obteniendo el subtotal de cada material.

Paso 8: Se realizó la sumatoria de los subtotales obteniendo el Total.

Asimismo se consideró el tiempo de mantenimiento por cada tipo de material usado en el filtro.

Validación de los instrumentos de recolección de datos

Sobre la base de la revisión de la literatura, se estableció la relación entre la variable y la medida por el instrumento.

Para la variable independiente: **Proceso de filtración**, que nos permitirá determinar la mejora de la calidad de agua de lluvia, como indicador se considerarán la conformación de las capas de los diferentes tipos de filtros.

Como variable dependiente: Agua de lluvia, nos permitirá comparar los parámetros de calidad de agua para consumo humano obtenidos por el Laboratorio Regional de Agua.

Para las variables anteriormente mencionadas para determinar la **confiabilidad**, se utilizarán los resultados obtenidos por el Laboratorio Regional de Agua, para la **validez** de contenido fue definido por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2011.

Aspectos Éticos

Para la realización de esta investigación se han citado los autores o fuentes de donde se ha obtenido la información, incluyendo gráficos y tablas. Asimismo se ha indicado la fuente de la cual consideró la metodología de diseño para cada tipo de filtro.

Los riesgos de la investigación son razonables frente a los beneficios previstos, no se han utilizado personas o animales, al contrario, se ha considerado el cuidado del medio ambiente y en este caso las obras adicionales contribuyen con el factor ambiental y la disponibilidad del agua como elemento primordial para la conservación de otros recursos naturales y su uso beneficia a la población rural.

Los resultados se realizaron de acuerdo al método establecido y no se han alterado, modificado u orientado en alguna dirección para probar o descartar la hipótesis.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En los tres tipos de filtros se usó el filtrado lento, porque es un proceso simple y no requiere el uso de presión o aplicar productos químicos como floculantes en caso del filtrado rápido. Asimismo se usó la gravedad vertical ya que permite que el polvo caiga al fondo del filtro que tiene un espacio para contener impurezas.

Resultados fisicoquímicos y microbiológicos del informe del informe del Laboratorio

Regional del Agua

Resultados del Filtro de Carbón Activado

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos de seis muestras.

Tabla 10

Resultados microbiológicos y fisicoquímicos – Carbón Activado

| Ensayos | Límite | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra |
|-------------------------|-------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Máximo Permisible | sin Filtrar | Nº 1 | Nº 2 | Nº 3 | Nº 4 | Nº 5 | Nº 6 |
| Coliformes Totales (PM) | 1.8 | 3500 | 40 | 58 | 5400 | 280 | 84 | 43 |
| Escherichia Coli | 1.8 | 8.1 | 4 | 2 | 240 | 31 | 6.1 | 2 |
| Turbidez (UNT) | 5 | 3.75 | 0.3 | 0.6 | 2.33 | 3.39 | 0.43 | 0.59 |
| Potencial de Hidrógeno | 6.5 a 8.5 | 5.77 | 9.69 | 9.67 | 9.67 | 9.65 | 9.59 | 9.6 |
| Color | 15 | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM |

Nota: (Laboratorio Regional del Agua, 2023)

Resultados del Filtro de Zeolita

En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos de seis muestras.

Tabla 11

Resultados microbiológicos y fisicoquímicos – Zeolita

| Ensayos | Límite Máximo Permisible | Muestra sin Filtrar | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra |
|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | N° 1 | N° 2 | N° 3 | N° 4 | N° 5 | N° 6 |
| Coliformes Totales (PM) | 1.8 | 3500 | 1600 | 2200 | 350 | 4300 | 5400 | 3500 |
| Escherichia Coli | 1.8 | 8.1 | 63 | 6.1 | 12 | 6.8 | 31 | 26 |
| Turbidez (UNT) | 5 | 3.75 | 16.85 | 15.35 | 10.1 | 10.9 | 10.3 | 10.35 |
| Potencial de Hidrógeno | 6.5 a 8.5 | 5.77 | 7 | 6.98 | 7.23 | 7.26 | 7.29 | 7.27 |
| Color | 15 | <LCM | 10.6 | 8.9 | 8.9 | 7.3 | 8.9 | 8.9 |

Nota: (Laboratorio Regional del Agua, 2023)

Resultados del Filtro de Arena

En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos de seis muestras.

Tabla 12

Resultados microbiológicos y fisicoquímicos – Arena

| Ensayos | Límite Máximo Permisible | Muestra sin Filtrar | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra | Muestra |
|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | N° 1 | N° 2 | N° 3 | N° 4 | N° 5 | N° 6 |
| Coliformes Totales (PM) | 1.8 | 3500 | 540 | 920 | 920 | 1600 | 430 | 350 |
| Escherichia Coli | 1.8 | 8.1 | 38 | 32 | 4 | 2 | 12 | 3.6 |
| Turbidez (UNT) | 5 | 3.75 | 3.42 | 5.35 | 5.93 | 5.29 | 5.89 | 8.73 |
| Potencial de Hidrógeno | 6.5 a 8.5 | 5.77 | 6.46 | 6.42 | 6.76 | 6.69 | 6.6 | 6.9 |
| Color | 15 | <LCM | <LCM | <LCM | 4 | <LCM | <LCM | 4 |

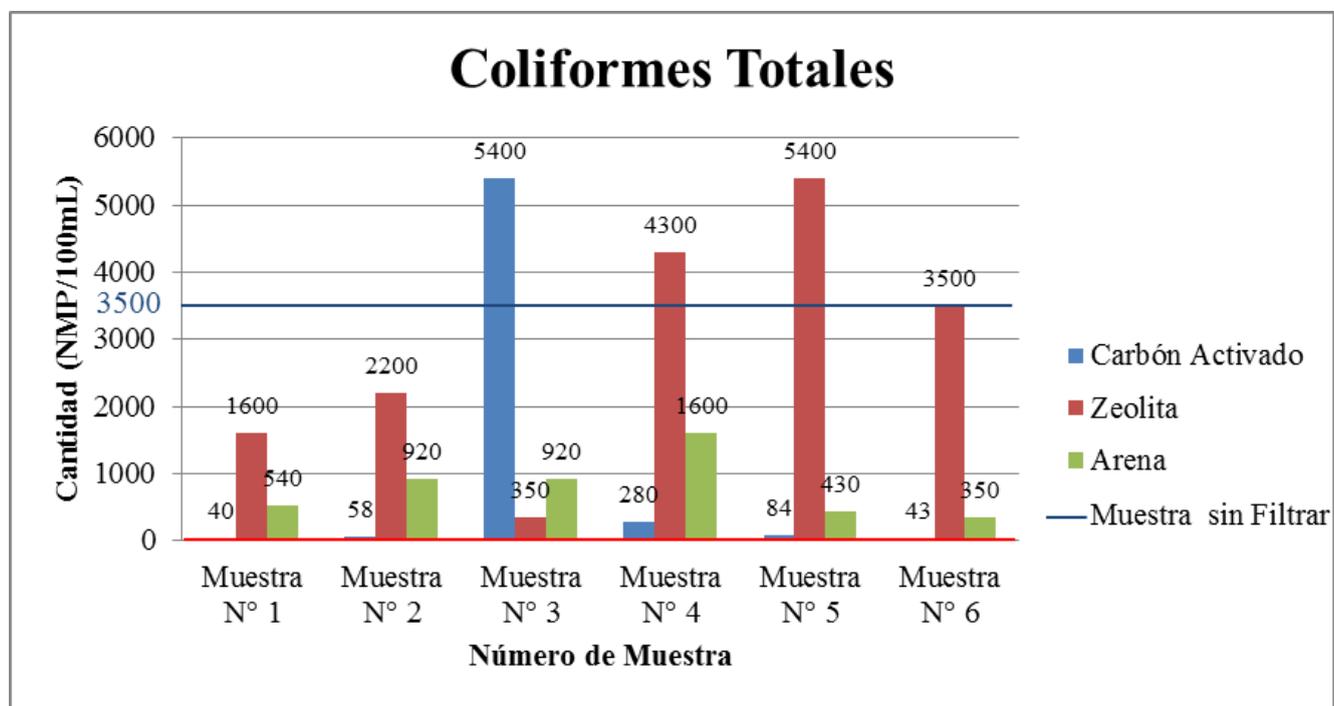
Nota: (Laboratorio Regional del Agua, 2023)

Coliformes Totales

Según la Figura N° 14, se aprecia que con los filtros en la mayor parte de las muestras hay una tendencia a disminuir la cantidad Coliformes Totales comparados con la muestra sin filtrar.

Figura 14

Resultados Coliformes Totales

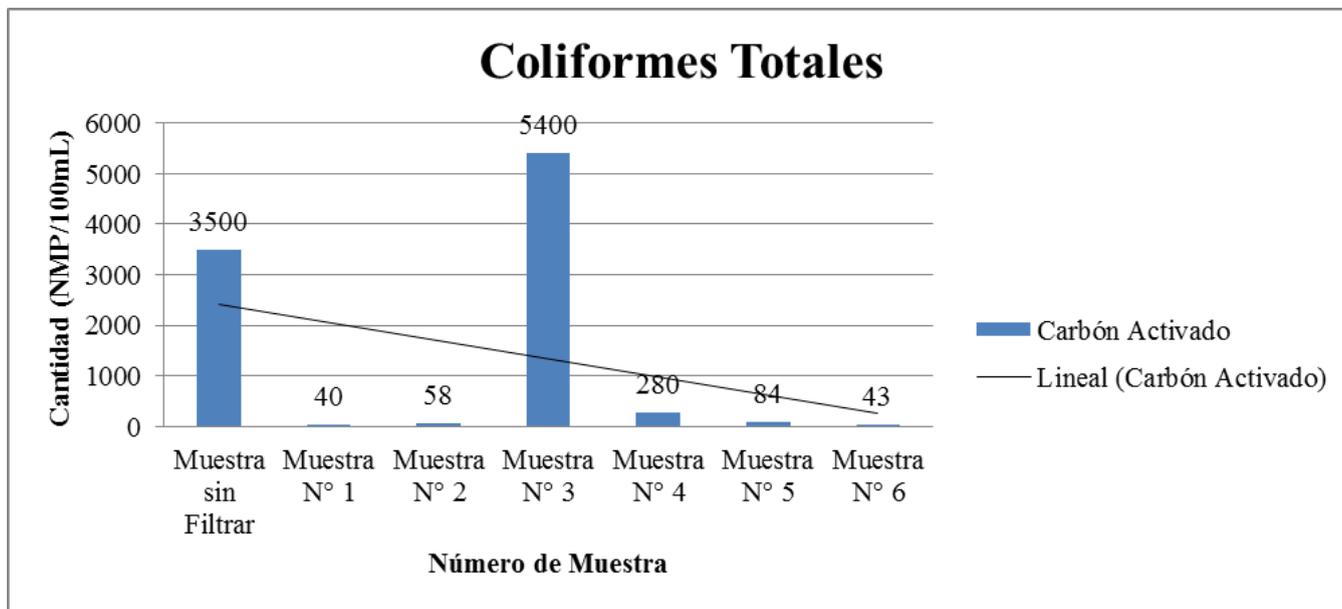


Nota: Se muestra comparativamente que con el filtro de carbón activado hay menor cantidad. de Coliformes

Según la Figura N° 15, se aprecia que con el filtro de Carbón Activado, hay una tendencia a disminuir los niveles de Coliformes Totales, en la última muestra disminuye 98.87%.

Figura 15

Resultados de Coliformes Totales filtro de Carbón Activado

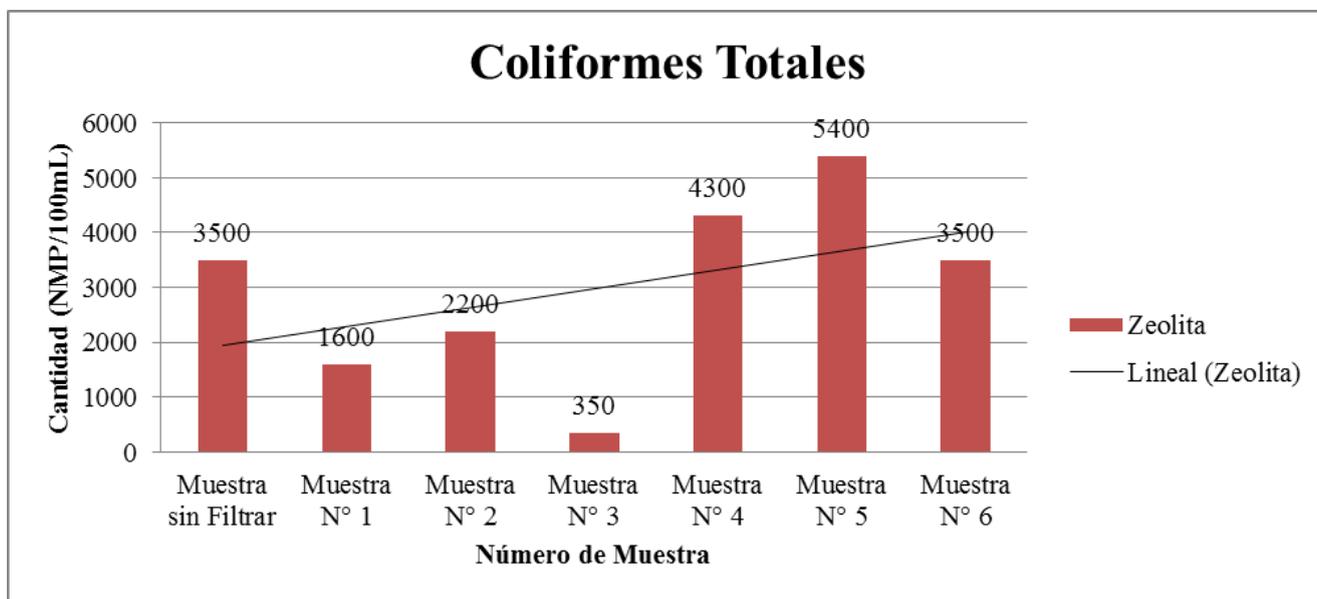


Nota: Con el filtro de carbón activado se observa que es muy efectivo para disminuir los Coliformes Totales.

Según la Figura N° 16, se aprecia que con el filtro de Zeolita, hay una tendencia a disminuir los niveles de Coliformes Totales, pero en la última muestra no disminuye con respecto a la muestra sin filtrar.

Figura 16

Resultados de Coliformes Totales filtro de Zeolita

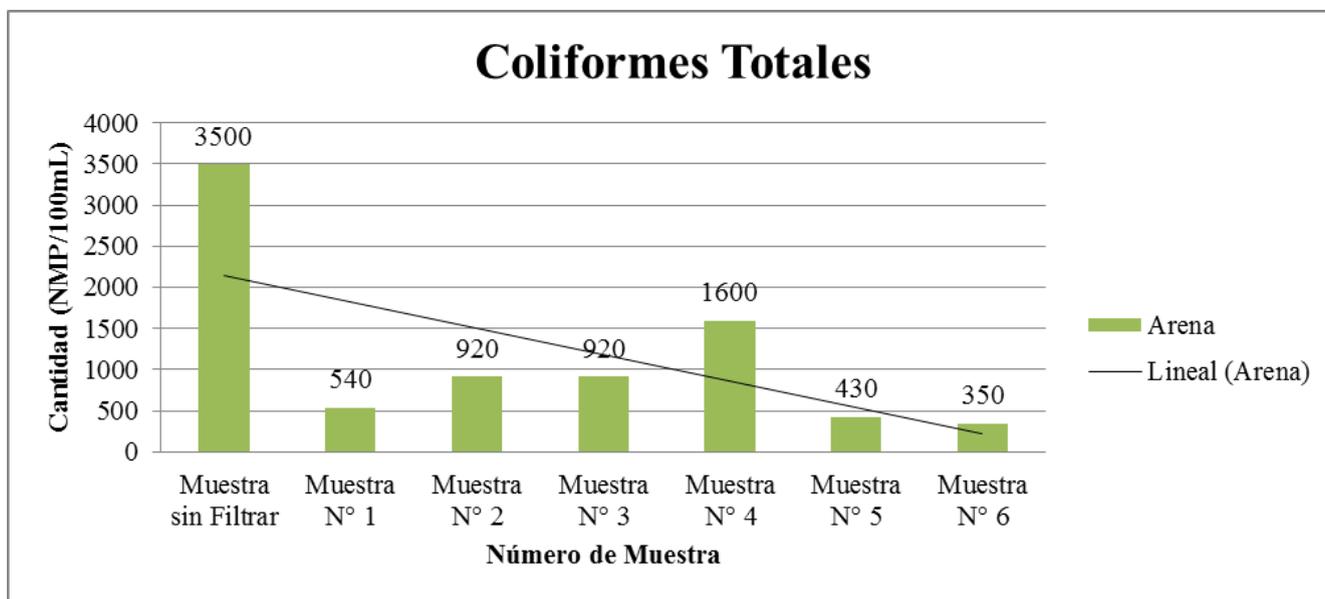


Nota: Con el filtro de Zeolita se aprecia que no hay disminución de Coliformes Totales.

Según la Figura N° 17: se aprecia que con el filtro de Arena, hay una tendencia a disminuir los niveles de Coliformes Totales, en la última muestra disminuye un 90.00%, con respecto a la muestra sin filtrar.

Figura 17

Resultados de Coliformes Totales filtro de Arena

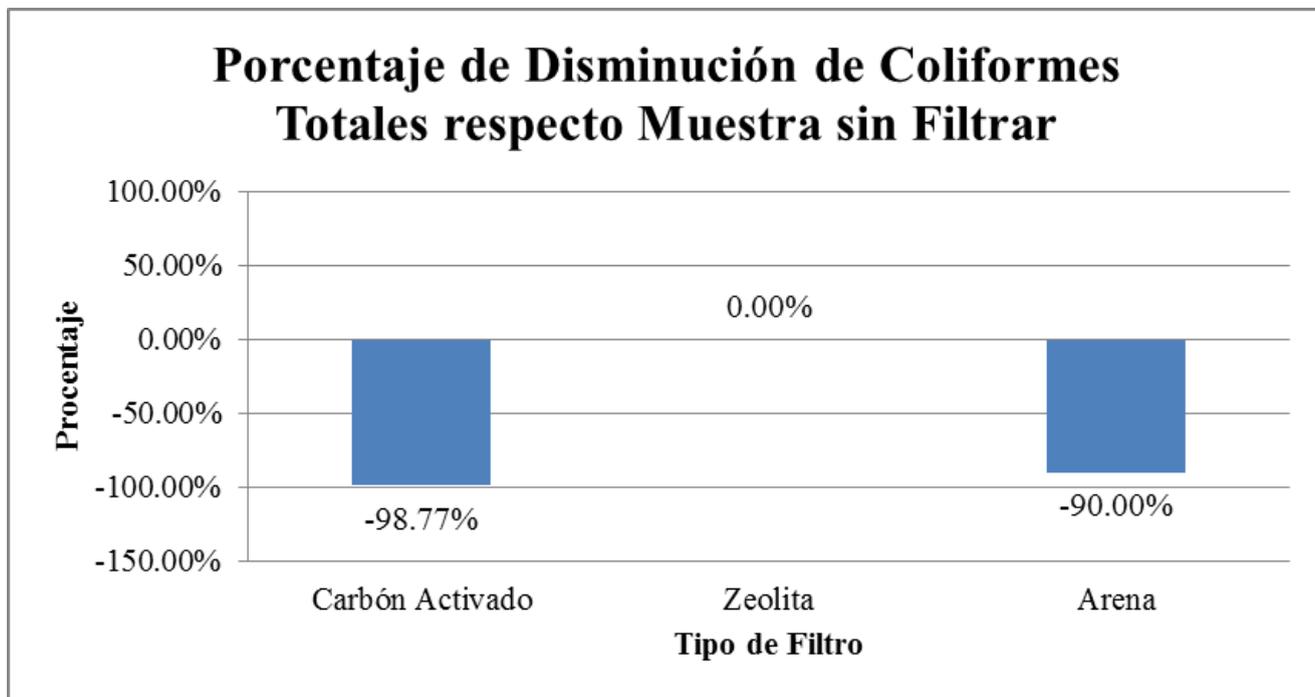


Nota: Con el filtro de Arena se observa que disminuyen los Coliformes Totales.

En resumen, en la Figura N° 18, se aprecia que con los filtros en la mayor parte de las muestras hay una tendencia a disminuir la cantidad Coliformes Totales comparados con la muestra sin filtrar

Figura 18

Porcentaje de Disminución de Coliformes Totales



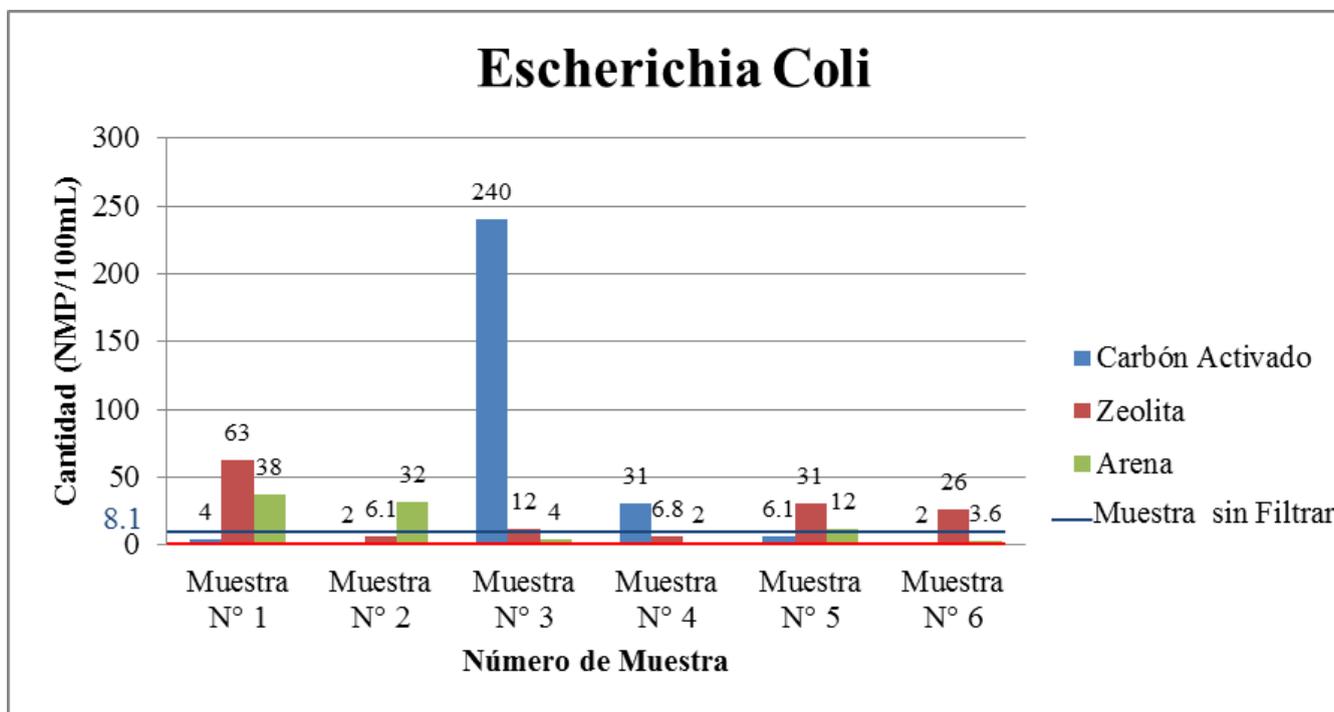
Nota: Con el filtro de Carbón Activado hay un mayor porcentaje de disminución de Coliformes Totales.

Escherichia Coli

Según la Figura N° 19, se aprecia que con los filtros en las últimas muestras hay una tendencia a disminuir la cantidad Escherichia Coli comparados con la muestra sin filtrar.

Figura 19

Resultados Escherichia Coli

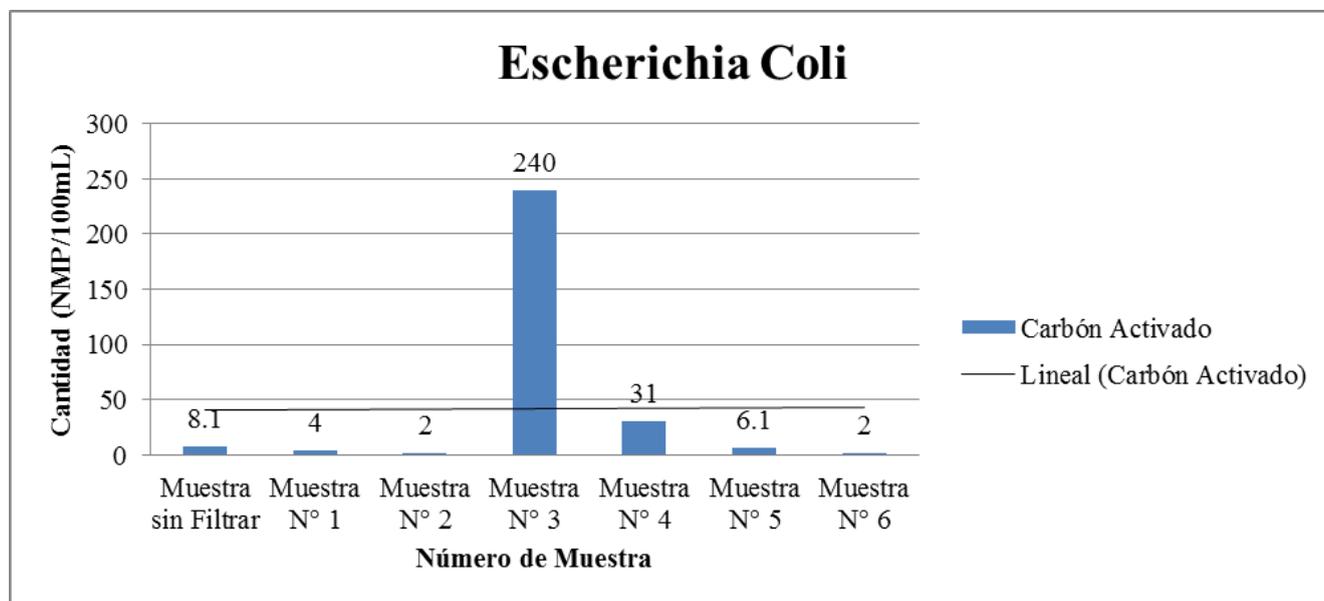


Nota: Con el filtro de carbón activado en las últimas muestras tiende a disminuir la Escherichia Coli.

Según la Figura N° 20, se aprecia que con el filtro de Carbón Activado, hay una tendencia a disminuir los niveles de Escherichia Coli, en la última muestra disminuye en un 75.31%, con respecto a la muestra sin filtrar.

Figura 20

Resultados de Escherichia Coli filtro de Carbón Activado

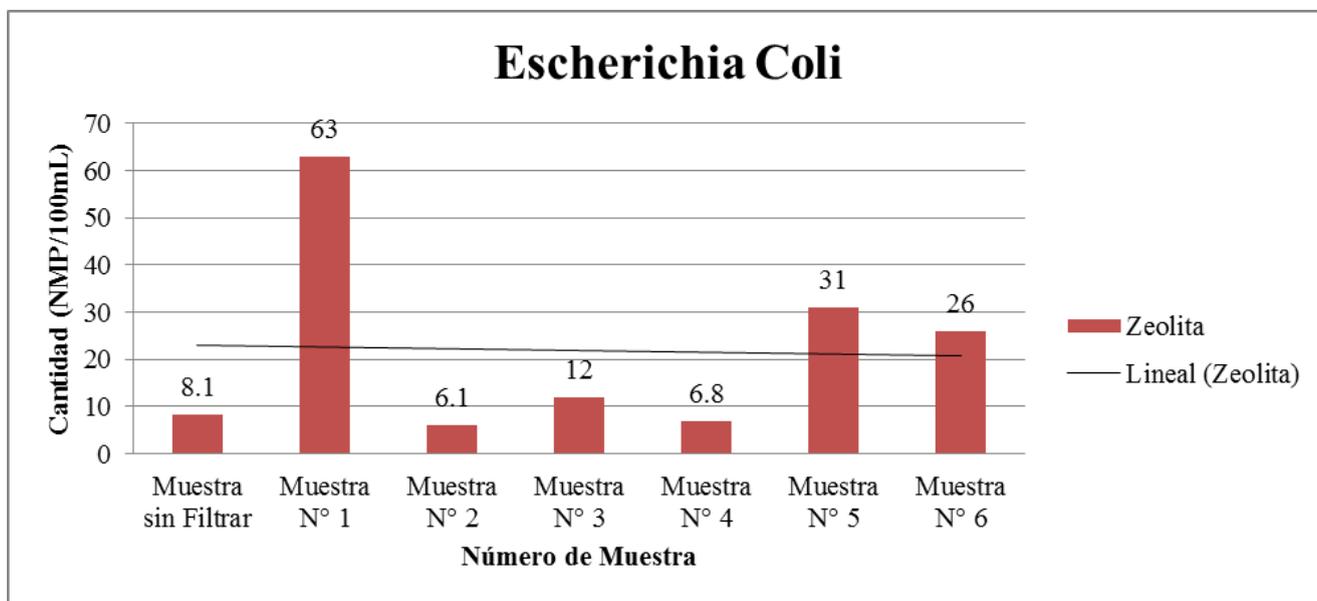


Nota: Con el filtro de Carbón Activado hay una tendencia a disminuir los niveles de Escherichia Coli.

Según la Figura N° 21, se aprecia que con el filtro de Zeolita, hay una tendencia a aumentar los niveles de Coliformes Totales, en la última muestra aumenta en 220% con respecto a la muestra sin filtrar.

Figura 21

Resultados de Escherichia Coli filtro de Zeolita

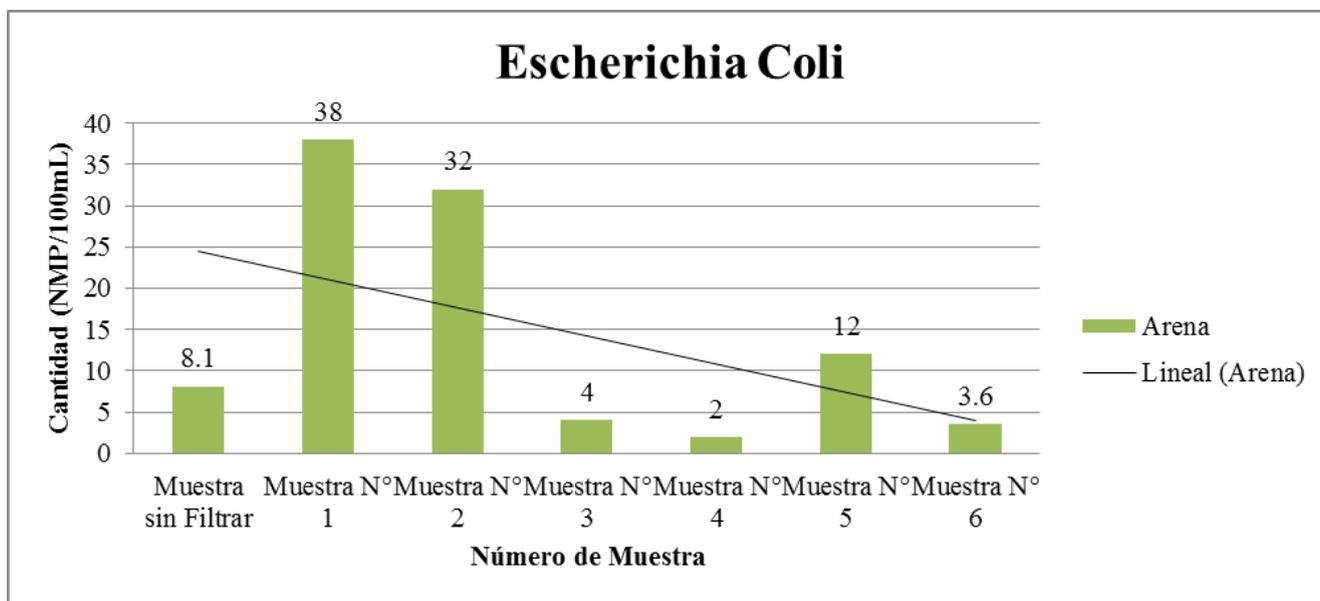


Nota: Con el filtro de Zeolita hay una tendencia a aumentar los niveles de Escherichia Coli.

Según la Figura N° 22, se aprecia que con el filtro de Arena, hay una tendencia a disminuir los niveles de Escherichia Coli, en la última muestra disminuye en un 55.56 %, con respecto a la muestra sin filtrar.

Figura 22

Resultados de Escherichia Coli filtro de Arena

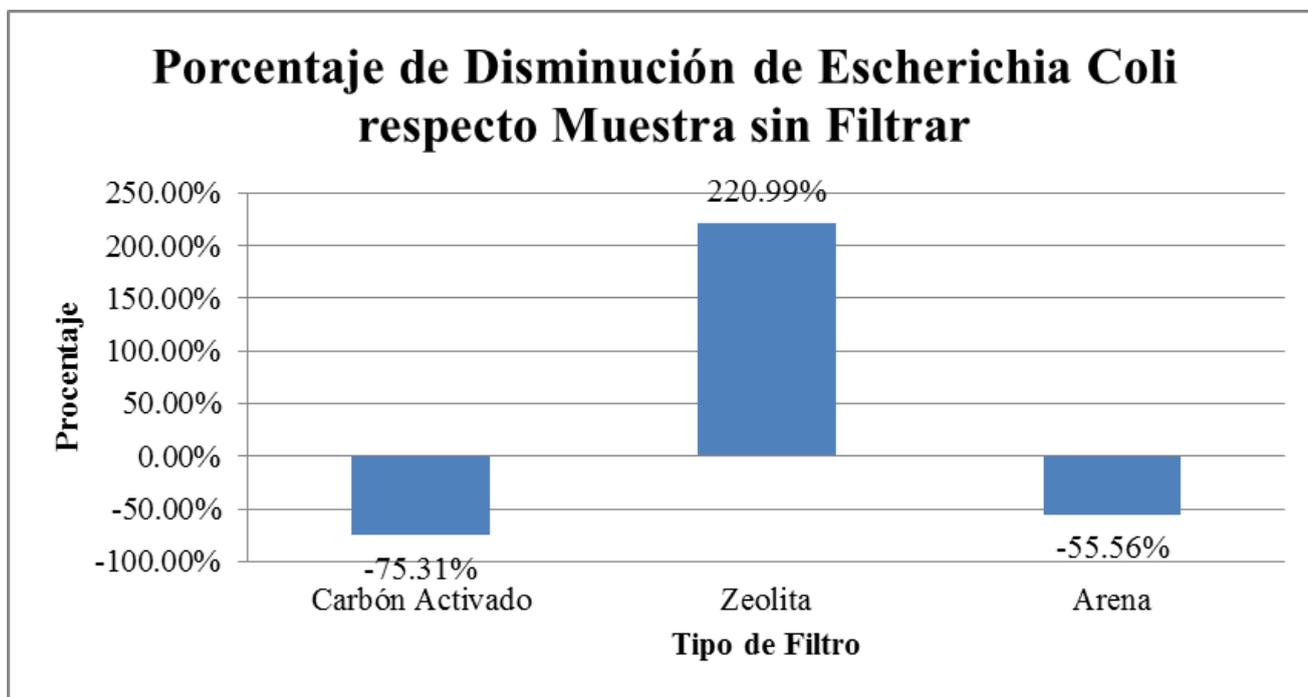


Nota: Con el filtro de Arena disminuyen considerablemente los niveles de Escherichia Coli.

En resumen, en la Figura N° 23, se aprecia que con los filtros de carbón activado y arena hay una tendencia a disminuir la cantidad Escherichia Coli comparados con la muestra sin filtrar.

Figura 23

Porcentaje de Disminución de Escherichia Coli



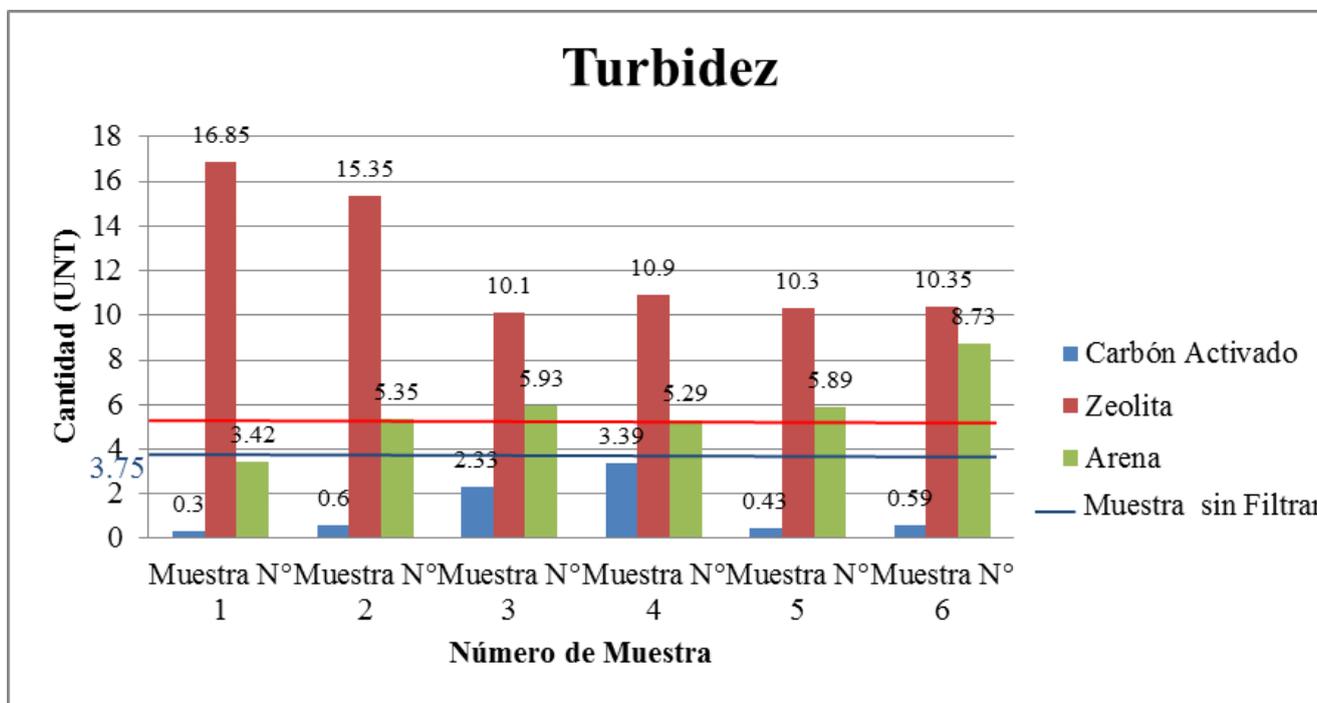
Nota: Con el filtro de Carbón Activado disminuye en mayor proporción los niveles de Escherichia Coli.

Turbidez

Según la Figura N° 24, se aprecia que con los filtros hay una tendencia a disminuir la cantidad de Turbidez.

Figura 24

Resultados Turbidez

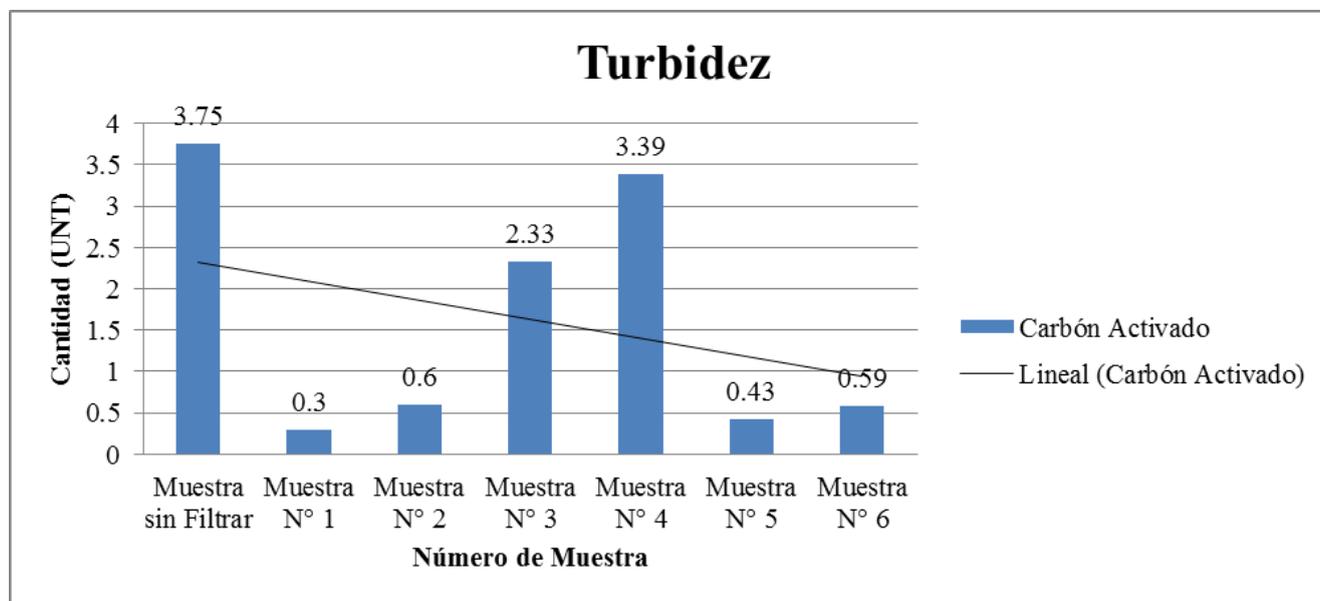


Nota: Con el filtro de carbón activado se aprecia que hay menor turbidez.

Según la Figura N° 25, se aprecia que con el filtro de Carbón Activado, hay una tendencia a disminuir los niveles de Turbidez, en la última muestra disminuye en un 84.27%, con respecto a la muestra sin filtrar.

Figura 25

Resultados de Turbidez filtro de Carbón Activado

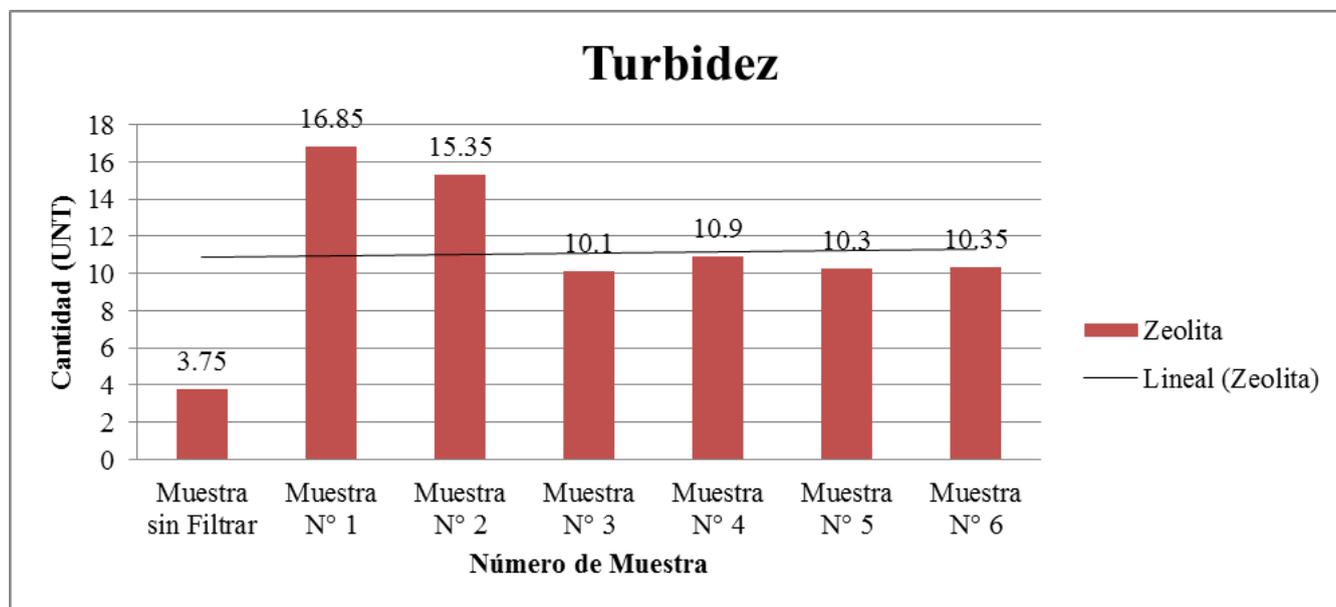


Nota: Con el filtro de Carbón Activado hay una tendencia a disminuir los niveles de Turbidez.

Según la Figura N° 26, se aprecia que con el filtro de Zeolita, no disminuyen los niveles de Turbidez al compararla con la muestra inicial, aumentando en 176.00% en relación con la muestra sin filtrar.

Figura 26

Resultados de Turbidez filtro de Zeolita

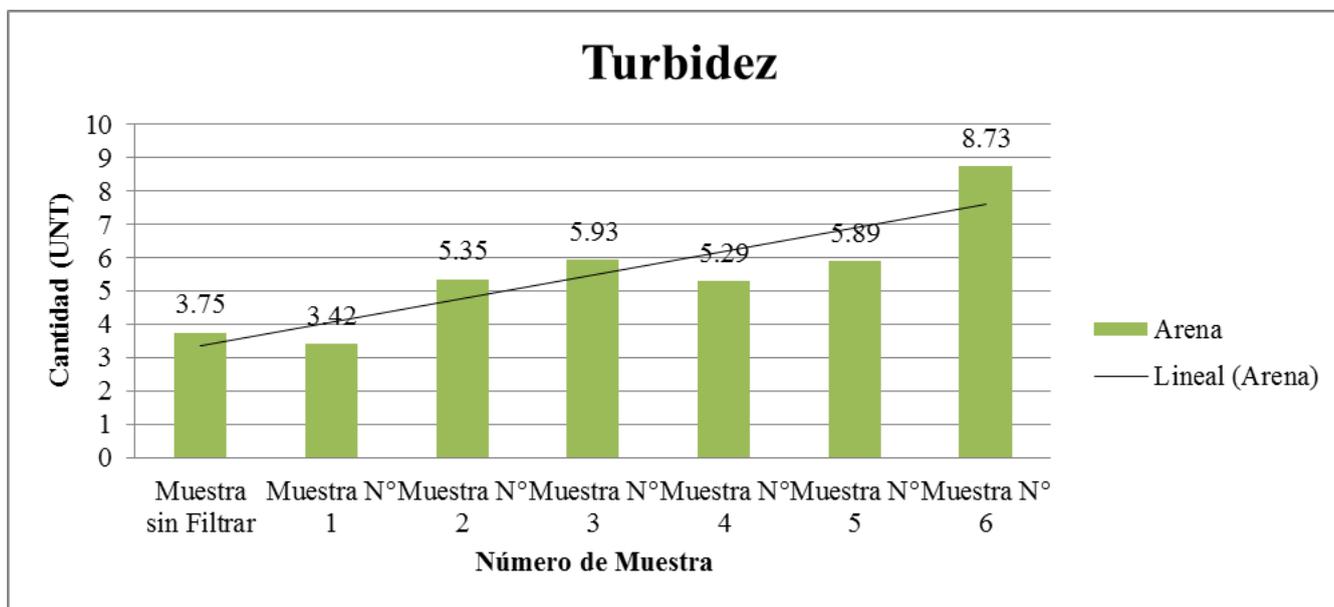


Nota: Con el filtro de Zeolita disminuyen en menor porcentaje los niveles de Turbidez.

Según la Figura N° 27, se aprecia que con el filtro de Arena, hay una tendencia a aumentar los niveles de Turbidez, en un 132.00 %, con respecto a la muestra sin filtrar.

Figura 27

Resultados de Turbidez filtro de Arena

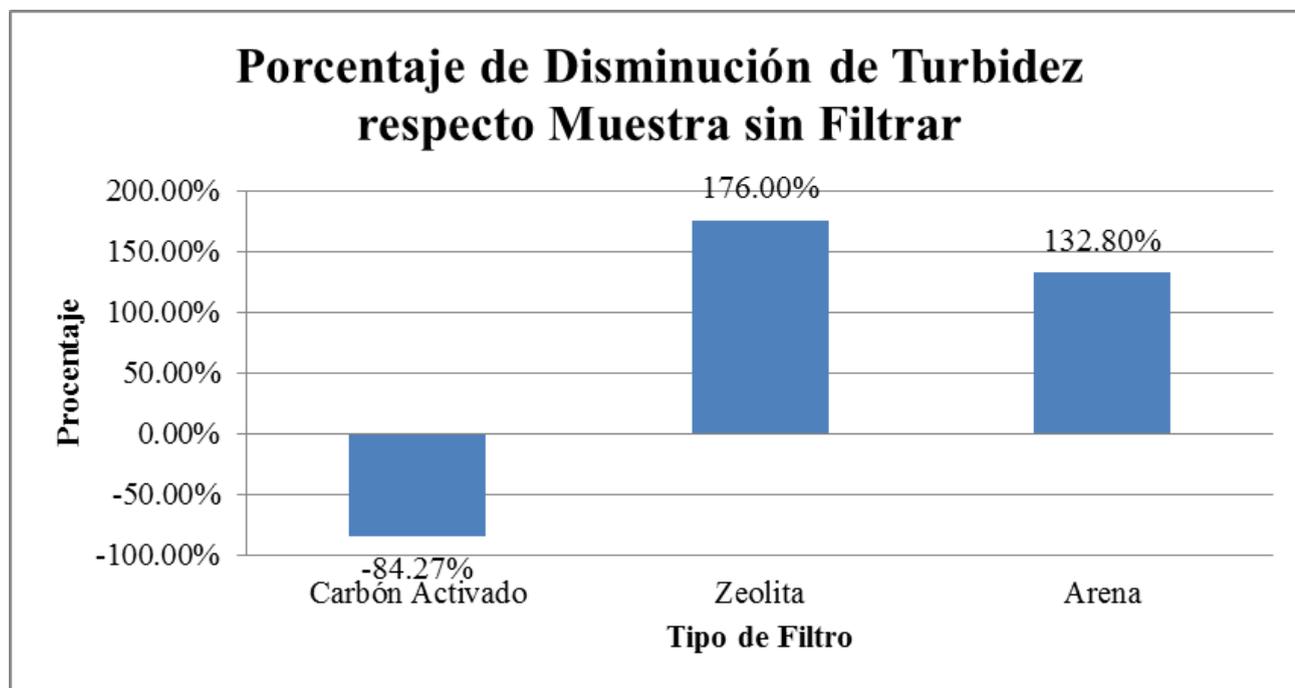


Nota: Con el filtro de Arena hay una tendencia a aumentar los niveles de Turbidez

En resumen, en la Figura N° 28, se aprecia sólo con el filtro de Carbón Activado hay una tendencia a disminuir la cantidad de Turbidez comparada con la muestra sin filtrar.

Figura 28

Porcentaje de Disminución de Turbidez



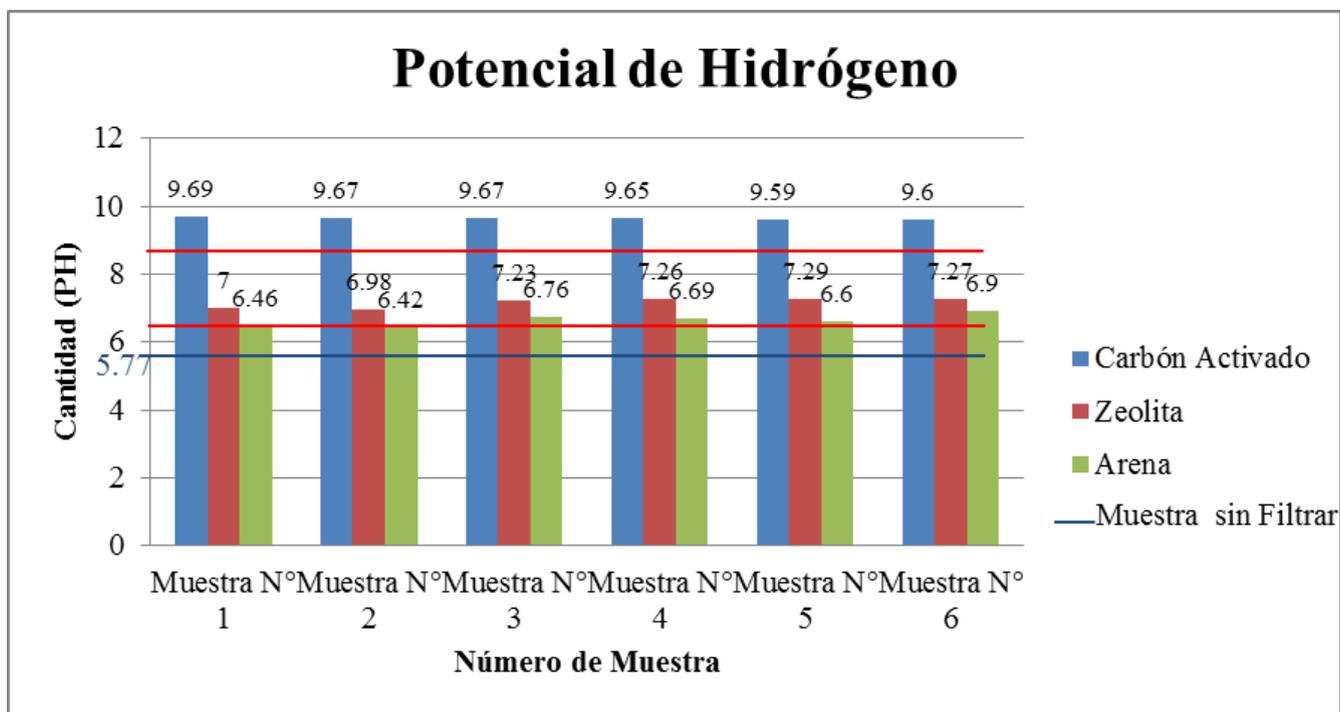
Nota: El filtro de Carbón Activado es el más efectivo para disminuir los niveles de Turbidez.

Potencial de Hidrógeno (PH)

Según la Figura N° 29, se aprecia que con los filtros hay una tendencia a mantener la cantidad de Potencial de Hidrógeno (PH), con respecto a la muestra inicial.

Figura 29

Resultados Potencial de Hidrógeno (PH)

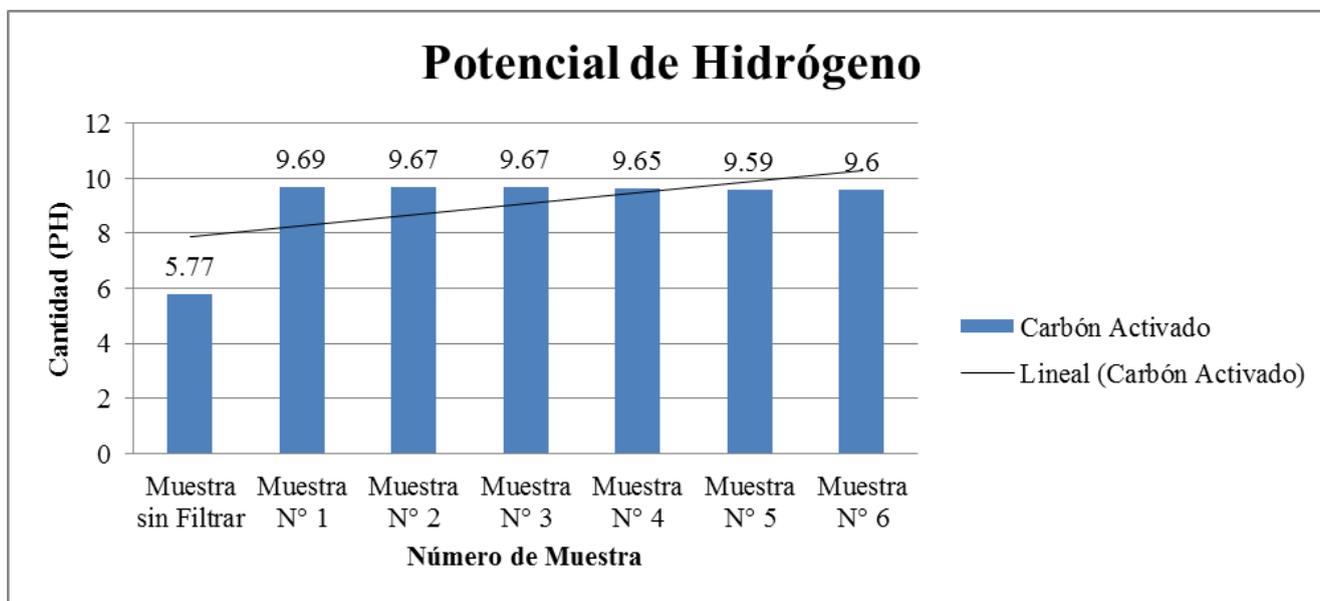


Nota: Con el filtro de arena se observa que el PH se mantiene en los límites más bajos.

Según la Figura N° 30, se aprecia que con el filtro de Carbón Activado, hay una tendencia a aumentar los niveles de Potencial de Hidrógeno (PH), en la última muestra aumenta un 66.38%, con respecto a la muestra sin filtrar.

Figura 30

Resultados de Potencial de Hidrógeno (PH) filtro de Carbón Activado

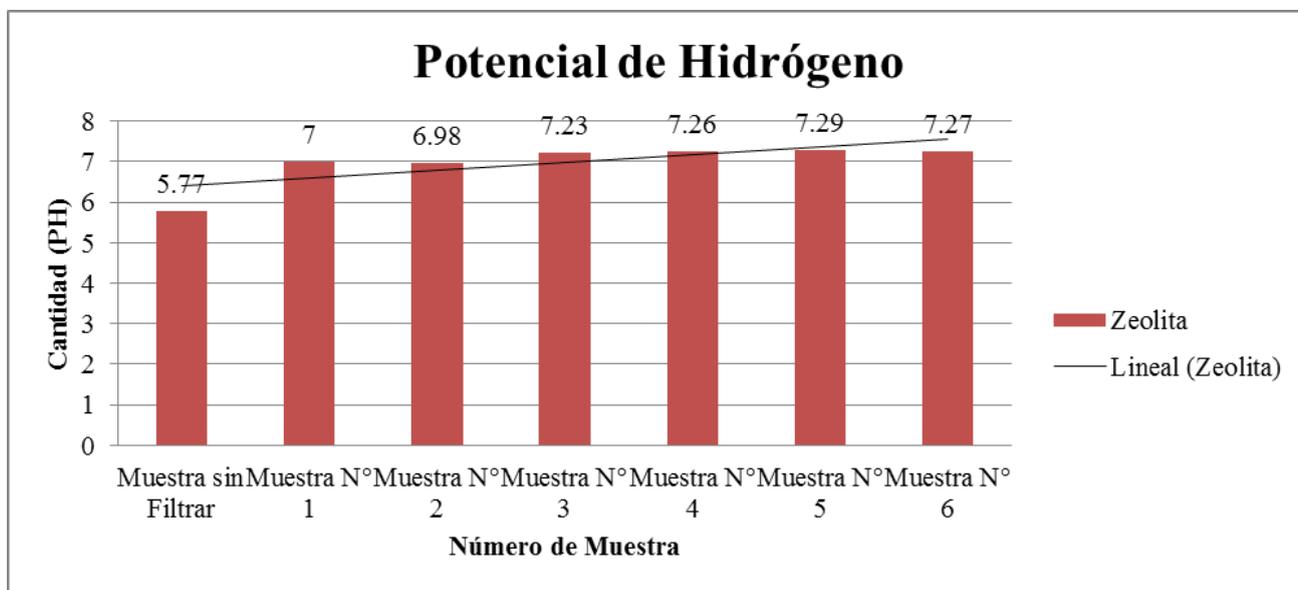


Nota: Con el filtro de Carbón Activado hay una tendencia a aumentar los niveles de PH.

Según la Figura N° 31, se aprecia que con el filtro de Zeolita, hay una tendencia a aumentar los niveles de Potencial de Hidrógeno (PH), con respecto a la muestra inicial, en la última muestra aumenta en un 26.00%, con respecto a la muestra sin filtrar

Figura 31

Resultados de Potencial de Hidrógeno (PH) filtro de Zeolita

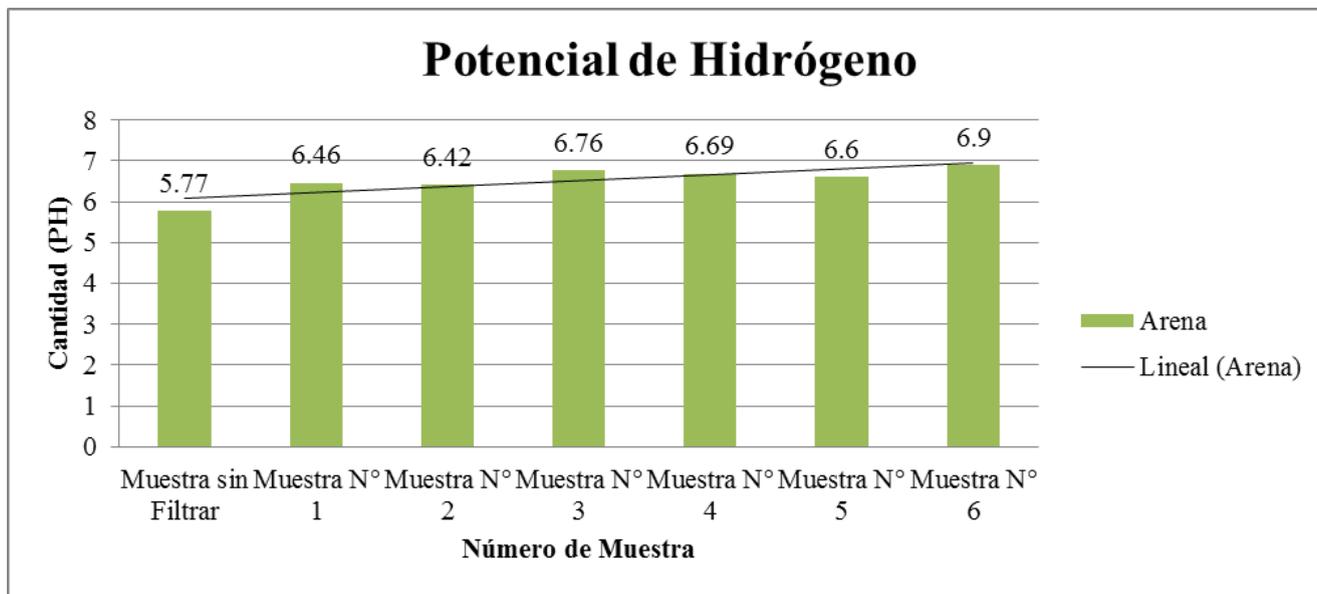


Nota: Con el filtro de Zeolita hay una tendencia a aumentar ligeramente los niveles de PH.

Según la Figura N° 32, se aprecia que con el filtro de Arena, hay una tendencia a aumentar los niveles de Potencial de Hidrógeno (PH), en la última muestra aumenta en 19.58 %

Figura 32

Resultados de Potencial de Hidrógeno (PH) filtro de Arena

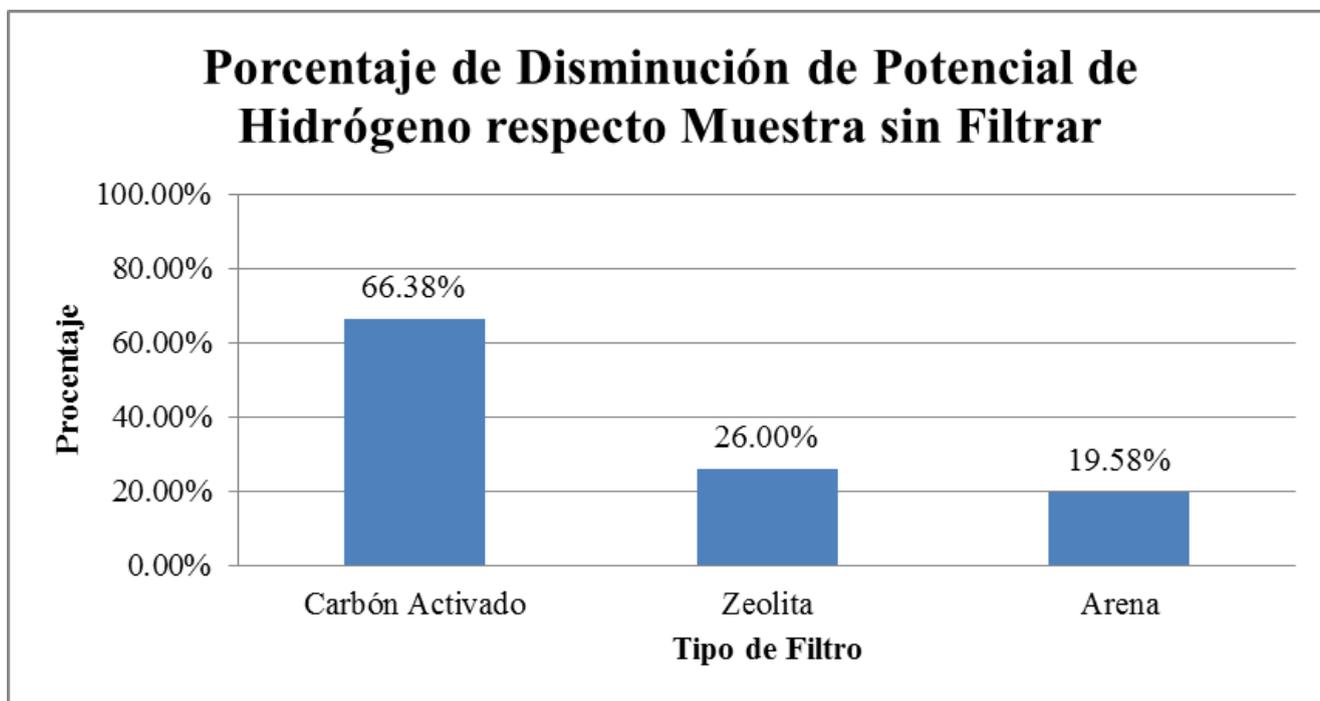


Nota: Con el filtro de Arena hay una tendencia a aumentar levemente los niveles de PH.

En resumen, Según la Figura N° 33, se aprecia que con los filtros hay una tendencia a aumentar la cantidad de Potencial de Hidrógeno (PH) comparados con la muestra sin filtrar.

Figura 33

Porcentaje de Disminución de Potencial de Hidrógeno (PH)



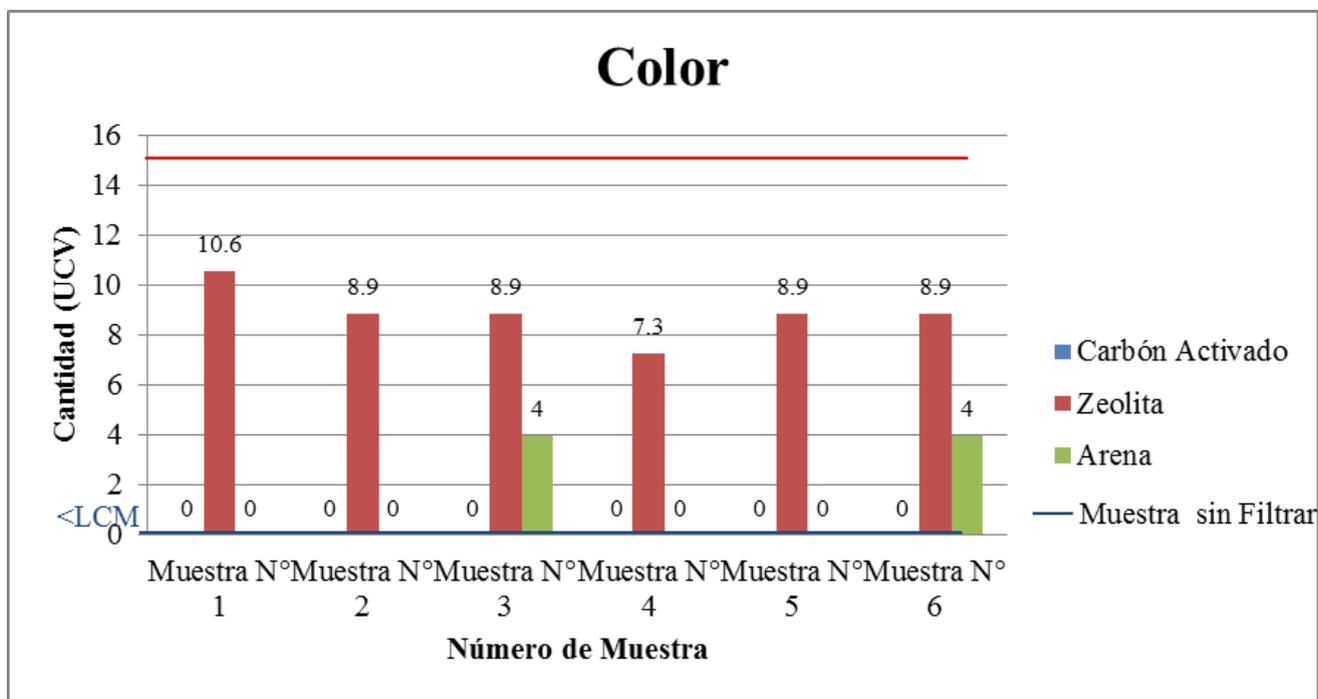
Nota: Con el filtro de Arena hay una menor tendencia de aumentar los niveles de PH.

Color

Según la Figura N° 34, se aprecia que con los filtros hay una tendencia a disminuir la cantidad de Color, con respecto a la muestra inicial.

Figura 34

Resultados Color

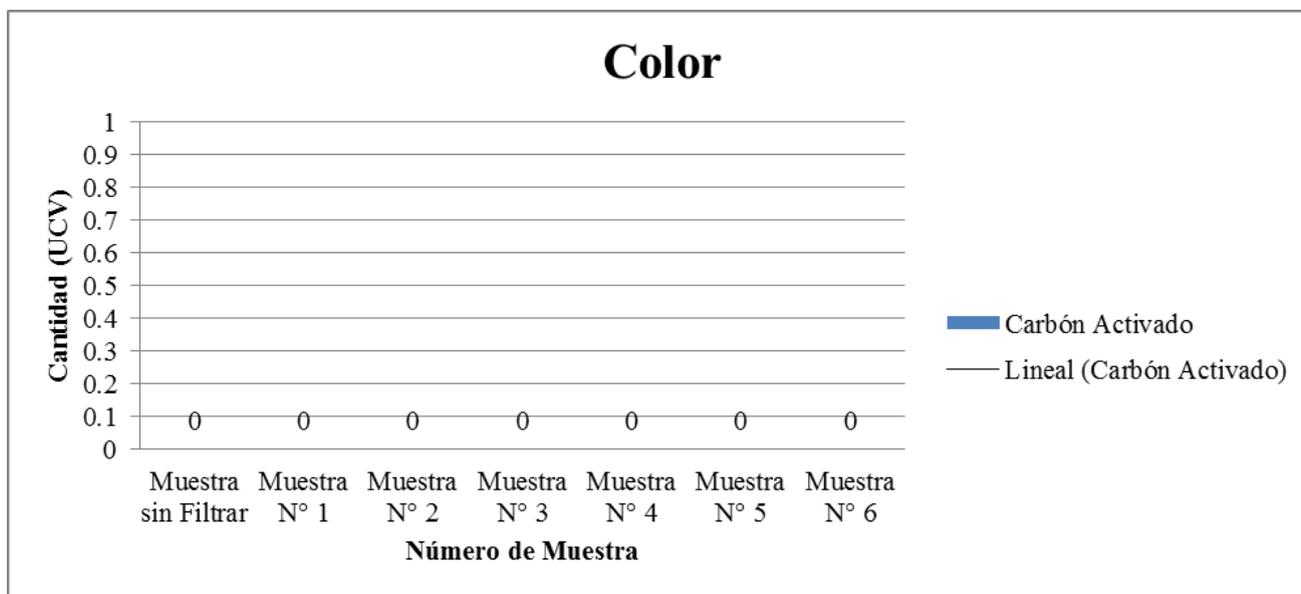


Nota: Con el filtro de carbón activado se observa que el color disminuye considerablemente.

Según la Figura N° 35 se aprecia que con el filtro de Carbón Activado, hay una tendencia a disminuir los niveles de Color.

Figura 35

Resultados de Color filtro de Carbón Activado

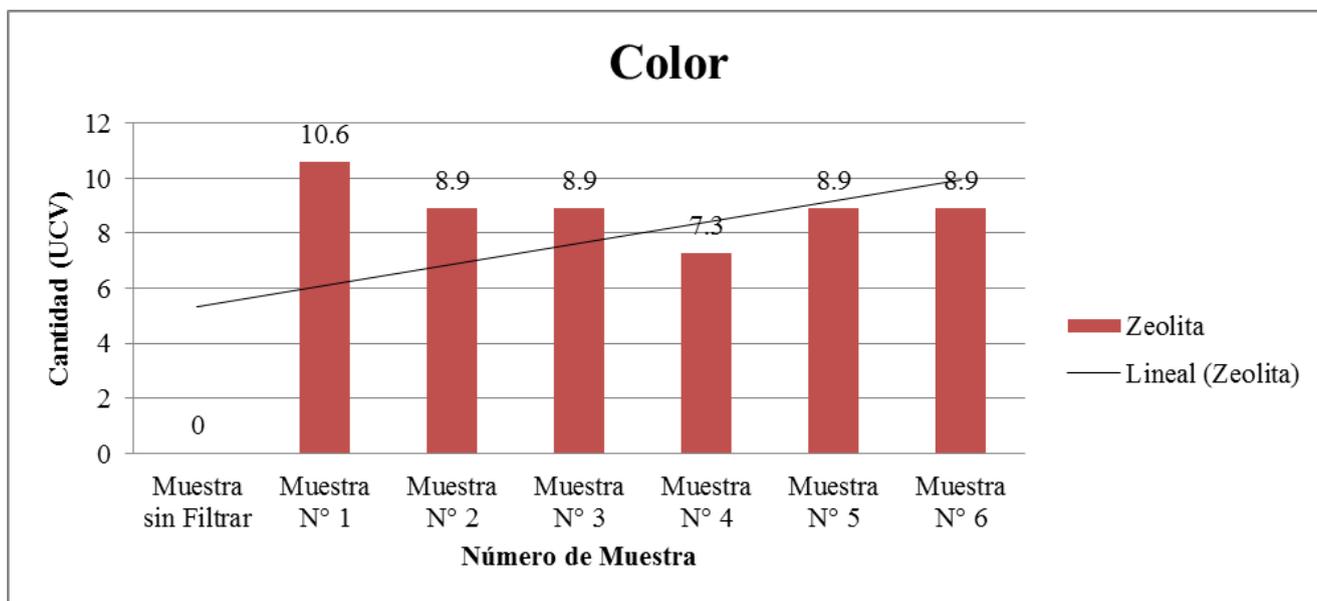


Nota: Con el filtro de Carbón Activado disminuyen considerablemente los niveles de Color.

Según la Figura N° 36: se aprecia que con el filtro de Zeolita, hay una tendencia a aumentar los niveles de Color, con respecto a la muestra inicial, en la última muestra aumenta en 890%.

Figura 36

Resultados de Color filtro de Zeolita

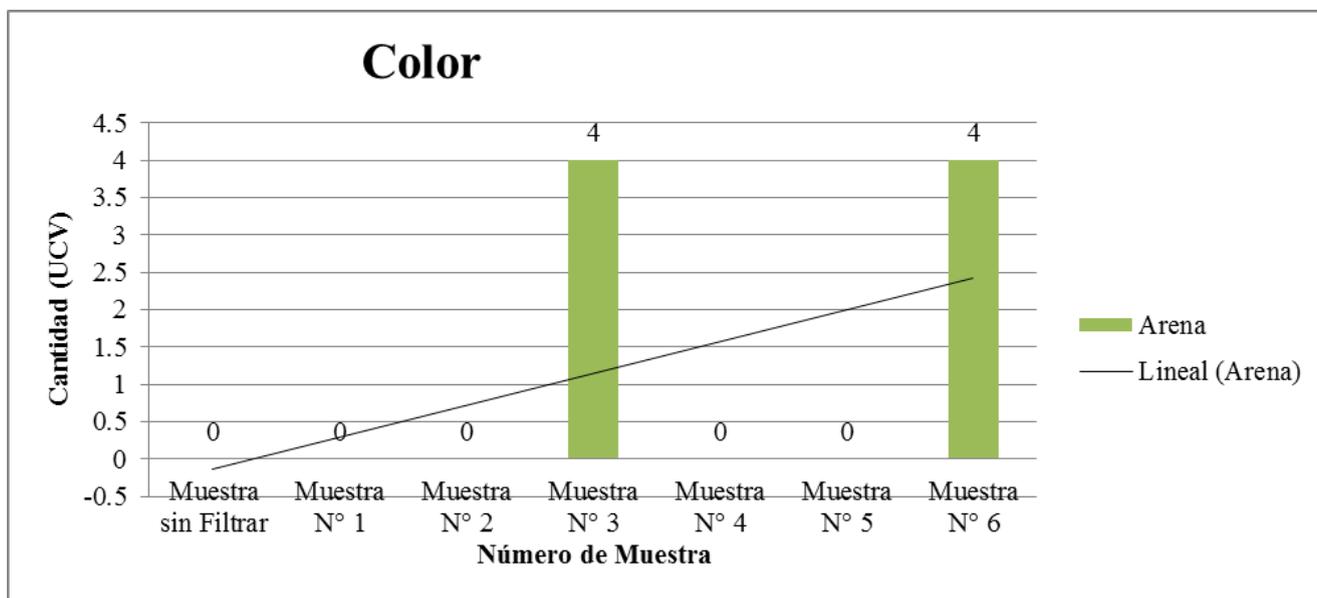


Nota: Con el filtro de Zeolita aumentan considerablemente los niveles de Color

Según la Figura N° 37, se aprecia que con el filtro de Arena, hay una tendencia a aumentar los niveles de Color, en la última muestra aumenta en 400%.

Figura 37

Resultados de Color filtro de Arena

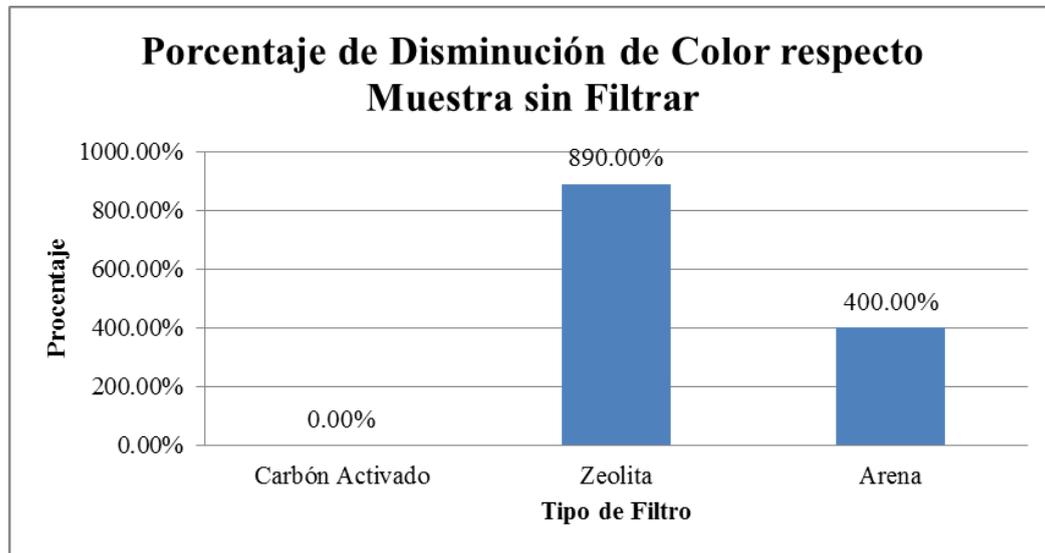


Nota: Con el filtro de Arena hay una disminución y aumento en los niveles de Color

En resumen, Según la Figura N° 38, se aprecia que sólo con el filtro de Carbón Activado hay una tendencia a disminuir la cantidad de Color comparados con la muestra sin filtrar.

Figura 38

Porcentaje de Disminución de Color

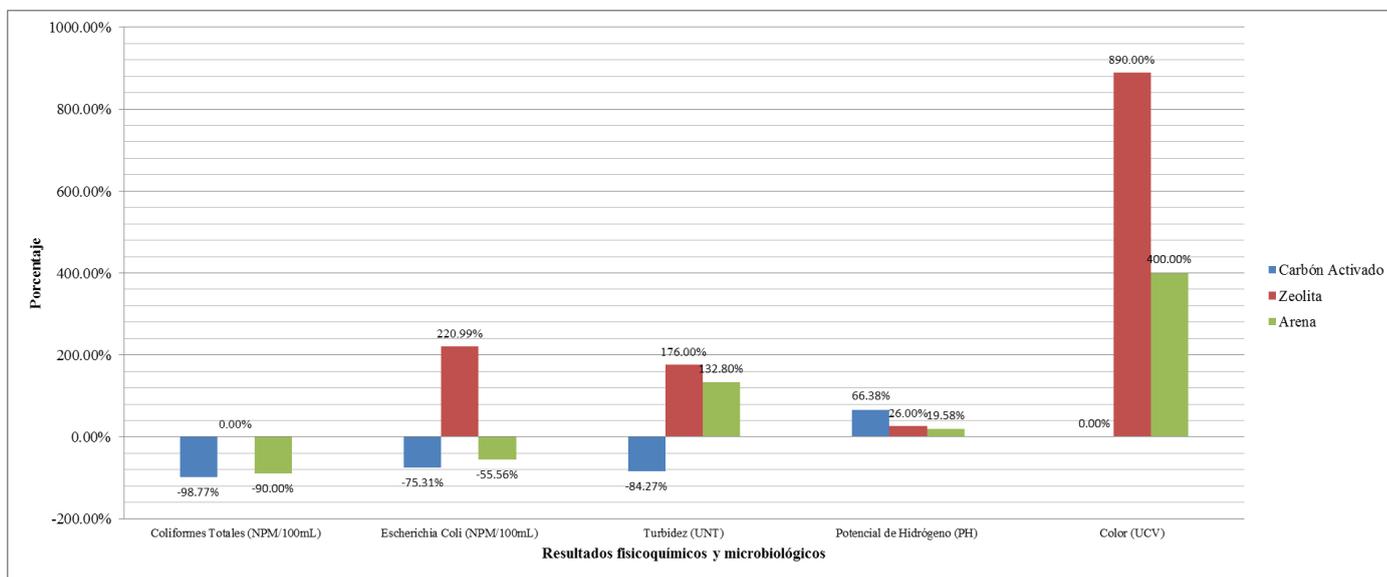


Nota: Con el filtro de Carbón Activado hay un mayor porcentaje de disminución de Color

En resumen, según la Figura N° 39, se aprecia que el filtro de Carbón Activado es el más efectivo comparado con los filtros de Zeolita y Arena.

Figura 39

Resumen de los filtros



Nota: Observamos que el filtro de Carbón Activado tiene mejor desempeño.

Podemos apreciar en la Tabla 13, el filtro de Carbón Activado a pesar que reduce los parámetros considerablemente, al compararla con los parámetros del agua potable, sólo cumple con dos parámetros dentro del rango permitido, al igual que los filtros de Zeolita y Arena.

Tabla 13

Comparación de los Resultados con los parámetros del agua potable

| Parámetro / Tipo de Filtro | LMP | MSF | Carbón | Zeolita | Arena |
|-----------------------------|-----------|------|--------|---------|-------|
| Coliformes Totales (PM) | 1.8 | 3500 | 43 | 3500 | 350 |
| Escherichia Coli | 1.8 | 8.1 | 2 | 26 | 3.6 |
| Turbidez (UNT) | 5 | 3.75 | 0.59 | 10.35 | 8.73 |
| Potencial de Hidrógeno (PH) | 6.5 a 8.5 | 5.77 | 9.6 | 7.27 | 6.9 |
| Color | 15 | <LCM | <LCM | 8.9 | 4 |

Nota: Los tres tipos de filtros sólo cumplen con dos parámetros, de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA (2011)

En la Tabla 14, mostramos en porcentaje los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, podemos apreciar que el filtro de Carbón Activado disminuye los valores en cuatro parámetros, seguido del filtro de arena que disminuye en dos y por último el filtro de zeolita

Tabla 14

Comparación de los Resultados en Porcentaje

| Tipo de Filtro | LMP | MSF | Carbón | Zeolita | Arena |
|-----------------------------|-----------|------|---------|---------|---------|
| Coliformes Totales (PM) | 1.8 | 3500 | -98.77% | 0.00% | -90.00% |
| Escherichia Coli | 1.8 | 8.1 | -75.31% | 220.99% | -55.56% |
| Turbidez (UNT) | 5 | 3.75 | -84.27% | 176.00% | 132.80% |
| Potencial de Hidrógeno (PH) | 6.5 a 8.5 | 5.77 | 66.38% | 26.00% | 19.58% |
| Color | 15 | <LCM | 0.00% | 890.00% | 400.00% |
| Mejora Calidad de Agua | | | 80% | 20% | 60% |

Nota: Con el filtro de Carbón Activado se observan mejores resultados, si consideramos 20% por cada mejora, resulta una mejora de calidad entre el 20% y 80%.

APU de los métodos de filtración.

A continuación, en la Tabla 15 se presentan el Análisis de Precios Unitarios para el filtro de Carbón Activado.

Tabla 15

Análisis de Precios Unitarios Filtro de Carbón Activado

| Mantenimiento: | | año y medio* | | | |
|-----------------------|------------------------------|----------------|-----------------|-----------|------------------|
| Item | Material | UM | Cantidad | PU | Sub Total |
| 1 | Barril plástico de 80 Litros | UND | 1 | 35.00 | 35.00 |
| 2 | Llave de paso PVC C/R 1/2" | UND | 1 | 8.50 | 8.50 |
| 3 | Tubería de 1/2" | UND | 0.5 | 1.98 | 0.99 |
| 4 | Adaptador de 1/2" con rosca | UND | 1 | 0.90 | 0.90 |
| 5 | Cinta teflón | UND | 0.3 | 1.20 | 0.40 |
| 6 | Pegamento para PVC | UND | 0.3 | 19.90 | 6.63 |
| 7 | Grava | LATA | 1.3 | 3.00 | 3.90 |
| 8 | Gravilla | LATA | 0.7 | 3.00 | 2.10 |
| 9 | Carbón Activo | M ³ | 0.038 | 14536.36 | 552.38 |
| 10 | Piedra mediana | LATA | 1 | 5.00 | 5.00 |
| 11 | Mano de obra | GLB | 0.25 | 100.00 | 25.00 |
| TOTAL | | | | | 640.80 |

Nota:*(FiltroShop, 2020)

A continuación, en la Tabla 16 se presentan el Análisis de Precios Unitarios para el filtro de Zeolita.

Tabla 16

Análisis de Precios Unitarios Filtro de Zeolita

| Mantenimiento: | | 5 años* | | | |
|-----------------------|------------------------------|----------------|-----------------|---------------|----------------------|
| Item | Material | UM | Cantidad | PU S/. | Sub Total S/. |
| 1 | Barril plástico de 80 Litros | UND | 1 | 35.00 | 35.00 |
| 2 | Llave de paso PVC C/R 1/2" | UND | 1 | 8.50 | 8.50 |
| 3 | Tubería de 1/2" | UND | 0.5 | 1.98 | 0.99 |
| 4 | Adaptador de 1/2" con rosca | UND | 1 | 0.90 | 0.90 |
| 5 | Cinta teflón | UND | 0.3 | 1.20 | 0.40 |
| 6 | Pegamento para PVC | UND | 0.3 | 19.90 | 6.63 |
| 7 | Zeolita | M ³ | 0.038 | 8961.17 | 340.52 |
| 8 | Gravilla | LATA | 0.7 | 3.00 | 2.10 |
| 9 | Grava | LATA | 1.3 | 3.00 | 3.90 |
| 10 | Mano de obra | GLB | 0.25 | 100.00 | 25.00 |
| TOTAL | | | | | 423.95 |

Nota: * (Carbotecnia, 2023)

A continuación, en la Tabla 17 se presentan el Análisis de Precios Unitarios para el filtro de Arena.

Tabla 17

Análisis de Precios Unitarios Filtro de Arena

| Mantenimiento: | | 4.5 años* | | | |
|-----------------------|------------------------------|-----------|-----------------|---------------|----------------------|
| Item | Material | UM | Cantidad | PU S/. | Sub Total S/. |
| 1 | Barril plástico de 80 Litros | UND | 1 | 35.00 | 35.00 |
| 2 | Llave de paso PVC C/R 1/2" | UND | 1 | 8.50 | 8.50 |
| 3 | Tubería de 1/2" | UND | 0.5 | 1.98 | 0.99 |
| 4 | Adaptador de 1/2" con rosca | UND | 1 | 0.90 | 0.90 |
| 5 | Cinta teflón | UND | 0.3 | 1.20 | 0.40 |
| 6 | Pegamento para PVC | UND | 0.3 | 19.90 | 6.63 |
| 7 | Grava | LATA | 0.5 | 3.00 | 1.50 |
| 8 | Gravilla | LATA | 0.3 | 3.00 | 0.90 |
| 9 | Arena | LATA | 3.15 | 9.00 | 28.35 |
| 10 | Paquete de algodón | KG | 0.7 | 26.70 | 18.69 |
| 11 | Mano de obra | GLB | 0.25 | 100.00 | 25.00 |
| TOTAL | | | | | 126.86 |

Nota: * (Grupoconsiglieri, 2023)

Seguidamente, en la Tabla 18 se presenta el Análisis de Precios Unitarios del Laboratorio Regional del Agua.

Tabla 18

Análisis de Precios Unitarios Laboratorio Regional del Agua

| Item | Ensayo | UM | Cantidad | PU S/. | Sub Total S/. |
|--------------|------------------------------|-----|----------|--------|----------------|
| 1 | Coliformes Totales (PM) | UND | 19 | 52.84 | 1003.96 |
| 2 | Escherischa Coli | UND | 19 | 54.95 | 1044.05 |
| 3 | Turbidez | UND | 19 | 16.34 | 310.46 |
| 4 | Potencial de Hidrógeno | UND | 19 | 18.81 | 357.39 |
| 5 | Color | UND | 19 | 25.74 | 489.06 |
| 6 | Interpretación de Resultados | UND | 19 | 14.35 | 272.65 |
| 7 | Material de Muestreo | UND | 19 | 23.27 | 442.13 |
| TOTAL | | | | | 3919.70 |

Nota: (Laboratorio Regional del Agua, 2023)

Finalmente, en la Tabla 19 se presenta la relación precio/rendimiento.

Tabla 19

Relación Precio/ Mantenimiento por cada tipo de filtro

| Tipo Filtro | Precio S/. | Mantenimiento (años) | Precio/ Mantenimiento |
|-----------------|------------|----------------------|-----------------------|
| Carbón Activado | 640.80 | 1.5 | 427.20 |
| Zeolita | 423.95 | 5 | 84.79 |
| Arena | 126.86 | 4.5 | 28.19 |

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como limitaciones podemos mencionar que hubo reducidas precipitaciones en la ciudad de Cajamarca durante el mes de julio, durante el cual se realizó la toma de las muestras. En caso de haber tenido mayor cantidad de precipitaciones se pudo haber generado u obtenido una mejor calidad de las muestras.

Otra limitación fue el orden secuencial en el desarrollo de la investigación, debido a que coincidió la toma de muestra con la época de estiaje.

Dando paso a la discusión con respecto a Coliformes Totales observamos que con el filtro de Carbón Activado en la última muestra disminuye en 98.77%, pero no disminuye al 100% señalado por (Infante, 2017), ni al 99.86% señalado por (Vásquez, 2018), coincidiendo mejor con el 98.8% señalado por (Chiclote, 2018). Asimismo, observamos que con el filtro de Zeolita no disminuyen, difiriendo del 89.05% señalado por (Yzquierdo, 2018). Finalmente, observamos que con el filtro de Arena en la última muestra disminuye en un 90%, similar al 82.96% señalado por (Zamora, 2019).

En resumen, se aprecia que con los tres tipos de filtros en la mayor parte de las muestras hay una tendencia a disminuir la cantidad Coliformes Totales, sin embargo el filtro de Carbón Activado es más efectivo comparado con la muestra sin filtrar. Asimismo, en los tres casos no se logra cumplir con el límite máximo permisible (1.8 PM) indicado por la (DIGESA, 2011)

Con respecto a la Escherichia Coli, observamos que con el filtro de Carbón Activado en la última muestra disminuye en un 75.31%, pero no al 100% señalado por (Infante, 2017), ni al 90.82% de (Vásquez, 2018), acercándose más al 81.22% señalado por (Chiclote, 2018). Asimismo, observamos que con el filtro de Zeolita, en la última muestra aumenta en 220% con respecto a la muestra sin filtrar, de igual manera aumenta en 122.22% señalado por (Yzquierdo, 2018). Finalmente, observamos que con

el filtro de Arena, en la última muestra disminuye en un 55.56 %, difiriendo del 99.57% señalado por (Zamora, 2019).

En resumen, se aprecia que con los filtros de Carbón Activado y Arena hay una tendencia a disminuir la cantidad Escherichia Coli comparados con la muestra sin filtrar, sin embargo el Filtro de Carbón Activado es más efectivo con 75.31%. Asimismo, en los tres casos no se logra cumplir con el límite máximo permisible (1.8) indicado por la (DIGESA, 2011)

Con respecto a la Turbidez, observamos que con el filtro de Carbón Activado en la última muestra disminuye en un 84.27%, mejor que el 79.57% señalado por (Infante, 2017), similar al 87.17% señalado por (Chiclote, 2018) pero no al 100.00% señalado por (Vásquez, 2018). Asimismo, con el filtro de Zeolita aumenta en 176.00% difiriendo con la disminución del 54.84 de (Yzquierdo, 2018). Finalmente, observamos que con el filtro de Arena aumentan en una proporción del 132.80 %, difiriendo de la disminución del 91.31% señalado por (Zamora, 2019).

En resumen, se aprecia que solo con el filtro de Carbón Activado hay una tendencia a disminuir en 84.27% la cantidad de Turbidez comparada con la muestra sin filtrar, siendo el más efectivo. Asimismo, solo con el filtro de Carbón Activado se logra cumplir con el límite máximo permisible (5) indicado por la (DIGESA, 2011).

Con respecto al Potencial de Hidrógeno (PH), observamos que el filtro de Carbón Activado aumenta los niveles en un 66.38%, difiriendo con el 0.00% de (Vásquez, 2018), el 3.69% señalado por (Chiclote, 2018) y el aumento del 3.28% señalado por (Infante, 2017). Asimismo, con el filtro de Zeolita aumenta en un 26.00%, difiriendo de la disminución del 1.31% señalado por (Yzquierdo, 2018). Finalmente, se aprecia que con el filtro de Arena aumenta en 19.58 %, difiriendo de la disminución del 6.39% señalado por (Zamora, 2019).

En resumen, se aprecia que con los filtros hay una tendencia a aumentar la cantidad de Potencial de Hidrógeno (PH) comparados con la muestra sin filtrar, siendo el más efectivo el filtro de arena con el menor aumento en 19.58%. Asimismo, solo los filtros de Zeolita y Arena logran cumplir con el límite máximo permisible (6.5 a 8.5) indicado por la (DIGESA, 2011)

Con respecto al Color, observamos que con el filtro de Carbón Activado, coinciden en <LCM con (Infante, 2017). Asimismo difiere con la disminución del 70.66% de (Vásquez, 2018) y aumento de 4900.00% señalado por (Chiclote, 2018). Asimismo, observamos que el filtro de Zeolita aumenta en 890% al compararla con la muestra sin filtrar, difiriendo con el <LCM señalado por (Yzquierdo, 2018). Finalmente, observamos que con el filtro de Arena aumentan en una proporción 400.00%, difiriendo del <LCM señalado por (Zamora, 2019).

En resumen, se aprecia que sólo con el filtro de Carbón Activado hay una tendencia a disminuir la cantidad de Color comparados con la muestra sin filtrar, siendo en este caso el más efectivo. Asimismo, en los tres casos se logra cumplir con el límite máximo permisible (15) indicado por la (DIGESA, 2011).

Podemos apreciar que filtro de Carbón Activado a pesar que reduce los parámetros considerablemente, al compararla con los parámetros del agua potable, sólo cumple con dos parámetros dentro del rango permitido, al igual que los filtros de Zeolita y Arena. Asimismo el filtro de Carbón Activado disminuye los valores en cuatro parámetros, seguido del filtro de Arena que disminuye en dos y por último el filtro de Zeolita.

Podemos apreciar el filtro de Carbón Activado tiene los parámetros más bajos, por lo cual es más efectivo, seguido del filtro de Arena y por último la Zeolita.

Con respecto al Análisis de Precios unitarios observamos que el filtro de Arena tiene mejor relación Precio/Mantenimiento, seguido por el Filtro de Zeolita y finalmente el filtro de Carbón Activado.

Como implicancia teórica, servirá como estudios previos para continuar con investigaciones basadas en las variables estudiadas definidas en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA (2011)

Como implicancia práctica, se está proponiendo filtros para utilizar el agua de lluvia, para convertirla en agua potable.

Como implicancia práctica, se propone un proceso de filtrado natural, utilizando el filtrado lento por gravedad, lo que no requiere fuentes adicionales de energía o insumos que generen costos adicionales.

Como implicancia práctica, se está planteando propuestas para mejorar la calidad de agua de lluvia para consumo humano, en zonas urbanas y rurales, obteniéndolas con recursos accesibles como son el Carbón Activado, Zeolita y Arena.

Como implicancia investigativa, esta investigación permite determinar una mejora en los parámetros Coliformes Totales (PM), Escherichia Coli, Turbidez (UNT), Potencial de Hidrógeno (PH) y Color en diferentes porcentajes de acuerdo al tipo de filtro utilizado.

Como implicancia investigativa, esta investigación servirá como antecedente a otras investigaciones futuras, estableciendo un nivel de referencia sobre el proceso de filtrado de agua de lluvia.

Como conclusiones tenemos las siguientes:

Se pudo determinar la calidad de agua de lluvia mediante el proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena en la ciudad de Cajamarca. Considerando el cumplimiento del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA (2011), vemos que los resultados de cada uno de los filtros disminuyen los valores de la muestra sin filtrar, si asignamos un valor de 20% a cada parámetro, podemos decir que la calidad de agua de lluvia mejora entre 20% y 80%, cumpliéndose con la hipótesis de que el proceso de filtración mejora de la calidad de agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca,

Se pudo determinar la calidad del agua de lluvia mediante el análisis físico químico y microbiológico, tomando una muestra sin filtrar la cual fue llevada para ser analizados por el Laboratorio Regional del Agua, quien proporcionó los resultados de estos parámetros.

Se determinó la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Carbón Activado, obteniendo que en relación a la muestra sin filtrar: Coliformes Totales (PM) reduce en 98.77%, Escherichia Coli reduce en 75.31%, Turbidez (UNT) reduce en 84.27%, Potencial de Hidrógeno (PH) aumenta en 66.38% y Color reduce al 0.00%.

Se determinó la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Zeolita, obteniendo que en relación a la muestra sin filtrar: Coliformes Totales (PM) reduce al 0.00%, Escherichia Coli aumenta en 220.99%, Turbidez (UNT) aumenta en 176.00%, Potencial de Hidrógeno (PH) aumenta en 26.00% y Color aumenta en 890%.

Se determinó la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Arena, obteniendo que en relación a la muestra sin filtrar, reduce los valores en los parámetros, microbiológicos de la siguiente manera: Coliformes Totales (PM) reduce en 90.00%, Escherichia Coli reduce en 55.56%,

Turbidez (UNT) aumenta en 132.80%, Potencial de Hidrógeno (PH) aumenta en 19.58% y Color aumenta en 400%.

Se determinó el análisis físico químico y microbiológico del agua de lluvia después del proceso de filtración, por cada tipo de filtro, tomando seis muestras para cada uno en diferentes días, las cuales fueron llevadas para ser analizadas por el Laboratorio Regional del Agua, quien proporcionó los resultados de estos parámetros.

Se determinó que Con el filtro de Carbón Activado se obtuvieron los mejores resultados, seguidos por el filtro de Arena y por último el filtro de Zeolita, así mismo, con el filtro de Carbón Activado, se reducen considerablemente los valores, sin embargo el agua todavía no es apta para consumo humano y para reducir los parámetros microbiológicos se podría aplicar antes de filtrar la respectiva dosis de cloro.

Finalmente, se realizó el Análisis de Precios Unitarios por cada tipo de filtro, obteniéndose que el filtro de Arena es el más económico y presenta una efectividad media.

A continuación se presentan las siguientes recomendaciones:

Se recomienda para futuros investigadores realizar la toma de muestras en época de lluvias (diciembre-marzo), así como en época de estiaje (junio-agosto), para obtener mayor cantidad de muestras

Se recomienda a futuros investigadores considerar una combinación de estos filtros para investigaciones posteriores a fin de contribuir con más propuestas de filtros para agua y realizar un comparativo del agua de lluvia.

Se recomienda formular una propuesta de doble filtrado, para investigaciones posteriores.

REFERENCIAS

- ANA. (2020). *El agua en cifras*. Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- Angurel, I., Casajmitana, N., Caubet, A., Dinares, I., Llor, N., & Muñoz-Torrero, D. (2023). *Operaciones Básicas en el Laboratorio de Química*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Babel, S., & Kurniawan, T. (2003). *Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review*. *Journal of Hazardous Materials*.
- Ballen et al. (2006). *Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana*. Brasil: VI SEREA.
- Blog de agua. (2013). *6 usos que le podemos dar al agua de lluvia*. Obtenido de <http://blogdeagua.es/6-usos-le-podemos-dar-al-agua-lluvia/>
- Carbotecnia. (2023). *Zeolita para filtración de agua NextSand*. Recuperado el 06 de 11 de 2023, de <https://www.carbotecnia.info/producto/medio-zeolita-natural-filtrante/>
- CARE. (2021). *Escasez de agua uno de los mayores desafíos del siglo XXI*. Lima: <https://care.org.pe/escasez-de-agua-uno-de-los-mayores-desafios-del-siglo-xxi/>.
- Chiclote, Y. (2018). *Mejora de la Calidad del Agua del río Cumbe Empleando Filtro de Carbón Activado*. Cajamarca: UPN.
- Clarke, C. (1980). *Zeolites: take off for the tuff guys?* Industrial Minerals.
- Curi, A., Granda, W., Lima, H., & Sousa, W. (2006). *Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros*. Ouro Preto: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000600017.
- Díaz, C. (2003). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. México: RIPDA-CYTED.

- DIGESA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima: B. GRAFIC E.I.R.L.
- FiltraShop. (2020). *Filtros de carbón activado para agua ¿cómo funcionan?* Recuperado el 2023, de <https://www.filtrashop.com/filtros-de-carbon-activado-para-agua-como-funcionan/>
- Frias , L. (2018). *Agua de lluvia, una posibilidad lejana*. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Fundación Chile . (2019). *Transición Hídrica: El futuro del agua en Chile*. Santiago: <https://escenarioshidricos.cl/eh-2030-en-la-prensa/escasez-de-agua-causada-por-mala-gestion/>.
- García, J. (2002). *Materiales zeolíticos: síntesis, propiedades y aplicaciones*. Alicante: Informe Interno, Dep. de Química Inorgánica, Universidad de Alicante.
- García, J. (2012). *Sistema de Captación y Aprovechamiento Pluvial para un Ecobarrio de la CD. de México*. México: Repositorio UNAM.
- Garrido, S. (2006). *Potabilización de agua de lluvia rodada por medio de filtración en múltiples etapas modificada, México*. México: Instituto Mexicano de tecnología del agua (IMTA).
- Gonzaga, F. (2015). *Diseño de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia para uso Doméstico en la isla de Jambelí, Cantón Santa Rosa, provincia de El Oro*. Machala: Repositorio Universidad Técnica de Machala.
- Google Maps. (2023). <https://www.google.com/maps>. California: Alphabet.
- Grupo TAR. (2016). *Manual del carbón activo*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Grupoconsiglieri. (2023). *Arena y Piedra para filtro de agua*. Recuperado el 06 de 11 de 2023, de <https://grupoconsiglieri.com/arena-y-piedra-para-filtro-de-agua/>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

- Herrera, L. A. (2010). *Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua de lluvia*. México: Repositorio Instituto Politécnico Nacional .
- INEI. (2020). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. Lima: INEI.
- Infante, D. (2017). *Carbón Activo Granular, en la Mejora de la Calidad del Agua Potable*. Cajamarca: UPN.
- IV Foro Mundial del Agua. (2006). *Documento Temático, eje temático 3. Agua y saneamiento para todos*. México.
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México* . México: Limusa Noriega Editores.
- Kirchman, D. (2000). *Microbial ecology of the oceans*. New York: Wiley-Liss Inc.
- Laboratorio Regional del Agua. (2023). *laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL- da con registro N° LE-084*. Cajamarca.
- López C et al. (2017). *El agua en México*. México: Fundación Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Malato, S. (2009). *Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: recent overview and trends*. Almeria: Plataforma Solar de Almería (CIEMAT).
- Mosler, J. (2013). *Achieving long-term use of solar water disinfection in Ziwbawe*. Zurich: Eawag, Swiss Federal Institute for Aquatic Science and Technology.
- Oregon Chemical Group. (2023). *Carbón Accitado WT480CS*. Lima.
- Organización Meteorológica Mundial. (2023). *OMM*. Ginebra: OMM.
- OXFAM-Perú. (2021). *Entre 7 y 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable*. Lima, Perú: Oxford Committee for Famine Relief .
- Pacheco , M. (2008). *Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (giall): contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de 'Lluviatl' en México*. México: Rev. Int. Sost., Tec. y Hum.

- Palomino, P. (2018). *Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016*. Lima,: Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.
- Peña, E. (2007). *Oxígeno Disuelto (OD)*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Perez, J., & Espigares, M. (1999). *Estudio sanitario del agua*. Granada: Editorial Universidad de Granada.
- Rice, E. (2012). *Métodos estándares para el examen de aguas superficiales y aguas*. Washington: Asociación estadounidense de salud pública.
- Romero, J. (2009). *Calidad del agua*. Medellín: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- RPP. (2017). *Cajamarca con escasez de agua potable por la ausencia de lluvias*. Lima: Radio Programas del Perú.
- Saavedra, L. (2019). *Caracterización Físicoquímica y Biológica de la Calidad del Agua en el río Llaucano de la Ciudad de Bambamarca*. Cajamarca: UNC.
- Sánchez , F. (2022). *Precipitaciones*. Salamanca: Univ. Salamanca.
- SENAMHI. (2019). *PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN LIMA METROPOLITANA AUMENTÓ EN 5,8 %*. Lima: INEI.
- SENAMHI. (2023). *Datos Hidrometeorológicos en Cajamarca*. Cajamarca: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=estaciones>.
- Sing, E., Haul, R., Moscou, L., Pierotti, R., Rouquerol, J., & Siemieniewska, T. (1985). *Reporting Physisorption for gas/solid systems*.
- UNATSABAR. (2004). *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. Lima: CEPIS/OPS.
- UNATSABAR. (2005). *Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores*. Lima: OPS/CEPIS/05.158.

- UNESCO. (2015). *Manual de diseño y construcción de sistemas de capacitación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile*. Chile: Universidad de Talca.
- Vásquez, E. (2018). *Calidad del Agua del río Cumbe Empleando Filtro Frances y Carbón Activado*. Cajamarca: UPN.
- Wikiwater. (2021). *El tratamiento del agua por filtración lenta en arena para uso familiar*. Francia: <https://wikiwater.fr/E21-El-tratamiento-del-agua-por-filtracion-lenta-en-arena-para-uso-familiar>.
- World Resources Institute del Pacto Mundial de las Naciones Unidas. (2019). *17 Countries, Home to One-Quarter of the World's Population, Face Extremely High Water Stress*. Washington: <https://www.wri.org/insights/17-countries-home-one-quarter-worlds-population-face-extremely-high-water-stress>.
- WRI. (2021). *Garantizar la prosperidad en un mundo con estrés hídrico*. Whasingtong, EEUU.
- Yzquierdo, E. (2018). *Incorporación de Filtros de Zeolita en la Calidad del Agua en las Captaciones del Sistema de Agua Potable del barrio Serafinpampa*. Cajamarca: UPN.
- Zamora, J. (2019). *Calidad del Agua de la Quebrada El Tambo Usando Filtro de Antracita, Algodón, Arena Gruesa y Caliza Triturada*. Cajamarca: UPN.
- Zapata Cornejo, A., Sánchez Romero, E., Chalán Gálvez , E., Barrera Urteaga , S., Calderón Gutiérrez, F., Silva Rivera, M., y otros. (2007). *Inventario de Fuentes de Agua Superficial de la Cuenca del Mashcón*. Cajamarca: INRENA.

ANEXOS

ANEXO N° 1: ELABORACION DE FILTROS Y TOMA DE MUESTRAS

Fotografía N° 1: Tanque de polietileno de 80 litros, para los filtros



Fotografía N° 2: detalle de la tubería para recolectar el agua del interior de los filtros



Fotografía N° 3: Salida agua de los filtros para la recolección de las muestras



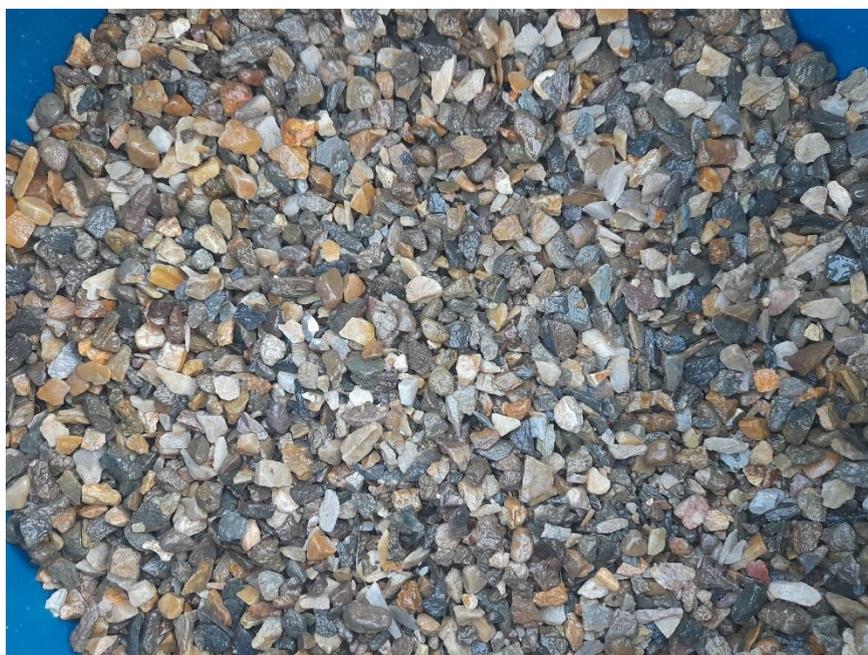
Fotografía N° 4: Visita a la Cantera Bazán Contratistas SRL Rio Porcón donde se adquirieron los agregados



Fotografías N° 5 y 6: Ubicación de la piedra para el filtro de carbón activado



Fotografía N° 7: Ubicación de la gravilla para el filtro de carbón activado



Fotografías N° 8 y 9: Ubicación del carbón activado



Fotografía N° 10: Ubicación de la piedra para el filtro de carbón activado



Fotografía N° 11: Ubicación de la piedra para el filtro de zeolita



Fotografía N° 12: Ubicación de la gravilla para el filtro de zeolita



Fotografías N° 13 y 14: Ubicación de la zeolita



Fotografía N° 15: Ubicación de la piedra para el filtro de arena



Fotografía N° 16: Ubicación de la gravilla para el filtro de arena



Fotografía N° 17: Ubicación de la arena



Fotografía N° 18: Ubicación de la capa de algodón para el filtro de arena



Fotografía N° 19: Ubicación de los filtros



Fotografía N° 20: Toma de muestras para análisis físico químico



Fotografía N° 21: Toma de muestras para análisis bacteriológico



ANEXO N° 2: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARBÓN ACTIVO GRANULAR



CARBON ACTIVADO WT480 CS

FICHA TÉCNICA

Pag. 01 / 01

IDENTIFICACIÓN:

Nombre Químico: Carbon activado
Fórmula Química: C
Peso Molecular: 12.01 g/mol
Sinónimos: Carbon activo, carbono elemental

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Procedencia: India
Vigencia del producto: No aplica
Presentación: Saco x 25Kg., Big Bag x 500Kg
Certificación: ISO 9001:2015
Registro Sanitario: No aplica

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:

| PARÁMETROS | ESPECIFICACIONES | MÉTODO |
|-------------------|------------------|--------------|
| Número de yodo | >850 mg/g | ASTM 4607-94 |
| Densidad aparente | 0.55 g/ml | ASTM 2867-02 |
| Humedad | 5% máx. | ASTM 2867-99 |
| Dureza | 98% min | ASTM D 3802 |
| Cenizas | 5% máx. | ASTM D 2866 |
| Granulometría | Malla 12x40 | ASTM 2862-10 |
| +12 mesh | 5% máx. | |
| -40 mesh | 5% máx. | |

USO:

El carbón activado WT480 CS está fabricado en base a cáscara de coco y utilizado para el tratamiento de aguas, limpieza de ambientes con gases sobresaturados (scrubbing), descoloramiento de soluciones, absorción de metales pesados de alta carga electrostática y carga sobresaturada de metales.

ALMACENAMIENTO:

Proteger de daños físicos. Almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, lejos de cualquier área donde exista el peligro de incendio, de preferencia en un lugar extremo y separado de materiales incompatibles. Utilice herramienta y equipos de tipo anti-ignífugo, incluida la ventilación a prueba de explosiones. El contenedor de este material puede ser peligroso cuando está vacío ya que retiene residuos del producto (polvo, sólidos); observe todas las advertencias y precauciones del producto.

ANEXO N° 3: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ZEOLITA

Medio filtrante de zeolita de 4ta generación.

Se aplica en tratamiento de agua para consumo humano, uso recreativo, protección a sistemas de osmosis inversa.

BENEFICIOS:

- Ahorro de agua en retrolavados
- Ahorro de espacio, filtros mas pequeños.
- Material prelavado, menos horas de puesta en marcha.
- Ahorro económico.
- Alta resistencia mecánica y bajo contenido de arcillas, no se desintegra.
- Reduce hasta en un 70% la turbidez y el SDI.
- Filtra partículas de hasta 1 micra.

| CARACTERISTICA | ESTANDAR | ZEOLITA 12-20 | ZEOLITA 14-40 |
|---------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| Peso Volumetrico (Kg/m ³) | ASTM D7263-09 | 690-780 | 690-730 |
| Malla | ASTM D1921-18 | 8-20 | 14-40 |
| Coefficiente de uniformidad | ASTM D1921-18 | 1,48 | 1,27 |
| Material debajo de malla | ASTM D1921-18 | 2% | 2% |
| Material disgregable | Método Zeomex | 3,50% | 3,50% |
| Firmeza | Texturómetro TVT | 79 | 77,4 |
| Superficie (m ² /g) | Método BET | 35-40 | 35-40 |
| Clinoptilolita | Difracción rayos X | 75%-83% | 75%-83% |
| Arcilla | Difracción rayos X | 3% | 3% |

| PARAMETRO | ZEOLITA 12-20 | ZEOLITA 14-40 |
|---|---------------|---------------|
| Velicidad de flujo de servicio (gpm/pie ²) | 8-20 | 8-12 |
| Velicidad de flujo de retrolavado (gpm/pie ²) | 15-20 | 15-20 |
| Expansión | 50% | 50% |
| Altura del lecho | 30"-48" | 30"-48" |



ANEXO N° 4: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

Resultados Muestra N° 1



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230600

DATOS DEL CLIENTE

| | | | |
|---------------------|---|--------------------|--|
| Razon Social/Nombre | MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ | | |
| Dirección | - | | |
| Persona de contacto | MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ | Correo electrónico | mgarciaro1875@gmail.com / i.elvzita@hotmail.es |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--|---|---------------------|---------------|
| Fecha del Muestreo | 09.07.23 | Hora de Muestreo | 18:10 a 19:00 |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Plan de muestreo N° | - |
| Procedimiento de Muestreo | - | | |
| Tipo de Muestreo | Puntual | | |
| Número de puntos de muestreo | 04 | | |
| Ensayos solicitados | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos | | |
| Breve descripción del estado de la muestra | Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación | | |
| Referencia de la Muestra: | Cajamarca | | |

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

| | | | |
|---------------------------|----------|--------------------|---------------------------------|
| N° Contrato | SC-145 | Cadena de Custodia | CC - 0600 - 23 |
| Fecha y Hora de Recepción | 10.07.23 | 15:50 | Inicio de Ensayo 10.07.23 15:56 |
| Reporte Resultado | 19.07.23 | 16:20 | |



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19/07/2023 07:00 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 19 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230600

| ENSAYOS | | | Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|---------|------|---|---|
| Código de la Muestra | S/F | | Carbon 1 | Zeolita 1 | Arena 1 | - | - | |
| Código Laboratorio | 07230600-01 | 07230600-02 | 07230600-03 | 07230600-04 | - | - | | |
| Matriz | Natural | Natural | Natural | Natural | - | - | | |
| Descripción | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | - | - | | |
| Localización de la Muestra | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | | |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos | | | | | |
| Turbidez | NTU | 0.09 | 3.75 | 0.30 | 16.85 | 3.42 | - | - |
| pH a 25°C | pH | NA | 5.77 | 9.69 | 7.00 | 6.46 | - | - |
| Color Verdadero | UC | 4.0 | <LCM | <LCM | 10.6 | <LCM | - | - |

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por LOPEZ LEON Freddy Humberto FAU 20453744169 soft Motivo: Visto en señal de conformidad Fecha: 19/07/2023 05:09 p. m.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 19 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230600

| ENSAYOS | | | Microbiológicos | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-----|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----|---|--|
| Código de la Muestra | S/F | | Carbon 1 | Zeolita 1 | Arena 1 | - | - | |
| Código Laboratorio | 07230600-01 | | 07230600-02 | 07230600-03 | 07230600-04 | - | - | |
| Matriz | Natural | | Natural | Natural | Natural | - | - | |
| Descripción | Superficial-Deposición Atmosférica | | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | - | - | |
| Localización de la Muestra | Cajamarca | | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados Microbiológicos | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | 1.8 | 35 x 10 ² | 40 | 16 x 10 ² | 540 | - | |
| Escherichia coli | NMP/100mL | 1.8 | 8.1 | 4.0 | 63 | 38 | - | |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de conformidad
Fecha: 19/07/2023 05:32 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 19 de Julio de 2023

Página: 3 de 4

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail:laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FON0:599000 anexo 1140.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230600

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|------------------------------------|-----------|---|
| Turbidez | NTU | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24 th Ed. 2023: Turbidity, Nephelometric Method |
| Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C | pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value, Electrometric Method |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023 : Color, Spectrophotometric method |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 19 de Julio de 2023

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS Juan Jose FAU 20453744168 soft
 Motivo: Visto en señal de conformidad
 Fecha: 19/07/2023 05:32 p. m.

Resultados Muestra N° 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230601

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ**

Dirección -

Persona de contacto **MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ** Correo electrónico mgarcia1875@gmail.com / lilyzita@hotmail.es

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **10.07.23** Hora de Muestreo **10:00 a 10:30**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **03**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-145** Cadena de Custodia **CC - 0601 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **10.07.23 16:40** Inicio de Ensayo **10.07.23 16:50**

Reporte Resultado **19.07.23 16:30**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Elder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19/07/2023 07:00 p.m.

Elder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 19 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230601

| ENSAYOS | | | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos | | | | | |
|----------------------------|--------|------|--|------------------------------------|------------------------------------|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Carbon 2 | Zeolita 2 | Arena 2 | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230601-01 | 07230601-02 | 07230601-03 | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | | | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos | | | | | |
| Turbidez | NTU | 0.09 | 0.60 | 15.35 | 5.35 | - | - | - |
| pH a 25°C | pH | NA | 9.67 | 6.98 | 6.42 | - | - | - |
| Color Verdadero | UC | 4.0 | <LCM | 8.9 | <LCM | - | - | - |

Legenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por LOPEZ LEON Freddy Humberto FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de conformidad
Fecha: 19/07/2023 05:21 p. m.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 19 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230601

| ENSAYOS | | | Microbiológicos | | | | | |
|----------------------------|---------------|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Carbon 2 | Zeolita 2 | Arena 2 | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230601-01 | 07230601-02 | 07230601-03 | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | | | Superficial- Deposición | Superficial- Deposición | Superficial- Deposición | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados Microbiológicos | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 58 | 22 x 10 ² | 920 | - | - | - |
| Escherichia coli | NMP/ 100mL | 1.8 | 2.0 | 6.1 | 32 | - | - | - |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 19/07/2023 05:32 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 19 de Julio de 2023

Página: 3 de 4

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FON: 599000 anexo 1140.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230601

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|------------------------------------|-----------|---|
| Turbidez | NTU | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24 th Ed. 2023: Turbidity. Nephelometric Method |
| Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C | pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value. Electrometric Method |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023 : Color. Spectrophotometric method |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 ✓ Este documento lo es emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 19 de Julio de 2023



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 19/07/2023 05:32 p. m.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Resultados Muestra N° 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230619

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ**

Dirección -

Persona de contacto **MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ** Correo electrónico mgarciaro1875@gmail.com/a
rqui.elvzita@hotmail.es

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **11.07.23** Hora de Muestreo **18:00**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **03**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-145** Cadena de Custodia **CC - 0619 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **12.07.23 12:50** Inicio de Ensayo **12.07.23 12:56**

Reporte Resultado **24.07.23 12:45**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24/07/2023 05:02 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 24 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230619

| ENSAYOS | | | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos | | | |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|-------|------|---|
| Código de la Muestra | Carbon 3 | Zeolita 3 | Arena 3 | - | - | - |
| Código Laboratorio | 07230619-01 | 07230619-02 | 07230619-03 | - | - | - |
| Matriz | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | - | - | - |
| Localización de la Muestra | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos | | | |
| Turbidez | NTU | 0.09 | 2.33 | 10.10 | 5.93 | - |
| pH a 25°C | pH | NA | 9.67 | 7.23 | 6.76 | - |
| Color Verdadero | UC | 4.0 | <LCM | 8.9 | 4.0 | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO Edder Miguel FAU 20453744163 soft Motivo: Visto en señal de conformidad Fecha: 24/07/2023 05:00 p.m.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 24 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230619

| ENSAYOS | | | Microbiológicos | | | | | |
|----------------------------|---------------|-----|----------------------------|------------------------|------------------------|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Carbon 3 | Zeolita 3 | Arena 3 | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230619-01 | 07230619-02 | 07230619-03 | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | | | Superficial-Deposición | Superficial-Deposición | Superficial-Deposición | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados Microbiológicos | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 54 x 10 ² | 350 | 920 | - | - | - |
| Escherichia coli | NMP/ 100mL | 1.8 | 240 | 12 | 4.0 | - | - | - |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 24/07/2023 04:46 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 24 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230619

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|------------------------------------|-----------|---|
| Turbidez | NTU | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24 th Ed. 2023: Turbidity. Nephelometric Method |
| Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C | pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value. Electrometric Method |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023 : Color. Spectrophotometric method |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 24 de Julio de 2023

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 24/07/2023 04:46 p. m.

Resultados Muestra N° 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230620

DATOS DEL CLIENTE

| | | | |
|---------------------|---|--------------------|--|
| Razon Social/Nombre | MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ | | |
| Dirección | - | | |
| Persona de contacto | MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ | Correo electrónico | mgarcia1875@gmail.com i.elvzita@hotmail.es |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--|---|---------------------|-------|
| Fecha del Muestreo | 12.07.23 | Hora de Muestreo | 10:00 |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Plan de muestreo N° | - |
| Procedimiento de Muestreo | - | | |
| Tipo de Muestreo | Puntual | | |
| Número de puntos de muestreo | 03 | | |
| Ensayos solicitados | Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos | | |
| Breve descripción del estado de la muestra | Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación | | |
| Referencia de la Muestra: | Cajamarca | | |

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

| | | | |
|---------------------------|----------|--------------------|---------------------------------|
| N° Contrato | SC-145 | Cadena de Custodia | CC - 0620 - 23 |
| Fecha y Hora de Recepción | 12.07.23 | 12:52 | Inicio de Ensayo 12.07.23 13:00 |
| Reporte Resultado | 24.07.23 | 12:49 | |

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24/07/2023 05:14 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 24 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230620

| ENSAYOS | | | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|-------|------|---|---|---|
| Código de la Muestra | Carbon 4 | Zeolita 4 | Arena 4 | - | - | - | - | - |
| Código Laboratorio | 07230620-01 | 07230620-02 | 07230620-03 | - | - | - | - | - |
| Matriz | Natural | Natural | Natural | - | - | - | - | - |
| Descripción | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | - | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos | | | | | |
| Turbidez | NTU | 0.09 | 3.39 | 10.90 | 5.29 | - | - | - |
| pH a 25°C | pH | NA | 9.65 | 7.26 | 6.69 | - | - | - |
| Color Verdadero | UC | 4.0 | <LCM | 7.3 | <LCM | - | - | - |

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO Edder Miguel
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de conformidad
Fecha: 24/07/2023 05:14 p.m.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 24 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230620

| ENSAYOS | | | Microbiológicos | | | | | |
|----------------------------|---------------|-----|----------------------------|------------------------|------------------------|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Carbon 4 | Zeolita 4 | Arena 4 | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230620-01 | 07230620-02 | 07230620-03 | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | | | Superficial-Deposición | Superficial-Deposición | Superficial-Deposición | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados Microbiológicos | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 280 | 43 x 10 ² | 16 x 10 ² | - | - | - |
| Escherichia coli | NMP/ 100mL | 1.8 | 31 | 6.8 | 2.0 | - | - | - |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20463744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 24/07/2023 04:46 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 24 de Julio de 2023

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONC: 599000 anexo 1140.

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230620

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|------------------------------------|-----------|---|
| Turbidez | NTU | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24 th Ed. 2023: Turbidity. Nephelometric Method |
| Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C | pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value. Electrometric Method |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023 : Color. Spectrophotometric method |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 24 de Julio de 2023

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744189 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 24/07/2023 04:46 p. m.

Resultados Muestra N° 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230628

DATOS DEL CLIENTE

| | | | |
|---------------------|---|--------------------|--|
| Razon Social/Nombre | MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ | | |
| Dirección | - | | |
| Persona de contacto | MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ | Correo electrónico | mgarciaro1875@gmail.com i.elvzita@hotmail.es |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--|---|---------------------|-------|
| Fecha del Muestreo | 12.07.23 | Hora de Muestreo | 18:00 |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Plan de muestreo N° | - |
| Procedimiento de Muestreo | - | | |
| Tipo de Muestreo | Puntual | | |
| Número de puntos de muestreo | 03 | | |
| Ensayos solicitados | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos | | |
| Breve descripción del estado de la muestra | Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación | | |
| Referencia de la Muestra: | Cajamarca | | |

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

| | | | |
|---------------------------|----------|--------------------|---------------------------------|
| N° Contrato | SC-145 | Cadena de Custodia | CC - 0628 - 23 |
| Fecha y Hora de Recepción | 13.07.23 | 07:43 | Inicio de Ensayo 13.07.23 07:50 |
| Reporte Resultado | 24.07.23 | 17:00 | |



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24/07/2023 06:24 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 24 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230628

| ENSAYOS | | | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos | | | |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|-------|------|---|
| Código de la Muestra | Carbon 5 | Zeolita 5 | Arena 5 | - | - | - |
| Código Laboratorio | 07230628-01 | 07230628-02 | 07230628-03 | - | - | - |
| Matriz | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | - | - | - |
| Localización de la Muestra | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos | | | |
| Turbidez | NTU | 0.09 | 0.43 | 10.30 | 5.89 | - |
| pH a 25°C | pH | NA | 9.59 | 7.29 | 6.86 | - |
| Color Verdadero | UC | 4.0 | <LCM | 8.9 | <LCM | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por LOPEZ LEON Freddy Humberto FAU 20453744168 soft Motivo: Visto en señal de conformidad Fecha: 24/07/2023 06:02 p. m.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 24 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230628

| ENSAYOS | | | Microbiológicos | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----|----------------------------|------------------------|------------------------|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Carbon 5 | Zeolita 5 | Arena 5 | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230628-01 | 07230628-02 | 07230628-03 | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | | | Superficial-Deposición | Superficial-Deposición | Superficial-Deposición | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados Microbiológicos | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | 1.8 | 84 | 54 x 10 ² | 430 | - | - | - |
| Escherichia coli | NMP/100mL | 1.8 | 6.1 | 31 | 12 | - | - | - |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS Juan Jose FAU 20453744168 soft Motivo: Visto en señal de conformidad Fecha: 24/07/2023 06:18 p. m.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 24 de Julio de 2023

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio del agua@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio del agua@hotmail.com FONO: 599000 anexo 1140.

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230628

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|------------------------------------|-----------|---|
| Turbidez | NTU | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24 th Ed. 2023: Turbidity. Nephelometric Method |
| Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C | pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value. Electrometric Method |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023 : Color. Spectrophotometric method |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 24 de Julio de 2023



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 24/07/2023 06:18 p. m.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Resultados Muestra N° 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230629

DATOS DEL CLIENTE

| | | | |
|---------------------|---|--------------------|--|
| Razon Social/Nombre | MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ | | |
| Dirección | - | | |
| Persona de contacto | MIGUEL GARCIA ROJAS Y LILIANA HERRERA VASQUEZ | Correo electrónico | mgarciaro1875@gmail.com i.elyzita@hotmail.es |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--|---|---------------------|-------|
| Fecha del Muestreo | 13.07.23 | Hora de Muestreo | 07:00 |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Plan de muestreo N° | - |
| Procedimiento de Muestreo | - | | |
| Tipo de Muestreo | Puntual | | |
| Número de puntos de muestreo | 03 | | |
| Ensayos solicitados | Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos | | |
| Breve descripción del estado de la muestra | Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación | | |
| Referencia de la Muestra: | Cajamarca | | |

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

| | | | | |
|---------------------------|----------|--------------------|------------------|----------------|
| N° Contrato | SC-145 | Cadena de Custodia | CC - 0629 - 23 | |
| Fecha y Hora de Recepción | 13.07.23 | 07:46 | Inicio de Ensayo | 13.07.23 07:55 |
| Reporte Resultado | 24.07.23 | 17:05 | | |



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744188 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24/07/2023 06:25 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 24 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230629

| ENSAYOS | | | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos | | | | | |
|----------------------------|--------|------|--|------------------------------------|------------------------------------|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Carbon 6 | Zeolita 6 | Arena 6 | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230629-01 | 07230629-02 | 07230629-03 | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | | | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | Superficial-Deposición Atmosférica | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos | | | | | |
| Turbidez | NTU | 0.09 | 0.59 | 10.35 | 8.73 | - | - | - |
| pH a 25°C | pH | NA | 9.60 | 7.27 | 6.90 | - | - | - |
| Color Verdadero | UC | 4.0 | <LCM | 8.9 | 4.0 | - | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por LOPEZ LEON Freddy Humberto FAU 20453744168 soft. Motivo: Visto en señal de conformidad Fecha: 24/07/2023 06:03 p. m.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 24 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230629

| ENSAYOS | | | Microbiológicos | | | | | |
|----------------------------|---------------|-----|---|---|---|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Carbon 6 | Zeolita 6 | Arena 6 | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230629-01 | 07230629-02 | 07230629-03 | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | Natural | Natural | - | - | - |
| Descripción | | | Superficial- Deposición Atmosférica | Superficial- Deposición Atmosférica | Superficial- Deposición Atmosférica | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Cajamarca | Cajamarca | Cajamarca | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados Microbiológicos | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 43 | 35 x 10 ² | 350 | - | - | - |
| Escherichia coli | NMP/ 100mL | 1.8 | 2.0 | 26 | 3.6 | - | - | - |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 24/07/2023 06:18 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 24 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230629

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|------------------------------------|-----------|---|
| Turbidez | NTU | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24 th Ed. 2023: Turbidity. Nephelometric Method |
| Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C | pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value. Electrometric Method |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023 : Color. Spectrophotometric method |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures |

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 24 de Julio de 2023

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digitalmente por COLINA VÉNIGAS Juan Jose FAU 20453744168 soft Motivo: Viso en señal de conformidad Fecha: 24/07/2023 06:18 p. m.

ANEXO N° 5: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de Consistencia

| “Mejoramiento de la Calidad de Agua de Lluvia Mediante el Proceso de Filtración a Través de Carbón Activado Granular, Zeolita y Arena en Cajamarca” | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
| PROBLEMA | HIPÓTESIS | OBJETIVOS | VARIABLES | METODOLOGIA | POBLACION |
| ¿El proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena mejorará la calidad de agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca? | El proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena mejora la calidad de agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca | <ul style="list-style-type: none"> - General: - Mejorar la calidad de agua de lluvia mediante el proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena en la ciudad de Cajamarca. - Específicos: - Determinar la calidad del agua de lluvia mediante el análisis físico químico y microbiológico. - Determinar la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con carbón activado. - Determinar la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con zeolita. - Determinar la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con arena. - Realizar el análisis físico químico y microbiológico del agua de lluvia después del proceso de filtración. - Determinar con qué tipo de filtro se obtiene mejor resultado. | <p>Dependiente: Agua de lluvia</p> <p>Independiente: Proceso de filtración</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Según, el enfoque o naturaleza del estudio es del tipo cuantitativo, debido a que se utilizaron las mediciones de la calidad de agua de lluvia realizadas por el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, antes y después del proceso de filtración. - Según el alcance el tipo de investigación es descriptiva, debido a que se explicaran propiedades y características importantes del proceso realizado, así como correlacional, debido a que se especificará si existe una relación de los parámetros de la calidad de agua de lluvia con el proceso de filtración. - Según (Hernández Sampieri, 2014) el tipo de diseño es investigación experimental, debido a que la investigación se realiza manipulando las variables <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Los materiales usados serán los diferentes filtros contruidos para la filtración del agua de lluvia - Como instrumentos se utilizará el análisis de contenido cuantitativo, obtenido del Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Para realizar el análisis de los datos cuantitativos, se utilizará el programa Microsoft Excel, mediante histogramas para su comparación. | <ul style="list-style-type: none"> - Población: Agua de lluvia de la ciudad de Cajamarca - Muestra: no probabilística, se ha considerado dieciocho (18) muestras, es decir seis (6) muestras por cada tipo de filtro, las cuales serán tomadas en la ciudad de Cajamarca |

Apéndice I. Matriz de Operacionalización

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES LMP |
|---|---|---|---|--|
| | | INSTRUMENTO | | |
| DEPENDIENTE Agua de lluvia | Precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor a 0,5 milímetros. Fuente: Organización Meteorológica Mundial | El agua de lluvia se va a medir de acuerdo a sus características físicas, químicas y bacteriológicas, de acuerdo al protocolo establecido por el Laboratorio Regional del Agua-Cajamarca. | - Color verdadero - Turbiedad | - UCV escala Pt/Co 15 - UNT 5 |
| | | | - pH | - Valor de pH 6.5 a 8.5 |
| | | | - Bacterias coliformes totales - Bacterias termotolerantes o fecales | - UFC/100 ml a 35°C (0) - UFC/100 ml a 35°C (0) |
| INDEPENDIENTE Proceso de filtración | Proceso de separación de partículas sólidas de del agua de lluvia utilizando un dispositivo diseñado con material poroso llamado filtro Fuente: (Angurel, Casajmitana, Caubet, Dinares, Llor, & Muñoz-Torrero, 2023) | Filtro de Carbón Activo | Capas del filtro de carbón activado | Piedra mediana e = 0.20m Gravilla e = 0.10 m Carbón activado = 0.30m Piedra mediana = 0.15m |
| | | Filtro de Zeolita | Capas del filtro de Zeolita | Grava e = 0.20 m Gravilla e = 0.10 m Zeolita e = 0.30 m |
| | | Filtro de Arena | Capas del filtro de Arena | Grava e = 0.08 m Gravilla e = 0.05 m Arena de rio = 0.50 m Faja de algodón e = 0.03m |

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

UFC = Unidad formadora de colonias