

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**LECHO FILTRANTE CON ARENA-CARBON  
ACTIVADO EN LA CALIDAD DE AGUA  
DE LA LOCALIDAD PLATANILLO DE SHIMAKI**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MONTESINOS VASQUEZ, Williams**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:  
SALUD Y GESTIÓN DE SALUD**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

Huancayo - Perú  
2022

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**LECHO FILTRANTE CON ARENA-CARBON  
ACTIVADO EN LA CALIDAD DE AGUA  
DE LA LOCALIDAD PLATANILLO DE SHIMAKI**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MONTESINOS VASQUEZ, Williams**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:  
SALUD Y GESTIÓN DE SALUD**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

Huancayo - Perú  
2022

**ASESORES:**

Mg. SANTOS JULCA, Jacqueline Jeanette  
(ASESOR METODOLÓGICO)

Dr. POMA BERNAOLA, Lourdes Graciela  
(ASESOR TEMÁTICO)

## **DEDICATORIA**

La presente tesis, la dedico a mi hijo, que ha sido el motivo por el cual me propuse a realizar la elaboración del presente estudio de investigación.

MONTESINOS V. WILLIAMS

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, que siempre ha sido mi guía y me ha dado la sabiduría en cada etapa de mi vida, a mi familia, que siempre se han preocupado por mí, para que yo pueda lograr el título profesional, a mis asesores, por sus inmensurables conocimientos y la amabilidad de compartir conmigo sus conocimientos y guiarme en todo el proceso de elaboración de investigación.

MONTESINOS V. WILLIAMS

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. TAPIA SILGUERA, Rubén Darío  
PRESIDENTE

---

Ing. MAITA PEREZ, Manuel Iván  
JURADO

---

Mg. PALOMINO DAVIRÁN, Carlos Enrique  
JURADO

---

Ing. ZUÑIGA ALMONACID, Erika Genoveva  
JURADO

---

Ing. UNTIVEROS PEÑALOZA, Leonel  
SECRETARIO DOCENTE

## ÍNDICE

<b>PORTADA:</b> .....	<b>I</b>
<b>ASESORES:</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>V</b>
<b>HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>XVI</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XVII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>XIX</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>21</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACION</b> .....	<b>21</b>
<b>1.1. Planteamiento del Problema</b> .....	<b>21</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	<b>22</b>
1.2.1. Problema General.....	22
1.2.2. Problemas Específicos.....	22
<b>1.3. Justificación</b> .....	<b>22</b>
1.3.1. Justificación Práctica o Social.....	22
1.3.2. Justificación Científica o teórica.....	23
1.3.3. Justificación Metodológica .....	23
<b>1.4. Delimitaciones</b> .....	<b>23</b>
1.4.1. Delimitación Espacial.....	23

1.4.2.	Delimitación Temporal.....	24
1.4.3.	Delimitación Económica .....	24
<b>1.5.</b>	<b>Limitaciones.....</b>	<b>24</b>
<b>1.6.</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>24</b>
1.6.1.	Objetivo General .....	24
1.6.2.	Objetivos Específicos .....	24
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>25</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>		<b>25</b>
<b>2.1.</b>	<b>Antecedentes.....</b>	<b>25</b>
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	25
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	27
<b>2.2.</b>	<b>Marco conceptual.....</b>	<b>30</b>
2.2.1.	Concepto de Lecho filtrante Arena-Carbón Activado.....	30
2.2.2.	Conceptos de diseño de lechos filtrantes.....	33
2.2.3.	Componentes de los filtros de arena-carbón.....	36
2.2.4.	Condiciones requeridas para filtración lenta con arena - carbón .....	38
2.2.5.	Datos previos al diseño de lecho filtrante Arena – Carbón Activado ..	39
2.2.6.	Diseño de Lecho filtrante Arena – Carbón Activado .....	44
2.2.7.	Filtro de carbón activado.....	47
2.2.8.	Aplicaciones del carbón activado.....	49
2.2.9.	Calidad de Agua.....	51
<b>2.3.</b>	<b>Definición de términos.....</b>	<b>56</b>
<b>2.4.</b>	<b>Hipótesis.....</b>	<b>58</b>
2.4.1.	Hipótesis general .....	58
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	58



2.5.	<b>Variables</b> .....	58
2.5.1.	Definición conceptual de variable.....	58
2.5.2.	Definición operacional de la variable.....	60
2.5.3.	Operacionalización de la variable .....	61
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>62</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....		<b>62</b>
3.1.	<b>Método de investigación</b> .....	<b>62</b>
3.2.	<b>Tipo de investigación</b> .....	<b>62</b>
3.3.	<b>Nivel de investigación</b> .....	<b>63</b>
3.4.	<b>Diseño de investigación</b> .....	<b>63</b>
3.5.	<b>Población y muestra</b> .....	<b>63</b>
3.5.1.	Población .....	63
3.5.2.	Muestra .....	64
3.6.	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	<b>64</b>
3.6.1.	Ubicación del filtro de carbón activado.....	64
3.6.2.	Lista de materiales.....	65
3.7.	<b>Procesamiento de la información</b> .....	<b>65</b>
3.8.	<b>Técnicas y análisis de datos</b> .....	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		<b>69</b>
<b>RESULTADOS</b> .....		<b>69</b>
4.1.	<b>Resultados Respecto al objetivo específico 1:</b> .....	<b>69</b>
4.1.1.	Lecho filtrante con arena .....	69
4.1.2.	Lecho Filtrante con Arena – Carbón activado .....	71
4.1.3.	Comparativa de remoción de propiedades fisicoquímicas entre lecho filtrante con arena y lecho filtrante con Arena - Carbón Activado.....	73
4.2.	<b>Resultados Respecto al objetivo específico 2:</b> .....	<b>74</b>

4.2.1.	Lecho filtrante con arena .....	74
4.2.2.	Lecho Filtrante con Arena – Carbón activado .....	76
4.2.3.	Comparativa de remoción de propiedades microbiológicas entre lecho filtrante con arena y lecho filtrante con Arena - Carbón Activado.....	78
<b>4.3.</b>	<b>Resultados Respecto al objetivo general:.....</b>	<b>79</b>
4.3.1.	Datos generales para diseño de lecho filtrante Arena – Carbón activado.....	79
4.3.2.	Dimensionamiento del lecho filtrante de Arena – Carbón activado	81
4.3.3.	Lecho filtrante con Arena .....	86
4.3.4.	Lecho filtrante con Arena – Carbón activado .....	87
<b>4.4.</b>	<b>Prueba de Hipótesis.....</b>	<b>88</b>
4.4.1.	Prueba de Hipótesis Especifica 1 .....	88
4.4.2.	Prueba de Hipótesis Especifica 2 .....	89
4.4.3.	Prueba de Hipótesis General.....	89
<b>CAPITULO V</b>	<b>.....</b>	<b>90</b>
<b>DISCUSION DE RESULTADOS</b>	<b>.....</b>	<b>90</b>
<b>5.1.</b>	<b>Discusión de resultados respecto a la hipótesis especifica 1:.....</b>	<b>90</b>
<b>5.2.</b>	<b>Discusión de resultados respecto a la hipótesis especifica 2:.....</b>	<b>92</b>
<b>5.3.</b>	<b>Discusión de resultados respecto a la hipótesis General .....</b>	<b>93</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>.....</b>	<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<i>Criterios para diseño de filtros lentos con arena-carbón para zonas rurales.</i>	35
<b>Tabla 2.</b>	<i>Criterios para diseño de filtros lentos con arena-carbón para zonas rurales.</i>	35
<b>Tabla 3.</b>	<i>Parámetros para de calidad de agua en selección de filtración lenta con arena.</i>	38
<b>Tabla 4.</b>	<i>periodos de diseño de infraestructura sanitaria</i>	40
<b>Tabla 5.</b>	<i>dotación de agua según opción tecnológica y región (lt/hab.d)</i>	41
<b>Tabla 6.</b>	<i>Procedimientos y equipos usados para obtener datos fisicoquímicos.</i>	66
<b>Tabla 7.</b>	<i>Muestras fisicoquímicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante de con arena</i>	69
<b>Tabla 8.</b>	<i>Muestras fisicoquímicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena</i>	70
<b>Tabla 9.</b>	<i>Cantidad de remoción de propiedades fisicoquímicas con el lecho filtrante con arena</i>	71
<b>Tabla 10.</b>	<i>Muestras fisicoquímicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena - carbón activado</i>	71
<b>Tabla 11.</b>	<i>Muestras fisicoquímicas del agua con tratamiento (postest)al lecho filtrante con arena - carbón activado</i>	72
<b>Tabla 12.</b>	<i>Cantidad de remoción de propiedades fisicoquímicas con el lecho filtrante con arena - carbón activado</i>	73

<b>Tabla 13.</b>	<i>Comparativo de remoción de propiedades fisicoquímicas entre lecho filtrante con Arena y lecho filtrante con Arena - Carbón Activado</i> .....	73
<b>Tabla 14.</b>	<i>Muestras microbiológicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena</i> .....	74
<b>Tabla 15.</b>	<i>Muestras microbiológicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena</i> .....	75
<b>Tabla 16.</b>	<i>Cantidad de remoción de parámetros microbiológicos al lecho filtrante con arena</i> .....	76
<b>Tabla 17.</b>	<i>Muestras microbiológicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena - carbón activado</i> .....	76
<b>Tabla 18.</b>	<i>Muestras microbiológicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena - carbón activado</i> .....	77
<b>Tabla 19.</b>	<i>Cantidad de remoción de parámetros microbiológicos de lecho filtrante con arena - carbón activado</i> .....	78
<b>Tabla 20.</b>	<i>Comparativo de remoción de propiedades microbiológicas entre lecho filtrante con Arena y lecho filtrante con Arena - Carbón Activado</i> .....	78
<b>Tabla 21.</b>	<i>Determinación de la tasa de crecimiento por el método geométrico</i> .....	79
<b>Tabla 22.</b>	<i>Cantidad de habitantes en un periodo de 20 años</i> .....	80
<b>Tabla 23.</b>	<i>Cantidad de habitantes en un periodo de 20 años</i> .....	81
<b>Tabla 24.</b>	<i>Parámetros mínimos recomendados por la RM-192-2018-vivienda</i> .....	83
<b>Tabla 25.</b>	<i>Diámetros hidráulicos de las capas de grava, arena y carbón activado</i> .....	84
<b>Tabla 26.</b>	<i>Pérdida de carga en Arena – Carbón Activado</i> .....	84

<b>Tabla 27.</b> <i>Pérdida de carga en Arena – Carbón Activado</i> .....	84
<b>Tabla 28.</b> <i>porcentaje de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos – lecho filtrante de arena</i> .....	86
<b>Tabla 29.</b> <i>porcentaje de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos lecho filtrante con arena – Carbón activado</i> .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Filtro de Arena</i> .....	33
<b>Figura 2.</b> <i>Esquema de flujo para el establecimiento de un filtro de arena-carbón</i> .....	34
<b>Figura 3.</b> <i>fórmula de tasa de crecimiento poblacional</i> .....	40
<b>Figura 4.</b> <i>Fórmula de población de diseño – método aritmético</i> .....	41
<b>Figura 5.</b> <i>gasto máximo diario</i> .....	43
<b>Figura 6.</b> <i>gasto máximo horario</i> .....	44
<b>Figura 7.</b> <i>Fórmula de área unitaria de filtro</i> .....	45
<b>Figura 8.</b> <i>Fórmula de coeficiente de costo</i> .....	45
<b>Figura 9.</b> <i>Fórmula 1: de pérdidas de carga</i> .....	46
<b>Figura 10.</b> <i>Fórmula 2: de pérdidas de carga</i> .....	46
<b>Figura 11.</b> <i>Fórmula de cálculo de compuerta de entrada</i> .....	46
<b>Figura 12.</b> <i>Fórmula de cálculo de vertedero de salida</i> .....	46
<b>Figura 13.</b> <i>límites máximos permisibles de parámetros de calidad de agua</i> .....	52

<b>Figura 14.</b> Vista en planta de longitud y ancho de lecho filtrante Arena – carbón activado.....	82
<b>Figura 15.</b> Vista en perfil de la longitud de lecho filtrante Arena – Carbón Activado .....	83
<b>Figura 16.</b> Vista en perfil del ancho de lecho filtrante Arena – Carbón Activado .....	83

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Toma de muestra de la quebrada platanillo de shimaki .....	102
<b>Anexo 2.</b> Toma de muestra de la quebrada platanillo de shimaki .....	102
<b>Anexo 3.</b> Construcción de la Captación y el desarenador previo al lecho filtrante .....	103
.....	103
<b>Anexo 4.</b> Construcción del lecho filtrante – Armado de acero .....	103
<b>Anexo 5.</b> Construcción del lecho filtrante – Tarrajeo en exteriores .....	104
<b>Anexo 6.</b> Toma de muestras del lecho filtrante .....	104
<b>Anexo 7.</b> Resultados fisicoquímicos y bacteriológico del afluente pretest al lecho filtrante de Arena .....	105
<b>Anexo 8.</b> Resultados fisicoquímicos y bacteriológico del afluente postest al lecho filtrante de Arena .....	106
.....	106

<i>Anexo 9. Resultados fisicoquímicos y bacteriológico del afluente pretest al lecho filtrante de Arena – Carbón Activado.....</i>	<i>107</i>
<i>Anexo 10. Resultados fisicoquímicos y bacteriológico del afluente postest al lecho filtrante de Arena - Carbón Activado.....</i>	<i>108</i>
<i>Anexo 11. Matriz de Consistencia .....</i>	<i>109</i>
<i>Anexo 12. Respuesta de solicitud de investigación .....</i>	<i>110</i>
<i>Anexo 13. Ficha de recolección de datos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua .....</i>	<i>111</i>
<i>Anexo 14. Ficha de recolección de datos de las dimensiones del lecho filtrante Arena-Carbón activado .....</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 15. Validación de encuesta de juez experto 1.....</i>	<i>113</i>
<i>Anexo 16. Validación de encuesta de juez experto 2.....</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 17. Validación de encuesta de juez experto 3.....</i>	<i>117</i>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Muestras fisicoquímicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena .....	70
<b>Gráfico 2.</b> Muestras fisicoquímicas del agua con tratamiento (postest) al lecho con arena .....	70
<b>Gráfico 3.</b> Muestras fisicoquímicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena - carbón activado .....	71
<b>Gráfico 4.</b> Muestras fisicoquímicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena - carbón activado .....	72
<b>Gráfico 5.</b> Muestras microbiológicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena .....	74
<b>Gráfico 6.</b> Muestras microbiológicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena .....	75
<b>Gráfico 7.</b> Muestras microbiológicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena - carbón activado .....	76
<b>Gráfico 8.</b> Muestras microbiológicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena - carbón activado .....	77
<b>Gráfico 9.</b> porcentaje de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos – lecho filtrante con arena. ....	86
<b>Gráfico 10.</b> porcentaje de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos lecho filtrante de arena – carbón activado. ....	87



## RESUMEN

El trabajo de investigación se plantea un diseño de lecho filtrante con arena-carbón activado en la calidad de agua de la localidad platanillo de shimaki, lo cual se estableció como problema de investigación de: ¿Cómo interviene el uso de lecho filtrante con arena-carbón activado en la calidad de agua de la localidad de Platanillo de Shimaki?, el objetivo es determinar la influencia del lecho filtrante con arena-carbón activado en la calidad de agua de la localidad de Platanillo de Shimaki. Como hipótesis que: El lecho filtrante con arena-carbón activado influye de positivamente en la calidad de agua en la localidad de Platanillo de Shimaki. La investigación del estudio se desarrolló a partir de una investigación científica de tipo aplicado a nivel explicativo, con el diseño de un estudio experimental, lo cual se estableció como población a los beneficiarios de la localidad mencionada, y como muestra la estructura del lecho filtrante con arena-carbón activado.

Como conclusión final se puede decir que el lecho filtrante con arena-carbón activado, a diferencia del lecho filtrante únicamente con arena, ha tenido mayores valores de remoción, donde, el parámetro fisicoquímico más notorio fue la Turbiedad, reduciendo de 14.79 NTU a 0.74 NTU. Del mismo modo en los parámetros microbiológicos, los de Coliformes Totales (NMP/100mL) redujeron considerable de 69 (NMP/100mL) a <1.5 (NMP/100mL). Del mismo modo se determinó que el lecho filtrante con Arena – Carbón activado mejora positivamente en la mejora de la calidad de agua para la localidad de Platanillo de Shimaki.

**Palabras claves:** calidad de agua, arena, carbón activado, lecho filtrante, filtración.

**El Autor**

## **ABSTRACT**

The research work proposes a filter bed design with sand-activated carbon in the water quality of the Platanillo de Shimaki locality, which was established as a research problem: How does the use of a filter bed with sand-carbon intervene? activated in the water quality of the town of Platanillo de Shimaki? the objective is to determine the influence of the filter bed with sand-activated carbon in the water quality of the town of Platanillo de Shimaki. As a hypothesis that: The filter bed with sand-activated carbon positively influences the quality of water in the town of Platanillo de Shimaki. The investigation of the study was developed from a scientific investigation of an applied type at an explanatory level, with the design of an experimental study, which was established as a population of the beneficiaries of the mentioned locality, and as shown by the structure of the filter bed with sand-activated carbon.

As a final conclusion, it can be said that the filter bed with sand-activated carbon, unlike the filter bed with only sand, has had higher removal values, where the most notorious physicochemical parameter was Turbidity, reducing from 14.79 NTU to 0.74 NTU. In the same way in the microbiological parameters, those of Total Coliforms (NMP/100mL) considerably reduced from 69 (NMP/100mL) to <1.5 (NMP/100mL). In the same way, it was determined that the filter bed with Sand - Activated Carbon improves positively in the improvement of water quality for the town of Platanillo de Shimaki.

**Keywords:** water quality, sand, activated carbon, filter bed, filtration.

**The author**

## INTRODUCCIÓN

La preocupación por la calidad del agua que consumimos en los hogares, ha conllevado a la humanidad a la búsqueda constante de tecnologías y métodos para su tratamiento, sean mediante métodos químicos o físicos, algunos de estos métodos se realizan, pero a costos elevados para cumplir con la finalidad de purificar el agua para consumo humano.

También notamos que la filtración es una de las etapas más importantes del proceso de tratamiento ya que es la barrera física final para remover las partículas presentes en el agua; Este proyecto propone un lecho filtrante a base de Arena-Carbón activado en la depuración de contaminantes del agua, para una mejor calidad de vida para la población de Platanillo de Shimaki – Pasco, con el fin de purificar los agentes fisicoquímicos y bacteriológicos

El Capítulo I, se ve el Problema de la Investigación, se plantea el problema, donde se explica el propósito de la investigación, se justifica la investigación en tres aspectos, Social, teórico y metodológico; también se explica las delimitaciones espaciales, temporales y económicas, así, como también la limitación que se tuvo en la investigación, y finalmente se explica el objetivo general y los específicos, lo cual estos definen lo que se quiere lograr con la investigación.

El Capítulo II, se trata del Marco Teórico, donde se realizó la recopilación de investigaciones realizadas por otros autores, con la finalidad de tener una amplia gama de información para el desarrollo de la presente investigación, también vemos el marco conceptual, donde se describió las variables de la investigación, se hizo la búsqueda de conceptos, normativas, y otras informaciones que ayudaron en el

desarrollo de la investigación. También se planteó la hipótesis general y específicas por el cual se estima la posible respuesta a la investigación.

El Capítulo III, se establece la Metodología de la Investigación, donde analizamos el método, tipo, nivel y diseño de la investigación, también identificamos la población y muestra, y finalmente se procesó la información recopilada para obtener resultados.

En el Capítulo IV, se presenta los resultados finales de la investigación, mediante cuadros y gráficos.

Finalmente, en el Capítulo V, se realiza la discusión de resultados, realizando comparaciones, pre y post de los resultados obtenidos.

MONTESINOS V. WILLIAMS

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

### 1.1. Planteamiento del Problema

Los servicios de agua potable suficientes, seguros y continuamente disponibles son importantes para la salud humana, el bienestar y el desarrollo (Ferro et al., 2019). Se estima que a nivel mundial 2100 millones de personas aún carecen de acceso a fuentes de agua potable (WHO, 2019). La mayor disparidad en el acceso a fuentes de agua potable segura se da entre las áreas urbanas y rurales, donde se estima que el 45 % de la población rural utiliza una fuente de agua potable no segura (UNICEF, 2017).

El Perú es un país rico en agua al igual que los demás países de Sudamérica, la distribución espacial, el régimen temporal y los problemas de contaminación y cambio climático hacen que el país se enfrente a conflictos relacionados con la disponibilidad, la oportunidad y la calidad del recurso (Guevara, 2018). Es así que solo el 80,4% de los hogares se abastecen de agua a través de una red pública. En la zona urbana, este servicio cubre el 83,2%; mientras que en la zona rural el 71,3% de las viviendas cuenta con servicio sanitario conectado a la red pública. Condicionando la presencia de enfermedades infecciosas relacionadas con el agua, como la malaria, dengue, leptospirosis, hepatitis virales A y E y la diarrea (Sánchez, 2018).

En las zonas rurales de Perú, a pesar de los esfuerzos e intervenciones locales para promover el agua limpia y segura, aproximadamente el 95 % de los niños menores de 5 años están expuestos a beber agua contaminada con coliformes fecales (Loyola Sosa, 2018).

En un futuro no muy lejano, el acceso al agua será limitado y puede haber grandes conflictos a medida que todos los países intenten satisfacer sus necesidades de agua. Perú es un país que ha sufrido escasez de agua.

El buen consumo de agua es uno de los principales problemas pendientes de la localidad de Platanillo de Shimaki. Cubriendo este

importante factor, su cantidad, costo, continuidad y calidad dista mucho de ser perfecta. Las consecuencias directas de esta afección se reflejan en un gran número de enfermedades asociadas a su consumo o uso, como disentería, cólera, hepatitis A y E, ictiosis, diarreas y otras enfermedades. También causa deterioro mental y físico cuando el agua contiene altos niveles de sustancias químicas como arsénico, plomo y otros minerales. La razón de la deficiencia de agua de calidad para el consumo humano se debe a que no se usan filtros para su purificación

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo interviene el uso de lecho filtrante con arena-carbón activado en la calidad de agua de la localidad de Platanillo de Shimaki?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a. ¿Cómo mejora el uso de lecho filtrante con arena-carbón activado en las propiedades físicas del agua de la localidad de Platanillo de Shimaki?
- b. ¿Cómo interviene el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en los parámetros microbiológicos de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación Práctica o Social**

Según Álvarez (2020), “Se tiene en cuenta cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, al menos, sugiere estrategias que, aplicadas, ayudaran a resolver los problemas.”

La investigación se justificó de manera práctica ya que permitió que la localidad de Platanillo de Shimaki, que tenía carencias de acceso al agua potable, tuviese agua de mejor calidad mediante el uso de un sistema de filtro arena-carbón activado como complemento de potabilización.

### **1.3.2. Justificación Científica o teórica**

Según Álvarez (2020), o “En la investigación, existe una justificación teórica cuando el propósito de la investigación es generar pensamiento científico y debate sobre el conocimiento existente, comparar la teoría, y los resultados de la varianza del conocimiento existente”.

La justificación teórica fue basada en el estudio de calidad del agua con un tratamiento de carbón activado que buscó purificar de gases y líquidos, ya que se encontraron estudios previos que indicaban que el carbón activado retiene contaminantes orgánicos, incluyendo los que dan sabor, olor y color.

### **1.3.3. Justificación Metodológica**

Según Álvarez (2020), Ocorre cuando se implementa un proyecto que propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento válido y confiable.”

La investigación utilizó la metodología del sistema de filtración con arena-carbón activado en un lecho filtrante que compone una parte de la captación de agua, con el fin de analizar si este sistema es más efectivo en cuanto a la purificación del agua comparado a un lecho filtrante convencional.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Delimitación Espacial**

La investigación de estudio se realizó únicamente para la localidad de Platanillo de Shimaki, hallándose dentro de la jurisdicción del distrito de Puerto Bermúdez, de la provincia de Oxapampa, Departamento de Pasco.

La tecnología de sistema de agua potable que tenía la localidad de Platanillo de Shimaki, era mediante recolección de aguas de lluvia, o a través de recolección de quebradas cercanas.

#### **1.4.2. Delimitación Temporal**

Debido a la complejidad de la investigación, se realizó en un periodo de 4 meses, dando inicio el mes de octubre del año 2021 y concluyó el mes de enero del año 2022, se trabajó mediante recolección de datos, como ficha de padrón de beneficiarios, planteamiento actual del sistema, recolección de resultados de laboratorio.

#### **1.4.3. Delimitación Económica**

El financiamiento de la presente tesis fue asumido parcialmente por el investigador y el **Consortio Santo Toribio** con RUC N.º 20606570466, empresa encargada en la construcción del lecho filtrante en la captación de la localidad de Platanillo de Shimaki.

#### **1.5. Limitaciones**

La limitación que se tuvo en el desarrollo de la investigación, fue debido a la suspensión de obra, por parte del **Consortio Santo Toribio con RUC N.º 20606570466**, debido a las intensas lluvias, y por lo que afectó el proceso de construcción del lecho filtrante.

#### **1.6. Objetivos**

##### **1.6.1. Objetivo General**

- Determinar de qué manera mejora el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en la calidad de agua de la localidad de Platanillo de Shimaki.

##### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Determinar cómo interviene el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en las propiedades físicas de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.
- Determinar cómo interviene el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en los parámetros microbiológicos de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

(Ordóñez y Pérez, 2015) presentó la tesis de posgrado Titulado: *“Filtros Biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (Filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región”*, en la Universidad de Cuenca, Ecuador (2015), el cual fija como objetivo: la revisión, y el estudio y usos de filtros biológicos en el tratamiento de agua y determinar las posibilidades de uso de filtros lentos de arena (FLA) con agua superficial de nuestra región, empleando la metodología: Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo, obteniendo como resultado: La calidad del agua mediante la filtración lenta varía entre uno u otro porque el proceso depende de muchos factores, como la turbiedad, el tamaño del grano de arena, el tiempo de filtración, la temperatura y el contenido de oxígeno. Un filtro lento, con buena operabilidad puede reducir entre a 1 a 3 log, la concentración de enterobacterias, y finalmente concluyó: El uso de filtros lentos de arena en la desinfección del agua superficial de nuestra región para consumo es viable. (Ordóñez y Pérez, 2015) usaron la técnica tipo comparativa de sus resultados con los parámetros del libro “Potabilización” Ing. Milton Silva – Capítulo 2 (Escuela Politécnica Nacional de Ecuador), para poder demostrar que los filtros lentos de arena redujeron los niveles de contaminación de los ríos Yanuncay y Tarqui,

(Correa, 2016) plantea la tesis de grado Titulado: *“Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del Río Cauca”*, en la Universidad Del Valle, (2016) el cual fija como objetivo **general**: la evaluación a escala de laboratorio la efectividad del carbón activado granular en la potabilización del agua del río Cauca para remover partículas y sustancias disueltas, empleando la metodología: En el presente trabajo de investigación es cuantitativa, de

tipo experimental, obteniendo como resultado: mostró que la configuración C5 con 90% CAG y 10% Arena logró mayor estabilidad de turbidez, alcanzando valores mínimos por debajo de 2 UNT (MAVDT), 0.5 UNT (OMS) y 0.15 UNT (EPA), aunque comparable con antracita y arena de filtro si muestra un mejor rendimiento de eliminación de turbidez ya que el rango de datos de masa es inferior a 0,3 UNT, y finalmente concluyó: Trabajar a este nivel confirma algunos de los beneficios del carbón activado granular sobre los medios tradicionales como la antracita. (Correa, 2016), para lograr demostrar que el carbón activado granular tubo eficiencia en la disminución de contaminantes usó la técnica comparativa de sus resultados con los parámetros del OPS-CEPIS, 2004.

(Bareño y Moreno, 2016) presentó la tesis de posgrado Titulado: *“Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima”*, en la Universidad Libre de Colombia, (2016), el cual fija como objetivo general: Diseño, propuesta e implementación de filtros para tratamiento de aguas urbanas estudiadas en San Antonio de Anapoima, empleando la metodología: Observación directa, obteniendo como resultado: El agua prefiltrada mostró un valor de 72%, indicando un alto nivel de riesgo, con el uso de filtros lentos y la cantidad de cloro en el agua filtrada se logró reducir este índice al 32% y aún mantener el riesgo de niveles altos y finalmente concluyó: Según IRCA, cambiar el índice de alto riesgo por el índice de riesgo medio facilita filtros domésticos bien diseñados. Para el caso de (Bareño y Moreno, 2016), los investigadores para poder demostrar su hipótesis utilizaron la comparación de los resultados obtenidos en su investigación con los parámetros de la resolución N° 2115-2007 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Protección Social – República de Colombia).

(Avendaño, 2011) Realizó el estudio *“Características de operación del Sistema de Filtración en Múltiples Etapas FIME Hacienda Majavita”* de la Universidad Libre de Colombia (2011), en el

que formulo las siguientes conclusiones: La eficiencia de remoción del sistema de filtración multietapa FIME fue de 96,87% turbidez, 2,4 UNT total, 93,83% color aparente, 2 UPC total, 97,44% coliformes fecales, 8250 y 96, respectivamente, el 56% de todos los coliformes contienen 1050 de ellos. consumo humano. Para sólidos en suspensión, las tasas de remoción fueron 79.55%, 44.41% de sólidos totales y 15.60% de sólidos disueltos totales.

(Pérez, 2014) Realizó el estudio *“Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamiento de agua para consumo humano” de la Universidad de Boyacá*, en la Universidad de Boyacá, Colombia (2014), en el formulo las siguientes conclusiones: En el caso del influente con valores medios de turbidez de  $32,7 \pm 2,81$  NTU y  $3,9 \times 10^5$  UFC/100 ml E. coli, ambos sistemas de filtración lograron una alta eficiencia de remoción (99% turbiedad) y 99.999 - 100% E. coli), cumplir con los requisitos de calidad del agua para los estándares de consumo humano demuestra el potencial y los beneficios de tales sistemas domésticos para garantizar la calidad del agua y reducir el riesgo de microorganismos.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

(Carcausto, 2017) presentó la tesis de posgrado Titulado: *“Purificación de aguas subterráneas por medio de filtros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Thunco–Puno”* en la Universidad Nacional del Altiplano, (2017), el cual fija como objetivo general: Purificar el agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas por el método de filtración lenta de arena para el consumo humano en la comunidad de Thunco – Puno, empleando la metodología con un diseño de investigación experimental, y un nivel de estudio explicativo obteniendo como resultado: Los mejores resultados fueron el uso de filtros de arena libres para la potabilización de agua por parte de la comunidad de Thunco, con parámetros de control de turbiedad de 68.02%, retención de coliformes totales 99.8% y retención de 98. El 95% de las bacterias coliformes son resistentes al calor, lo que indica que las El uso de filtros

de arena es práctico para controlar la turbidez y se ha encontrado que el uso de filtros lentos de arena tiene un efecto positivo sobre los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y DIGESA. El investigador usó la técnica comparativa de sus resultados y los límites máximos permisibles establecidos en la OMS y DIGESA, para poder demostrar sus hipótesis

(Heredia, 2017) presentó la tesis de pregrado Titulado: ***“Eficiencia del carbón activado a base de cáscara de coco en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el AA.HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, año 2017”*** en la Universidad Cesar Vallejo, (2017), el cual fija como objetivo general: Evaluar la eficiencia del carbón activado a base de cáscara de coco en el tratamiento de aguas residuales, domésticas en el AA.HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, año 2017, empleando la metodología: El presente proyecto fue realizado con un diseño de investigación experimental, y un nivel de estudio explicativo, obteniendo como resultado: El carbón activado de cáscara de coco es eficaz en el tratamiento de aguas residuales domésticas porque el tamaño de partícula (mm) elimina el 99,96 % de aceite, el 98,48 % de bacterias coliformes resistentes al calor y el 56,20 % de DBO. Finalmente, se encontró que la efectividad del tratamiento TRAT-P fue la más efectiva en la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

(Reategui y Trigozo, 2020) presentó la tesis de pregrado Titulado: ***“Diseño de un sistema colector con filtro de carbón activado para la potabilización del agua de lluvia en viviendas”*** en la Universidad Cesar Vallejo, (2020), el cual fija como objetivo general: Determinar si el uso del sistema colector de agua de lluvia reduce el consumo de agua potable proveniente de la red principal, empleando la metodología: En el presente trabajo de investigación es cuantitativa, de tipo experimental, obteniendo como resultado: Que se tuvo que implementar una bomba de Ariete con la finalidad de economizar en lo que el traslado de la bomba para llevar el agua al tanque elevado, además de incluir 3 fases de filtrados, el primer

filtro consta de arena fina y grava, .y finalmente concluyó: Al determinar las propiedades físicas y químicas del agua de lluvia utilizando un filtro de carbón activado, se logra agua segura para beber, por lo tanto, es útil para las viviendas. (Reategui y Trigozo, 2020), para determinar que el agua obtenida después de la filtración con carbón activado se encuentra dentro de los parámetros de agua para consumo humano, realizaron la comparación de los resultados de su investigación con la normativa del D.S. N° 031-2010-SA. (DIGESA)

(Yucra, 2017) presentó la tesis de pregrado Titulado: “*Efecto del carbón activado de lenteja de agua (Lemna sp.) en la remoción de cloro residual del agua en la industria de bebidas*”, en la Universidad Nacional del Altiplano (2017), el cual fija como objetivo general: El uso de carbón activado de lenteja de agua para evaluar la absorción de cloro residual en el agua por parte de la industria de bebidas, empleando la metodología: En el presente trabajo de investigación es cuantitativa, de tipo experimental, y teniendo como resultado: El carbón activado de la lenteja de agua (Lemna sp.) Tiene una mayor capacidad de adsorber cloro residual con un tamaño de partícula de 0.070 mm, y elimina el 98.95% del total de 11.760 ml de cloro residual con una masa de 0.1 g de carbón vegetal. Modelo Langmuir.

(Chipile, 2017) presentó la tesis de pregrado Titulado: “*Carbón Activo Granular, En La Mejora De La Calidad Del Agua Potable*” en la Universidad Privada del Norte, (2017), el cual fija como objetivo general: Determinación del efecto del carbón activado granular en la depuración del agua potable en la fuente de la instalación de agua potable, empleando la metodología: En el presente trabajo de investigación es cuantitativa, de tipo experimental, y teniendo como resultado: Se comprobaron las propiedades físicas tales como turbidez y color verdadero que han bajado hasta un 2.54%, los coliformes totales bajaron de 100% a 29.11%, comprobando la efectividad del carbón activo granular al momento de

purificar el agua. (Chipile, 2017), comparo sus resultados obtenidos en su investigación con la normativa del D.S. N° 031-2010-SA. (DIGESA), para poder demostrar sus hipótesis planteadas.

(Trigos, 2017) en su tesis titulada “*Calidad bacteriológica y físico - química del agua de consumo humano del centro poblado de alto Puno*” en la Universidad Nacional de San Agustín, (2017), el cual fija el objetivo general: Determinar la calidad bacteriológica y físico – química del agua de consumo humano del Centro Poblado de Alto Puno, empleando la metodología: cuantitativa, de tipo experimental y teniendo como resultado: que los parámetros fisicoquímicos de agua de consumo humano para ph el valor obtenido 7.88, y los coliformes totales son de 5.44 NMP/100ml. (Trigos, 2017), para demostrar sus hipótesis planteadas realizo comparativos de sus resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. (DIGESA), donde propone parámetros para que el agua sea considerada para consumo humano

(Chiclote, 2018) en su tesis titulada “*Mejora de la calidad del agua del río cumbe empleando filtro de carbón Activado*” en la universidad Privada de Norte (2018), el cual fija como objetivo general: Determinar la calidad del agua del río Cumbe usando un filtro de carbón activado, empleando la metodología aplicada, de tipo experimental, y teniendo como resultado que el agua tratada con carbón activo granular proveniente del río Cumbe cumple las propiedades físicas y químicas

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Concepto de Lecho filtrante Arena-Carbón Activado**

El Lecho filtrante de arena carbón activado, es una estructura, donde se realiza la última barrera para la obtención de calidad de agua, es decir es donde se realiza el proceso de retención de impurezas mediante la filtración.

Según RM 192-2018-Vivienda, la filtración lenta o biológica se logra cuando el agua cruda pasa a través de una capa porosa como la arena.

En este proceso, las impurezas son capturadas por las partículas del medio filtrante, además la descomposición química y biológica reduce las sustancias capturadas a una forma más simple y es absorbida en la solución. Los líquidos existen en capas profundas e incluso permanecen en la superficie como una sustancia inerte hasta que se eliminan o limpian

El agua cruda que ingresa a la unidad se retiene en el medio filtrante de 3 a 12 horas, según la tasa de filtración utilizada. Durante este tiempo, las partículas más pesadas caerán de la suspensión, mientras que las más ligeras se coagularán, facilitando su posterior eliminación. Durante el día, cuando se exponen a la luz solar, las algas crecen y absorben dióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar materia celular y oxígeno. Como resultado, el oxígeno producido se disuelve en el agua y reacciona químicamente con los contaminantes orgánicos, lo que facilita su absorción por los microorganismos

Mientras el filtro todavía está en funcionamiento, se forma una capa de material orgánico (llamada Schmutzdecke o "piel del filtro") en la superficie del medio filtrante a través de la cual debe pasar el agua antes de llegar al medio filtrante de arena. Esta clase está compuesta principalmente por algas y muchas otras formas de vida como el plancton, las diatomeas, los protozoos, los rotíferos y las bacterias, por lo que también se le llama población. La actividad activa de estos microorganismos capta, digiere y descompone la materia orgánica presente en el agua. Este proceso también consume algas muertas y bacterias vivas del agua cruda. Al mismo tiempo, cuando los compuestos de nitrógeno se descomponen, el

nitrógeno se oxida, se eliminan algunos de los colores y gran parte de las partículas inertes en suspensión se retienen por tamizado.

El agua, al pasar a través de la capa biológica, ingresa a la capa del filtro y es forzada a través de un proceso que generalmente toma varias horas, desarrollando un proceso de tamizado físico que es parte del proceso general de purificación.

Una de las propiedades más importantes de una capa de filtro es la cohesión, un fenómeno influenciado por la atracción eléctrica, química y de masa. Para estimar la escala e importancia de este fenómeno, imagina que un metro cúbico de arena con la característica común de los filtros lentos cubre un área de aproximadamente 15.000 metros cuadrados. El efecto de la fuerza centrífuga sobre las partículas se facilita cuando el agua fluye entre los granos de arena en flujo laminar (cambio de dirección) y la adherencia en la superficie de las partículas de arena indica un proceso. Tiene lugar una filtración biológica. Hace circular el agua a través de una capa de arena porosa.

La precipitación activa se produce en los poros o vacíos del medio filtrante (alrededor del 40% del volumen), que aumentan considerablemente por las fuerzas electrostáticas y la atracción de masas.

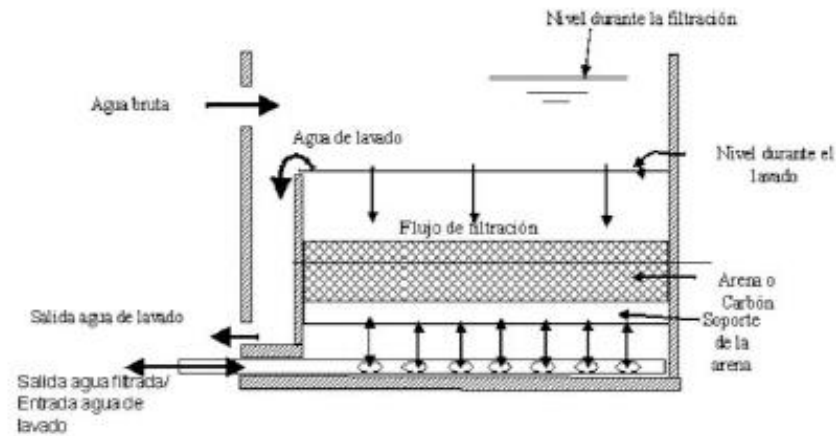
Debido a los fenómenos anteriores, las superficies de los granos de arena están cubiertas por una capa de componentes similar a Schmutzdecke, con contenido de algas y partículas bajas, pero con microorganismos, bacterias, animales rotativos y primarios; Todos nutren y absorben las impurezas y los residuos de los demás. Este recubrimiento biológico es muy positivo a una profundidad de 0,40 m en el centro del filtro. Distintas formas de vida prevalecen a diferentes profundidades, desarrollando una mayor bioactividad cerca de la superficie del lecho filtrante, donde las condiciones son



óptimas y el alimento es abundante. Alimentos que contienen elementos orgánicos esenciales transportados por el agua.

Los recubrimientos orgánicos mantienen las partículas en el agua hasta que las sustancias orgánicas se degradan y se asimilan de los materiales móviles, así asimilados por otros organismos y conversión en materiales mecánicos como el agua, bióxido de carbono, el nitrato, el fosfato y los sales que son arrastradas posteriormente por el agua.

**Figura 1.** Filtro de Arena



**Fuente:** Resolución Ministerial 192-2018-vivienda, Filtro de flujo descendente, compuesto por un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que reduce la turbiedad del agua.

### 2.2.2. Conceptos de diseño de lechos filtrantes

De acuerdo con Ordóñez y Pérez (2011), algunos conceptos de diseño de filtros de arena se señalan en las tablas 1 y 2. A una gran velocidad de filtración de 0.1m/h, un filtro en la que realice de manera seguida llegando a producir el 2.4 m<sup>3</sup> de agua por día por m<sup>2</sup> de la superficie de lecho filtrante. De tal manera que el área total solicitada en la que se logre hallarse dividiendo por 2.4 la demanda diaria de diseño. Esta área llega a dividirse en muchas unidades. Por lo que este número depende de algunas consideraciones entre estas encontramos lo siguiente:

- Se solicitan por lo menos dos módulos en las que consideran una operación certera y constante para lograr hacer limpieza

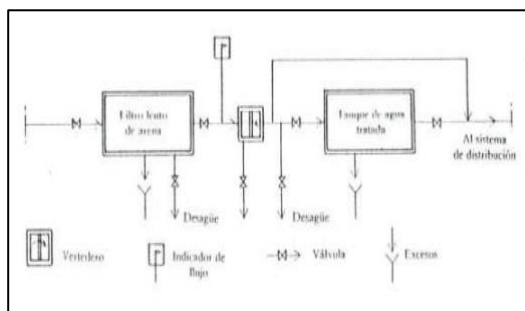
relevada. Una señal del número correspondiente de las unidades rectangulares, en las que se logra tener con la siguiente expresión (pág. 33) :

$$n = 0.5\sqrt[3]{A}$$

**Para:**

- ✓ n= Número total de unidades rectangulares.
- ✓ A= Área superficial total
- La dimensión mayor del lecho filtrante en áreas rurales es menor a 100 m<sup>2</sup>, por lo que esto logra su limpieza en un día. (pág. 33)
- La dimensión mínima del lecho filtrante debe de llegar a ser de 3 m<sup>2</sup>, pero existen filtros que llegan a funcionar de manera correcta con áreas no mayores a 1 m<sup>2</sup>, siempre y cuando el agua cruda no pase de forma directa por la parte interna de los muros del filtro hacia el sistema de drenaje sin ser filtrada. (pág. 33)

**Figura 2.** Esquema de flujo para el establecimiento de un filtro de arena-carbón



**Fuente:** Ordóñez y Pérez (2011)

**Tabla 1.** Criterios para diseño de filtros lentos con arena-carbón para zonas rurales.

Criterios de diseño	Datos recomendados
Tiempo de diseño.	10 a 15 años
Tiempo de operación.	24 h/d
Velocidad de filtración.	0.1 a 0.2 m/h
Área superficial del filtro.	5 a 20 m <sup>2</sup> por filtro, mínimo 2 unidades.
Altura del lecho filtrante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inicial: 0.8 a 0.9 m</li> <li>▪ Mínima: 0.5 a 0.6 m</li> </ul>
Especificaciones de la arena:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tamaño efectivo: 0.15 a 0.30</li> <li>▪ &lt; 5 preferiblemente</li> </ul>
Altura del filtro incluyendo altura de grava.	0.3 a 0.5 m
Altura de agua Subrasante.	0.8 a 1.0 m

**Fuente:** Ordóñez y Pérez (2011)

**Tabla 2.** Criterios para diseño de filtros lentos con arena-carbón para zonas rurales.

Criterio	Valores recomendados	Valores utilizados Etapa CINARA
Tiempo de diseño	10 a 45 años	
Tiempo de operación horas/día	24	24
Velocidad de filtración	0.1 a 0.2 m/h	0.1 a 0.2 m/h
Área superior del filtro.	5 a 20 m <sup>2</sup> por filtro	0.64 m <sup>2</sup>
Altura del lecho filtro:		
Inicial	0.8 a 0.9 m	1.0 m
Mínima	0.5 a 0.6 m	0.5 a 0.6 m
Especificaciones de la arena:		
Tamaño efectivo	0.15 a 0.30 mm	0.30 mm
Coeficiente de homogeneidad	< 5 preferiblemente	2.3
Altura de sobrenadante de agua	0.8 a 1.0 m	0.9 m
Altura del filtro incluyendo altura de grava	0.3 a 0.5 m	0.45

**Fuente:** Ordóñez y Pérez (2011)

### 2.2.3. Componentes de los filtros de arena-carbón

De acuerdo a la resolución Ministerial 192-2018-Vivienda, un lecho filtrante o filtro lento debe tener los siguientes componentes,  
*Cap (103) filtro lento de arena*

#### a) **Entrada:**

La entrada de tener un vertedero de excesos, para la distribución en los canales o ductos, el vertedero es un dispositivo para el control de flujo.

El vertedero de acceso es una abertura que se realiza en el muro del filtro que une la entrada con el propio filtro

#### b) **Lechos filtrantes y Estructura de filtración:**

La estructura de filtración es un área superficial que se establece de acuerdo al caudal a tratar, la velocidad de filtración y el número de filtros se determinan por el caudal que se requiere. Los medios filtrantes deben contener arena, carbón activado, estos elementos deben ser duros y redondos, libres de arcilla y materia orgánica. El contenido de carbonato de calcio y magnesio en la arena no debe exceder el 2%. Por lo cual se recomienda la siguiente estructura de tamaño, y espesor de los filtros:

- Capa de Arena de Filtro
  - Tamaño (D):  $D=1,5 - 4$  mm, con espesor: 0,80 m
  - Coeficiente de uniformidad  $D_{60}/D_{10} < 4$ , siendo deseable que sea  $< 2$
- Capa de Arena Gruesa:
  - Tamaño (D): 4 - 15 mm, con espesor: 0,05 m
- Capas de grava:
  - Tamaño (D): 10 - 40 mm, con espesor: 0,10 – 0,15 m
  - Tamaño efectivo (D10): 2 – 9 mm, con espesor: 0,05 m

Todos los elementos deben estar libres de materia orgánica y arcillas

**c) Salida**

El espacio de flujo incluye vertederos, drenajes o tuberías perforadas para recolectar aguas residuales sin afectar el asentamiento de partículas de sedimentos.

**d) Drenaje**

El nivel mínimo de agua en el filtro está controlado por el vertedero de salida, que debe estar a la misma altura o 0,10 m. más alto que la superficie del filtro.

La red de tuberías de drenaje también es una red de tuberías de drenaje que consta de tuberías de drenaje principales y ramas de drenaje. El estándar de diseño para tuberías de alcantarillado debe ser tal que la velocidad límite en cualquier punto no exceda los 0,30 m/s. La relación de velocidad entre el drenaje primario ( $V_p$ ) y el drenaje auxiliar ( $V_s$ ) debe ser:  $V_p / V_s < 0,46$  para tener una cantidad uniforme de agua filtrada.

**e) Capa de agua sobrenadante**

En el filtro de entrada controlado, la carga comienza cerca de 0,05 m, el valor se incrementa gradualmente hasta el máximo y oscila entre 1 y 1,5 m.

**f) Accesorios de regulación y control:**

Los accesorios generales incluyen:

- La válvula controla el caudal de agua pretratada y regula la tasa de filtración.
- Conexión para llenar el filtro con agua limpia.
- Válvula de drenaje inferior del filtro.
- Válvula de drenaje de agua procesada.
- La válvula suministra el agua tratada al tanque tratado.
- Entrar en Transferencia.
- Ajustar el índice de caudal.
- Salida.
- Sobrellenado.

#### 2.2.4. Condiciones requeridas para filtración lenta con arena - carbón

Según Ordóñez y Pérez (2011), los factores más concluyentes para la selección de filtros lentos agregado con arena como son la turbiedad (calidad) de la fuente de agua y la cantidad de población demandante. (pág. 36)

##### a) Calidad del agua

Aquí es donde se produce el rango de variación. La filtración lenta con la adición de arena – carbón activado, se limita al agua cruda porque tiene una larga vida útil. El tiempo de funcionamiento se reduce debido a la presencia en él de una variedad de partículas reductoras de presión, teniendo en cuenta depósitos minerales, materia orgánica, bacterias y otros microorganismos. Cuando la turbidez es alta, es más probable que ocurra en poco tiempo. Desarrollar pruebas beta a lo largo del ciclo anual es esencial para investigar la usabilidad. Si hay más de 30 días, considere la tecnología de filtro lento de arena. Si la edad de aplicación es menor a 30 días, se desarrollarán estudios con mejor potencial de protección. (págs. 36-37).

**Tabla 3.** *Parámetros para de calidad de agua en selección de filtración lenta con arena.*

<b>Parámetros para de calidad de agua en selección de filtración lenta con arena</b>			
<b>Constituyente</b>	<b>Porcentaje de remoción</b>	<b>Guías</b>	<b>Comentarios</b>
Color verdadero	25%	5-10 Pt- Coa	La eliminación depende en la biopelícula del filtro F.L.A adecuado. Se pide pretratamiento, y tolerancia límite.
TOCb	25%	ninguno	
Turbiedad	27 a 39%	<10 NTU >25NTU 10 a 50 NTU 50 a 120 NTU	
Coliformes	2 log a 4 log	Ninguno <5	Planta piloto
Algas		mg/m3	
Hierro		ninguno	Taponamiento potencial

**Fuente:** Ordóñez y Pérez (2011)

### **b) Cantidad de Población**

Para Ordóñez y Pérez (2011), la construcción de los filtros lentos de arena se recomienda para localidades pequeñas, es decir en zonas rurales. El motivo de su uso es debido a su bajo costo anual, además la operación y mantenimiento es fácil y efectiva. La cantidad de Pobladores en una localidad define las dimensiones del filtro de arena. Sin embargo, también hay que entender que a medida que la localidad incrementa su población también crecerán sus ingresos y tecnologías y la operación con filtros rápidos será más accesible. (pág. 37)

### **c) Rendimiento requerido**

Los requisitos para filtración lenta con arena, se recomienda que la turbiedad debe ser de  $\leq 1$  NTU en el 95% del periodo, con parámetros menores a 5 NTU. Este es el requisito en el que un desinfectante residual debe ser mayor a 0.2 mg/lit, o en todo caso igual. La mezcla de filtración y limpieza llega a ser la eliminación de más de 4-log de virus. Para el uso de fuentes de agua con excelente calidad lograría ser recomendable para la filtración lenta adicionando arena. (pág. 38).

## **2.2.5. Datos previos al diseño de lecho filtrante Arena – Carbón Activado**

Para realizar el diseño de lecho filtrante se requiere de datos adicionales a los resultados de laboratorio, tales como:

- **Población actual:**

Para la población actual se debe realizar trabajos de empadronamiento social

- **Periodo de diseño:**

En la Resolución Ministerial - 192 (2018), “ítem 1.1 periodo de diseño” recomienda la determinación de periodo de diseño teniendo las siguientes consideraciones: (pág. 30)

- Vida útil de las estructuras y equipos.
- Vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria
- Crecimiento poblacional.
- Economía de escala

Donde asigna una tabla para diferentes tipos de estructuras.

**Tabla 4.** *periodos de diseño de infraestructura sanitaria*

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
✓ Fuente de abastecimiento	20 años
✓ Obra de captación	20 años
✓ Pozos	20 años
✓ Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)	20 años
✓ Reservorio	20 años
✓ Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años
✓ Estación de bombeo	20 años
✓ Equipos de bombeo	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (arrastre hidráulico, compostera y para zona inundable)	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

**Fuente:** RM-192-2018-vivienda

- **Tasa de crecimiento:**

Para la determinación de la tasa de crecimiento, Resolución Ministerial - 192 (2018), recomienda algunas consideraciones:

- La tasa de crecimiento anual debe corresponder al período censal en el área en cuestión.
- En caso contrario utilizar tasas de crecimiento de otras poblaciones con características similares, caso contrario utilizar tasas de crecimiento rural.
- Si la tasa de crecimiento anual es negativa, entonces se debe usar una población de diseño similar a la población actual ( $r = 0$ ), de lo contrario se debe dar una opinión. al INEI. (pág. 30)

**Figura 3.** *fórmula de tasa de crecimiento poblacional*

$$r = \left( \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_i}} \right) - 1$$

**Donde:**



- r: tasa de crecimiento
- Pi: población inicial
- Pf: población final
- N: periodo de años (Pi – Pf)

**Fuente:** RM-2018-vivienda

- **Población de diseño.**

Para la determinación de la tasa de crecimiento, la Resolución Ministerial - 192 (2018), recomienda que se debe aplicar por el método aritmético según la siguiente fórmula: (pág. 30)

**Figura 4.** *Fórmula de población de diseño – método aritmético*

$$P_d = P_i * \left( \frac{r * t}{100} \right)$$

**Donde:**

- Pi: población inicial (habitantes)
- Pd: población futura o de diseño (habitantes)
- r: tasa de crecimiento anual (%)
- t: periodo de diseño (años)

**Fuente:** RM-2018-vivienda

- **Dotación:**

Resolución Ministerial - 192 (2018), define como dotación la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda. Así mismo clasifica la dotación de acuerdo al tipo de tecnología y región, como se muestra en la siguiente tabla: (p.31)

**Tabla 5.** *dotación de agua según opción tecnológica y región (lt/hab.d)*

REGIÓN	DOTACIÓN SEGÚN TIPO DE OPCION TECNOLÓGICA (l/hab.d)	
	SIN ARRASTRE HIDRÁULICO (COMPOSTERA Y HOYO SECO VENTILADO)	CON ARRASTRE HIDRÁULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

**Fuente:** RM-2018-vivienda

- **Variaciones de consumo.**

Según Tuesta y Rodríguez (2017), define que el consumo no es constante todo el año, y que también hay variaciones diarias, por lo cual es necesario que se calculen los gastos máximos diarios y horarios, lo cual se necesita coeficientes respectivamente.

- **Consumo promedio**

El consumo promedio, se puede definir por el consumo de una persona durante todo el día. Por lo cual se representa de la siguiente manera.

$$Q_p = \frac{Dot * P_d}{86400}$$

**Donde:**

- Dot: Dotación de consumo (l/hab.d)
- Pd: población futura o de diseño (habitantes)

El valor de 86400, son los segundos que hay en un lapso de 24 horas

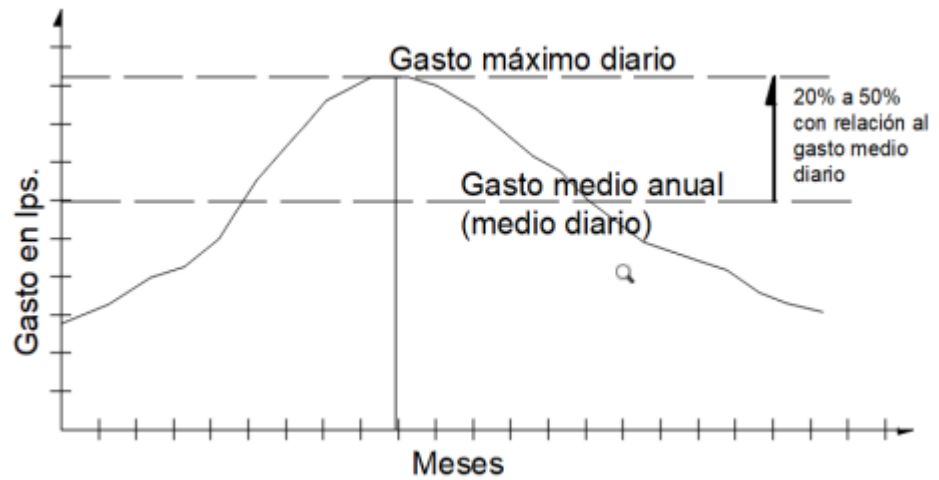
**Fuente:** RM-2018-vivienda

- **Consumo máximo diario**

Según Pedro (2001), en su libro abastecimiento de agua potable define que las estadísticas demuestran que hay días del año que se realizan consumos mayores, así como también consumos menores.

También menciona que la variación diaria se expresa como el coeficiente de gasto medio anual, que depende de la temperatura y de la distribución de las precipitaciones en la región, a lo que llamamos coeficiente de variación diario, Su valor se recoge estadísticamente, con el mes del año marcado en el eje "x" y la demanda o gasto en el eje "y".

*Figura 5. gasto máximo diario*



(Pedro, 2001), llega a definir los valores de los coeficientes de variación diaria son los siguientes:

- C.V.D = 1.20 para lugares de clima uniforme
- C.V.D = 1.35 para lugares de clima extremoso
- C.V.D = 1.50 para lugares de clima extremoso

**Fuente:** (Pedro R, 2001), libro abastecimiento de agua, Instituto Tecnológico De Oaxaca.

También en la Resolución Ministerial - 192 (2018), recomiendan el uso de coeficiente de variación denominado K1, como valor de 1.30.

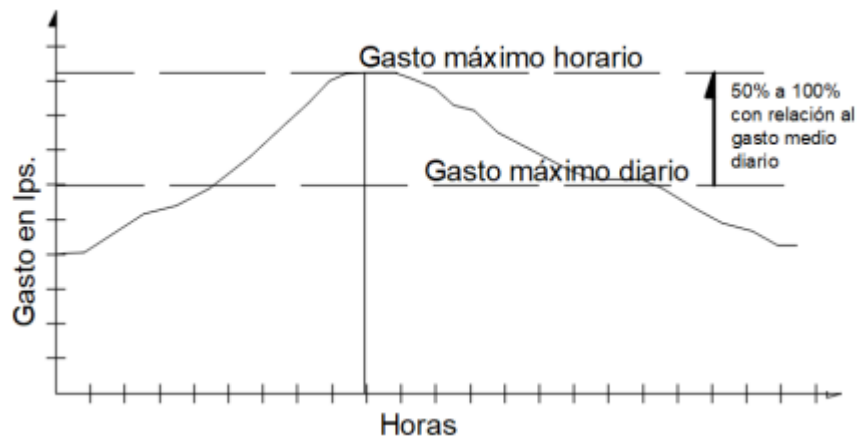
#### ▪ Consumo máximo horario

Según Pedro (2001), define que también hay variaciones horarias con respecto al gasto máximo diario, por el cual no es consumido por la población de manera continua durante las 24 horas del día.

Según Pedro (2001), recomienda que, para poder satisfacer las demandas máximas durante el día, se debe incrementar el valor máximo diario de un coeficiente que cubra esas demandas máximas horarias.

- C.V.H = coeficiente de variación horaria = 1.50  
(150 %)
- C.V.H = coeficiente de variación horaria = 2.00  
(200 %)

**Figura 6.** *gasto máximo horario*



También en la Resolución Ministerial - 192 (2018), recomiendan el uso de coeficiente de variación denominado K2, como valor de 2.00

### 2.2.6. Diseño de Lecho filtrante Arena – Carbón Activado

Según la Resolución Ministerial - 192 (2018) a, establece los siguientes criterios para diseño de lechos filtrantes:

#### a. Criterios para diseño

- La tasa de filtración debe considerarse en el rango de 0,1 - 0,3 m/h, dependiendo de la filtración primaria del agua cruda.
- La altura del lecho filtrante debe ser de 0,50 m a 0,80 m
- La altura del lecho de apoyo (incluido el drenaje) debe ser de 0,1 a 0,3 m
- La altura de la capa flotante debe ser de aproximadamente 0,75 - 1,5 m

- La distancia desde el agua que se desborda hasta el borde libre debe ser de al menos 0,2 m.

En lugares como la selva el espesor inicial de la capa de arena se puede reducir a 35 cm debido a que la temperatura favorece la actividad biológica.

**b. Dimensionamiento.**

- **Cálculo de área unitaria de filtro ( $A_f$ ):**

*Figura 7. Fórmula de área unitaria de filtro*

$$A_f = \frac{Q_{md}}{N * V_f}$$

**Donde:**

- $Q_{md}$ : caudal (m<sup>3</sup>/h)
- $N$ : número de filtros
- $V_f$ : velocidad de filtración

**Fuente:** RM-192-2018-vivienda

- **Cálculo de la geometría del filtro, l y b, se debe emplear el coeficiente de mínimo costo ( $K$ ):**

*Figura 8. Fórmula de coeficiente de costo*

$$K = \frac{2 * N}{N + 1} \quad L = \sqrt{A_f * K} \quad B = \sqrt{\frac{A_f}{k}}$$

**Fuente:** RM-192-2018-vivienda

- **Determinación de hf se producen en las tuberías, válvulas, lecho filtrante, drenes y vertederos, con las siguientes ecuaciones.**

- Lecho filtrante: depende del tamaño de partícula del material y de la tasa de filtración.
- Drenes: (< 10% del total de pérdidas)

**Figura 9.** *Fórmula 1: de pérdidas de carga*

$$h_d = \frac{0.3311}{d_h} * \frac{V^2}{2g}$$

**Donde:**

- V: velocidad del dren
- dh: diámetro hidráulico

**Figura 10.** *Fórmula 2: de pérdidas de carga*

$$d_h = \frac{4 * A_d}{P}$$

**Donde:**

- Ad: área del dren
- P: perímetro del dren

**Fuente:** RM-192-2018-vivienda

- **Cálculo de Compuerta de entrada:**

**Figura 11.** *Fórmula de cálculo de compuerta de entrada*

$$h_{f1} = k \frac{V^2}{2g} \quad V = \frac{V_f * A_f}{A_c}$$

**Donde**

- AC: área de la compuerta (m<sup>2</sup>)
- Af: área de filtración (m<sup>2</sup>)
- VF: velocidad de filtración (m/s)

**Fuente:** RM-192-2018-vivienda

- **Cálculo de Vertedero de Salida:**

**Figura 12.** *Fórmula de cálculo de vertedero de salida*

$$h_{f2} = \left( \frac{Q_d}{1.84 * L_v} \right)^{2/3}$$

**Donde**

- Lv : Longitud de cresta del vertedero general (m)

- Qd: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h)
- VF: velocidad de filtración (m/s)

**Fuente:** RM-192-2018-vivienda

### **2.2.7. Filtro de carbón activado.**

Según Aqueous (2017), Se ha confirmado que el filtro de carbón funciona principalmente en el proceso de adsorción. La adsorción se refiere a la interacción superficial entre las moléculas disueltas y el carbono, a diferencia de la absorción. Sin embargo, especialmente cuando se limpian los contaminantes en el agua, se difunden en los poros de carbón (absorción) donde se unen a la superficie de carbón (adsorción). Esto ha llevado al uso generalizado del término no específico "adsorción".

La porosidad y la gran área superficial del carbono proporcionan muchos sitios de reacción para la introducción de compuestos solubles. Los compuestos orgánicos solubles libres de impurezas, así como los contaminantes nocivos específicos, pueden unirse a estos sitios de reacción. Parte de la materia orgánica disuelta presente en todas las aguas naturales puede ocupar la superficie de carbono, excluyendo así los contaminantes de interés. En nuestro caso, este problema en los filtros de carbón se ha minimizado mediante combinaciones de grava y arena: su función es eliminar la mayor parte de la materia orgánica disuelta en la fuente de agua antes de que se exponga al carbono. La razón es lograr un alto grado de purificación aguas arriba del filtro de carbono para "ahorrar carbono" y eliminar los compuestos problemáticos disueltos en los pasos de purificación anteriores.

Además, investigaciones recientes sobre biodiversidad en filtros de carbón activado han demostrado una sinergia entre los mecanismos de adsorción y biodegradación para mejorar la eliminación de compuestos orgánicos sintéticos, COS. La eficiencia de la combinación adsorción-biodegradación es mayor que la del

proceso de adsorción o biodegradación. La adsorción de carbón debilita los contaminantes disueltos, dándoles tiempo para descomponerse en la biopelícula, liberando así sitios de superficie de carbón para adsorción adicional, extendiendo la vida útil del medio filtrante. Algunos compuestos incluso se clasifican como productos de degradación no biodegradables en biofiltros de carbono que han estado en uso durante muchos años. La exposición a contaminantes que contienen carbono durante un período de varias semanas o meses permite que los microorganismos se adapten y desarrollen las vías enzimáticas necesarias para descomponer ciertos compuestos nocivos para el medio ambiente. Por lo tanto, la sinergia entre la biodegradación y la adsorción puede conducir a la eliminación completa del COS inseguro del sistema. (pág. 13)

Aqueous (2017), también menciona, un problema común con la filtración de carbón es la retrodifusión o "lavado" de contaminantes de carbono en el agua a medida que salen del filtro durante o después de que la capa del filtro esté en funcionamiento. Estudios recientes de sistemas con carbón activado han demostrado que la lixiviación del carbón gastado es rara. La medición de retrodifusión (el contaminante escapa de la superficie y es expulsado a través de los poros) es muy lenta debido a que la materia orgánica natural obstruye los poros. Esencialmente, el contaminante se difunde en el poro, se adhiere a la superficie interna del poro y es atrapado por los compuestos orgánicos naturales en el filtro. El poro se bloquea con el tiempo. Por otro lado, la mayoría de los contaminantes orgánicos sintéticos se adhieren más fuertemente a las superficies que el carbono disuelto naturalmente en el cuerpo, por lo que es menos probable que los compuestos orgánicos naturales desplacen los contaminantes. (pág. 13)

Aqueous (2017), considera que la vida efectiva del carbón en el filtro depende de la calidad del carbón, así como de la naturaleza



de la fuente de agua y de la eficiencia del paso de tratamiento del agua que ingresa al filtro. En el contexto de las comunidades rurales en desarrollo, estos factores se caracterizan por altos niveles de volatilidad e incertidumbre. Dado que el carbono se puede producir localmente a bajo costo, se recomienda un enfoque conservador, es decir, diseñar un carbono mucho más alto que la tasa de utilización utilizada en los sistemas GAC (carbón activado granular) avanzado. Los filtros de carbón fabricados según las especificaciones descritas aquí proporcionan 300 litros/día y deben reemplazarse al menos una vez al año. (pág. 13)

#### **2.2.8. Aplicaciones del carbón activado**

Según Infantes (2017), menciona que las aplicaciones del carbón activado se dan en dos características fundamentales, elevada capacidad y baja selectividad de retención. Su alta capacidad de remoción se debe a su alta superficie interna, aunque la distribución de porosidad y el tamaño de poro juegan un papel importante. En general, las microsporas (<2 nm de tamaño) les confieren una gran superficie y capacidad de retención, mientras que las mesosporas (2-50 nm de tamaño) y macrosporas (>50 nm de tamaño) son necesarias para retener partículas grandes como tintes o coloides, y para facilitar el acceso rápido y la difusión de partículas a la superficie interna de un sólido. Por otro lado, el carbón activado tiene poca especificidad antes del almacenamiento, es un adsorbente “universal”

El carbón activado se utiliza de diferentes maneras, sea como polvo, granular, líquido o gaseoso. (pág. 25)

Infante (2017), también explica que las aplicaciones de medios líquidos incluyen decoloración, purificación de agua (eliminación de olores, colores, productos químicos, bacterias, tratamiento de aguas residuales), decoloración y mejora de bebidas (vino, ron), depuración de grasas y aceites comestibles, depuración de

proteínas, como desintoxicante, depuración de plasma, separación de elementos minerales (oro, plata), etc. (pág. 25)

Infante (2017), también menciona que, en estado gaseoso su aplicación es en el almacenamiento y separación de gases, en elaboración de máscaras antigás, protección en plantas radioactivas.

En general, el carbón en polvo se aplica en medio líquido mientras que el granulado puede ser usado en ambos medios. Entre ellas, destacamos:

- Elimina las impurezas que contribuyen al color, olor y sabor del agua potable (mejora las propiedades sensoriales del agua).
- Tratamiento de aguas residuales (tratamiento de aguas residuales terciarias).
- Tratamiento de aguas en procesos industriales.
- Filtración de aguas subterráneas
- Filtración de aguas de piscinas
- Filtración de aguas residuales tratadas
- Tratamiento de gases de escape.
- Purificar el aire y los gases.
- Decoloración de vino, jugo y vinagre. • Cambia el color del azúcar y el caramelo.
- Máscaras de gas.
- Base desodorante.
- Limpieza de aguas superficiales y de pozo.
- Elimina el ozono del agua potable. • Limpieza de minas, antracita y simazina.
- Desodorantes y productos desodorizantes en la industria alimentaria.
- Decoloración en la industria alimentaria, farmacéutica y química.
- Eliminación de PAHs de aceites vegetales.

- Elimina dioxinas y purifica el aire y las emisiones. • Eliminación de COE y recuperación de disolventes en el tratamiento de aire y gases.
- Eliminación de compuestos inorgánicos por impregnación o carbón catalítico, aprovechando la gran superficie del carbón activado.
- Elimina el cloro libre del agua potable.

### **2.2.9. Calidad de Agua**

Según Carcausto (2017), indica que la calidad del agua debe evaluarse antes de la construcción de un sistema de suministro de agua. El agua en la naturaleza contiene contaminantes que pueden ser físicos, químicos o microbianos y varían según el tipo de fuente. Cuando los contaminantes excedan los límites recomendados, el agua debe ser tratada antes de beber. El agua no será de carácter no potable, salvo que no contenga elementos nocivos para la salud y deba cumplir los siguientes requisitos: (pág. 11)

- No debe contener microorganismos patógenos que puedan causar enfermedades.
- No debe contener compuestos nocivos para la salud.
- Admisible para el consumo, con un color transparente, sabor y olor agradable a los sentidos.

#### **2.2.9.1. Indicadores de Calidad de Agua**

Los indicadores de calidad del agua debido a la cantidad de parámetros relacionados con el agua y el diagnóstico de ubicación complejos se pueden diseñar, se ha diseñado para sintetizar la información proporcionada por estos parámetros.

El índice es válido para permitir comparaciones de calidad en diferentes ubicaciones y momentos y para facilitar la evaluación de la excreción de contaminación y los procesos de autofiltros. El índice indica que incluyen los valores de diferentes parámetros preinstalados que el peso o importancia

relativa se aplica en el indicador total. Para calcular, se disuelven oxígeno disuelto, coliformes de taburete, pH, DBO, nitratos, fosfatos, aumentos de temperatura, turbidez y sólidos totales, estos parámetros se han seleccionado para el caso de los Estados Unidos. Por otro lado, en España, se diseñaron indicadores de calidad con oxígeno disuelto, coliformes, pH, consumo de permanganato de potasio, amonio, cloruro, temperatura, conductividad y detergente.

**Figura 13.** *límites máximos permisibles de parámetros de calidad de agua*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoniaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero  
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**Fuente:** D.S. N° 031-2010-SA. (DIGESA). Reglamento de calidad de agua para consumo humano

### **2.2.9.2. Parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua**

Según Arellano (2011), Los parámetros físicos que declaran la calidad del agua son los que definen las características del agua, como suspensión, turbidez, color, olor y temperatura, y los que responden a la visión, el tacto, el gusto y el olfato. (pág. 27),

#### **2.2.9.2.1. Color**

Según Romero (2005), afirma En el agua se pueden distinguir dos colores: el color verdadero, que es el color de la muestra después de eliminar la turbidez, y el color claro, que incluye no solo el color de las sustancias en solución y coloides, sino también el color de las sustancias en suspensión. El color aparente se determinó en muestras crudas sin previa filtración o centrifugación.

En general, el término color se refiere al color real del agua, generalmente medido en pH porque la intensidad del color depende del pH y, en general, el color aumenta con el pH. (pág. 27)

#### **2.2.9.2.2. Turbiedad**

Según Trigos (2017), describe La turbidez es otro parámetro que mide las propiedades de dispersión de la luz del agua y es otro parámetro que se utiliza para indicar la calidad del agua natural y de las aguas residuales posteriores al tratamiento en relación con las sustancias que quedan en la suspensión. La opacidad se mide comparando la intensidad de la luz dispersada en la muestra a través de una suspensión estándar en las mismas condiciones. El agua debe ser clara, pero una pequeña cantidad de la suspensión puede causar turbidez, lo que generalmente no es dañino para la salud, pero puede ser ofensivo. La turbidez da una idea de los procesos de coagulación, filtración y retención que se realizan para preparar el agua potable. Se determina utilizando un estándar preparado con anhídrido de sílice en agua destilada. (pág. 6).

### **2.2.9.2.3. Potencial de Hidrogeno**

Según Trigos (2017), una expresión común que se considera para medir la concentración de iones de hidrógeno en una solución es el pH, que se define como el logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno. La concentración de iones de hidrógeno generalmente se mide con un medidor de pH. También use soluciones y tiras reactivas que cambien de color a diferentes niveles de pH. El rango de pH adecuado para la mayoría de los organismos biológicos es relativamente estrecho, generalmente de 5 a 9. Las aguas residuales con valores de pH inferiores a 5 y superiores a 9 son difíciles de tratar mediante procesos biológicos. Si el valor de pH de las aguas residuales tratadas no se corrige antes de la descarga, cambiará el valor de pH de la fuente de desechos, por lo que la mayoría de las aguas residuales deben descargarse dentro de un cierto rango de pH. (págs. 6-7).

### **2.2.9.3. Parámetros microbiológicos**

Según Conagua (2013), define que las bacterias son organismos muy pequeños formados por una sola célula, son tan pequeños que solo se pueden ver con un microscopio y, por lo tanto, se incluyen en el término más general de microorganismos. Las células individuales influyen en las funciones de asimilación de alimentos, excreción de desechos, respiración, crecimiento y todas las demás actividades. Muchas bacterias tienen muchas características comúnmente asociadas con el reino animal, mientras que otras están asociadas con el reino vegetal. En cierto sentido, se puede considerar que las bacterias forman un vínculo entre dos organismos. Las bacterias varían en tamaño, forma y función. (pág. 37)

#### **2.2.9.3.1. Características biológicas del agua.**

Según Carcausto (2017), define las características biológicas como: (págs. 24-25).

- Los microorganismos son seres vivos microscópicos
- Califica para un tercer reino conocido como Protista.
- Tamaño medio de los microorganismos
  - Tamaño:  $10^{-6} \text{ m} = 1\mu\text{m}$
  - Peso < 10-12 gr

#### **2.2.9.4. Efectos de la calidad del agua para la salud**

Carcausto (2017), define que el agua está estrechamente relacionada con la vida humana por su uso directo y porque es fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas.

El acceso al agua potable es crítico para la salud pública porque, en caso de contaminación, puede ser un factor importante en la transmisión de enfermedades, afectando a las poblaciones menos protegidas, incluidos los niños. Las enfermedades transmitidas por el agua, especialmente las enfermedades diarreicas, se encuentran entre las principales causas de morbilidad y mortalidad en la mayoría de los países en desarrollo. Los niños pueden contraer estas enfermedades cuando beben agua contaminada al ingerir bacterias que causan enfermedades.

Algunas de las principales causas de la diarrea incluyen heces inadecuadas, saneamiento deficiente y mala calidad del agua potable. Si bien es cierto que estas causas forman parte del contexto de pobreza, también se deben a la falta de educación y a estereotipos culturales inadecuados. Es igualmente importante destacar el alcance y el peso que esta posición

ejerce sobre la calidad de vida de las personas y sobre la economía de la humanidad en su conjunto.

Las poblaciones de escasos recursos económicos debido al limitado acceso a agua de calidad y sistema de disposición final de excretas sufren comúnmente enfermedades como el EDA (enfermedades diarreicas agudas), así como también enfermedades cutáneas, por lo que estos con los causantes de mortandad a nivel mundial de un 26% en niños y ancianos.

El agua puede transmitir enfermedades intestinales, debido a su contacto con desechos humanos o animales, lo cual es la principal fuente de patógenos intestinales: heces y otros desechos producidos por pacientes y animales definidos como huéspedes.

Las principales enfermedades transmitidas por el agua son causadas por: (págs. 12-13)

- **Bacterias:** Shigella, salmonella, escherichia, citrobacter, enterobacter, aerogenes, etc.
- **Virus:** asociados con la hepatitis y el tracto gastrointestinal.
- **Protozoos:** Giardia, Lambia, Antimobe, Histolytica.

### 2.3. Definición de términos

- **PH:** El potencial de hidrógeno es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH indica la concentración de iones hidronio presentes en ciertas sustancias. Da Silva (2013).
- **Turbidez:** Un fenómeno causado por sólidos en suspensión como arena, limo o arcilla que flotan en el agua. La turbidez es la cantidad de luz que estos sólidos en suspensión reflejan, enturbiando o ensuciando el agua. La turbidez se mide en unidades de turbidez. (UNT) Da Silva (2013).



- **Calidad del agua:** Propiedades químicas, físicas y microbiológicas del agua. La calidad del agua utilizada depende de su uso. Rojas (2010).
- **Carbón activo/activado:** El carbón activado es una sustancia que se utiliza para separar los productos químicos nocivos del aire y el agua contaminados. Se compone de partículas de negro de humo, madera, cáscaras de nuez y otros materiales ricos en carbono. (EPA, 2012).
- **Adsorción:** Término utilizado para describir la presencia de una alta concentración de sustancias en la interfase entre un líquido y un sólido. García, Rodríguez, & Gómez, (2013).
- **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos aceptables de los parámetros representativos de la calidad del agua. (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011).
- **Parámetros microbiológicos:** Son indicadores de contaminación y/o patógenos humanos analizados en aguas destinadas al consumo humano. (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011).
- **Sistema de tratamiento de agua:** Componentes hidráulicos, unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; Equipos electromecánicos y métodos de control destinados a producir agua apta para el consumo humano. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud (2011).
- **Carbón activo:** El carbón activado es un material poroso con grandes superficies internas y se utiliza en muchas aplicaciones industriales, como la separación y filtración de líquidos y gases. García, Rodríguez, & Gómez, (2013).

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora positivamente en la calidad de agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora positivamente las propiedades fisicoquímicas de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.
- b) El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora significativamente en los parámetros microbiológicos de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de variable**

#### **a. Lecho filtrante con arena-carbón activado**

Según Sklivaniotis (2018), el lecho filtrante con arena-carbón activado es estructura comúnmente utilizado en el tratamiento de agua para eliminar contaminantes como materiales orgánicos; así mismo, puede eliminar los contaminantes que causan olores, a menudo se utiliza para hacer que el agua potable sea más agradable.

#### **b. Calidad de agua**

Según Bocek (2015), la calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben

cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado. (pág. 6)

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
<b>1: Variable Independiente</b>  Lecho filtrante con arena-carbón activado	Según (Sklivaniotis, 2018) el lecho filtrante con arena-carbón activado es estructura comúnmente utilizado en el tratamiento de agua para eliminar contaminantes como materiales orgánicos; así mismo, puede eliminar los contaminantes que causan olores, a menudo se utiliza para hacer que el agua potable sea más agradable.	El lecho filtrante con arena-carbón activado mejorara positivamente en la calidad de agua de la captación a través de su granulometría, forma de sus granos y dosificación que permitirán una mejora en la calidad de agua.	Granulometría	- Grueso 10 - 40 mm - Medio 4 - 15 mm - Fino 1,5-4 mm	<i>Anexo 15:</i> Ficha de recolección de las dimensiones del lecho filtrante Arena-Carbón activado		X			
			Forma de los granos	- Angulosos - Redondos						
			Dosificación	- 15 cm			X			
			Dimensiones	- Área (m <sup>2</sup> ) - Longitud (m) - Volumen (m <sup>3</sup> ) - Altura (m)			X			
<b>2: Variable Dependiente</b>  Calidad de agua	Según (Bocek, 2015), la calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado.	En la calidad de agua se medirá las propiedades fisicoquímicas, y microbiológicas del agua a través del análisis en su temperatura, turbidez, cantidad de material orgánico presente en el agua, y el ph que este contiene.	Propiedades fisicoquímico	- Turbidez (NTU) - Color (UC) - Potencial de Hidrógeno (pH)	<i>Anexo 14:</i> Ficha de recolección de datos del parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua antes y después del tratamiento		X			
			Propiedades microbiológicas	- Coliformes totales (NMP/100mL) - Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)			X			

### **2.5.3. Operacionalización de la variable**

#### **a. Lecho filtrante con arena-carbón activado**

El lecho filtrante con arena-carbón activado influirá en la calidad de agua de la captación a través de su granulometría, forma de sus granos y dosificación que permitirán una mejora en la calidad de agua.

#### **b. Calidad de agua**

En la calidad de agua se medirá las propiedades físicas y químicas del agua a través del análisis de su temperatura, turbidez, cantidad de material orgánico retenido y cantidad de material inorgánico retenido.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

Según Bravo (2017), es un conjunto de procedimientos, etapas o pasos. Implica hacer preguntas basadas en observaciones y teorías existentes, predecir soluciones a problemas y compararlas en la práctica. (pág. 19)

En la presente tesis, se inició la investigación con la observación directa de los procesos, y el análisis de la aplicación del lecho filtrante con arena-carbón en la captación de agua, para así poder demostrar si se observan mejores resultados a diferencia de un sistema convencional.

Por lo que se aplicó el MÉTODO CIENTÍFICO.

#### **3.2. Tipo de investigación**

Según Castro (2016), La investigación aplicada además de describir conceptos o fenómenos o establecer relaciones entre conceptos, es decir, pretende dar respuesta a hechos y causas de fenómenos físicos o sociales. Su propósito es aplicar el conocimiento científico. El objetivo principal es resolver problemas reales. (pág. 108).

En la investigación, se evaluó de qué manera el lecho filtrante con arena-carbón activado influye en la calidad de agua cuando es aplicado en la estructura.

Por lo que la investigación fue del TIPO APLICADA.

### **3.3. Nivel de investigación**

Según Hernández (2016), el nivel de investigación utilizado será EXPLICATIVO, que es cualquier estudio realizado con un enfoque científico en el que un conjunto de variables se mantiene constante, mientras que el otro se mide como objeto del experimento.

La investigación de tipo explicativa se desarrolló en la tesis con el desarrollo de la metodología del lecho filtrante con arena-carbón activado el cual se estudió y evaluó en cuanto a sus propiedades físicas y químicas in situ; posteriormente con ensayos en el laboratorio.

Por lo que la investigación, se desarrolló a NIVEL EXPLICATIVO.

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación que se utilizó fue del tipo EXPERIMENTAL, de modo que por causa del reemplazo del filtro compuesto por arena-carbón se esperó que se produjera un cambio en el estado situacional de las propiedades físicas y químicas del agua. Es decir hubo un cambio en la variable

### **3.5. Población y muestra**

Para poder definir la muestra y delimitar nuestra población determinamos:

#### **3.5.1. Población**

Según Carrasco (2016), la población “Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) pertenecientes al dominio espacial en el que se ha desarrollado el estudio” (p.15)

La población en esta investigación, fueron todas las quebradas de la localidad de platanillo de shimaki.

### **3.5.2. Muestra**

Según Carrasco (2016), la muestra “Es una parte representativa o una pequeña parte de la población, las características básicas de esa población deben ser objetivas y fielmente reflejadas, de manera que los resultados obtenidos en la muestra se puedan generalizar a todos los factores que componen la población anterior.” (p. 237)

Para la muestra se definió la quebrada de la localidad de Platanillo de Shimaki.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos fue la observación, ya que según Hernández (2016), este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables,

Asimismo, el instrumento utilizado fue la ficha de recolección de datos (Arias González, 2021), en donde se registraron los datos de cada indicador, tal y como se presenta en el Anexo

#### **3.6.1. Ubicación del filtro de carbón activado.**

Según Aqueous (2017), Afirma que la gravedad es la forma más fácil y confiable de mover el agua. Idealmente, el sistema de agua debe estar ubicado en un terreno plano y estable a una altura



más baja que la fuente de agua y por encima de donde se usará el agua tratada. (pág. 3)

Para la investigación se propuso el diseño y construcción del lecho filtrante al lado derecho de la quebrada platanillo de Shimaki, a una altura de 570.100m en las coordenadas Este: 507,843.4251m Norte: 8,823,923.2469m

### **3.6.2. Lista de materiales**

#### **3.6.2.1. Material de escritorio.**

- 30 und. de folder tipo manilla
- 04 millares de papel bond A4
- 04 lapiceros
- 02 archivadores

#### **3.6.2.2. Insumos**

- Viáticos
- Pasajes

#### **3.6.2.3. Materiales para el diseño de lecho filtrante arena – carbón activado**

- Cemento
- Arena
- Fierro corrugado
- Tubería PVC (diámetro variable)
- Válvulas
- Arena fina
- Arena gruesa
- Carbón activado

### **3.7. Procesamiento de la información**

Cada instrumento tuvo el propósito de recolectar datos de cada variable,

En primer instrumento (ver anexo 14) permitió la recolección de datos fisicoquímicos y microbiológicos del agua antes y después del tratamiento

con lechos filtrantes, para la obtención de estos datos se tuvo que realizar pruebas o ensayos en laboratorios certificados, recomendación hecha según Ministerio de Salud, (2010) en su artículo 72, donde se calibraron todos los quipos de laboratorio. Luego se siguieron procedimientos estandarizados, para medir tanto el pH, turbidez, color; Coliformes totales (NMP/100mL), Coliformes termotolerantes (NMP/100mL), tal y como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 6.** *Procedimientos y equipos usados para obtener datos fisicoquímicos*

<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	<b>Equipo</b>
pH	pH	APHA – AWWA – Part 4500H+.B.22 <sup>nd</sup> Ed 2012 pH	Potenciómetro
Color	UC	APHA – AWWA – Part 2120.C.22 <sup>nd</sup> Ed 2012 color	espectrofotómetro
Turbidez	NTC	APHA – AWWA – Part 2130C.B.22 <sup>nd</sup> Ed 2012 color	turbidímetro
Coliformes totales (NMP/100mL)	NMP/100ml	Técnica de Fermentación de Tubos Múltiples para Menores del Grupo Coliforme. Técnica de fermentación de coliformes totales estandarizada (APHA – AWWA – Part 9291.B.C.22 <sup>nd</sup> Ed 2012)	Fermentador
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	NMP/100ml	Técnica de fermentación en tubo múltiple para los miembros del grupo coliforme. Procedimiento de coliformes fecales (APHA – AWWA – Part 9291.B.C.22 <sup>nd</sup> Ed 2012)	Fermentador

**Fuente:** Tomado de la información de los reportes de laboratorio anexo7, 8, 9 y 10

Con respecto al segundo instrumento (ver anexo 15), este se encargo de calcular las dimensiones necesarias para la construcción del lecho filtrante

con arena – carbón activado. Para ello en primer lugar se determinaron datos de diseño del lecho filtrante como: población actual, periodo de diseño, tasa de crecimiento poblacional, población de diseño según la tasa de crecimiento, la dotación y caudal de diseño; todo ello ayudado de normas técnicas oficiales y sectoriales (INEI 2017, RM -192-2018-vivienda).

Los datos anteriores permitieron calcular dimensiones del lecho filtrante como el área unitaria, longitud y ancho, así también se determinaron pérdidas de carga y características granulométricas del carbón activado y arena, por último, también se dimensionaron las compuertas o vertederos de entrada y de salida.

Con todo lo mencionado anteriormente se procedió a la ejecución y construcción del lecho filtrante arena-carbón activo. Para ello en primer lugar se realizó el encofrado con todas las dimensiones mencionadas anteriormente, para de esta manera agregar la arena y carbón activado por capas. Luego se procedió a ingresar el agua estableciendo un tiempo de retención hidráulica que permita la remoción de contaminantes. En cuanto al análisis fisicoquímico y microbiológico cabe resaltar que las muestras se tomaron antes y después de ingresarlos al lecho filtrante. Finalmente estas muestras fueron llevadas al laboratorio.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

**La técnica y análisis utilizada, se recurrió a la comparativa de los datos obtenidos de la investigación, versus los límites máximo permisibles del Decreto Supremo N° 031-2010-SA. (DIGESA). Puesto que se acomoda a este tipo de investigación.**

De tal manera, (Carcausto, 2017), (Reategui y Trigozo, 2020), (Chipile, 2017), y entre otros, que se mencionó en los antecedentes nacionales e internacionales utilizaron este método comparando sus resultados con normativas que establecen parámetros para que el agua sea considerada como consumo humano y así poder contrastar sus hipótesis.

Los datos obtenidos se analizaron en relación a los objetivos planteados, así, como también a las hipótesis contrastadas, es la razón que se recurre al análisis experimental, puesto que se construyó el lecho filtrante (ver anexo 4) para luego someterlo a las pruebas de filtración, por el cual se obtuvo muestras postest y pretest, con el fin de realizar las comparaciones

En la tabla 14, se muestra la comparativa de remoción de propiedades fisicoquímicas entre Lecho Filtrante Con Arena (LFA) y Lecho Filtrante con Arena - Carbón Activado (LFACA), donde se observa que estas propiedades fisicoquímicas con el LFACA, tuvieron resultados dentro de los límites permisibles según D.S. N° 031-2010-SA. (DIGESA), por el cual se contrasta con la hipótesis planteada

La comparación de las propiedades microbiológicas se realizó en la tabla 21, Comparativo de remoción de propiedades microbiológicas entre Lecho Filtrante con ARENA (LFA) y Lecho Filtrante con Arena - Carbón Activado (LFACA), donde se pudo apreciar que el LFACA tuvo mejores resultados, contrastando la hipótesis de manera positiva.

Las fichas de toma de datos que se utilizaron se adjuntan en los anexos 14 y 15, estos datos obtenidos de los ensayos de análisis del agua, tomados del Lecho Filtrante de Arena – Carbón Activado, sirvieron para poder determinar si la estructura cumplía con el rol de poder purificar el agua, es decir, si lograba filtrar los elementos físico químicos y microbiológicos hasta alcanzar los límites máximo permisibles que establece el D.S. N° 031-2010-SA. (DIGESA).

## **CAPÍTULO IV RESULTADOS**

### **4.1. Resultados Respecto al objetivo específico 1:**

Determinar cómo interviene el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en las propiedades fisicoquímicas de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.

#### **4.1.1. Lecho filtrante con arena**

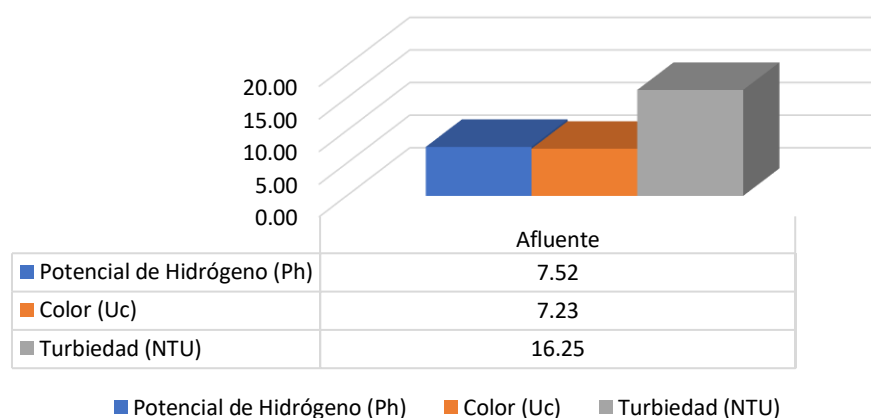
##### **4.1.1.1. Muestras de las propiedades fisicoquímicas sin tratamiento (pretest)**

*Tabla 7. Muestras fisicoquímicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante de con arena*

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS	LMP	MUESTRA: FUENTE DE AGUA QUEBRADA PLATANILLO DE SHIMAKI
1	Potencial de Hidrógeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.52
2	Color	15	7.23
3	Turbiedad	5	16.25

Fuente: Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 003-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 1.** Muestras fisicoquímicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena



Fuente: Elaboración propia del investigador, 2021.

Los datos obtenidos en la tabla 6, representan a las muestras de las propiedades fisicoquímicas del afluente (quebrada), es decir muestra sin tratamiento.

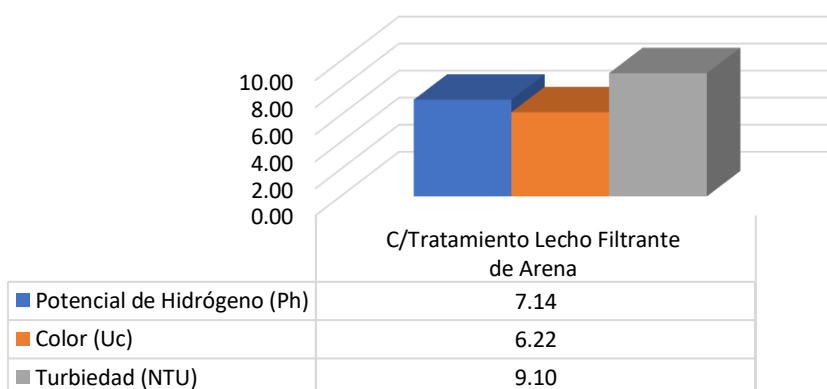
#### 4.1.1.2. Muestras de las propiedades fisicoquímicas con tratamiento (postest)

**Tabla 8.** Muestras fisicoquímicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	MUESTRA: LECHO FILTRANTE CON ARENA
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.14
2	Color	15	6.22
3	Turbiedad	5	9.10

Fuente: Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 012-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 2.** Muestras fisicoquímicas del agua con tratamiento (postest) al lecho con arena



**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Los datos obtenidos en la tabla 7, representa a las muestras de las propiedades fisicoquímicas del lecho filtrante únicamente con arena, es decir muestra con tratamiento.

**Tabla 9.** Cantidad de remoción de propiedades fisicoquímicas con el lecho filtrante con arena

ENSAYOS	LMP	Afluente	Lecho Filtrante con Arena	Cantidad de Remoción
Potencial de Hidrógeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.52	7.14	0.38
Color (Uc)	15	7.23	6.22	1.01
Turbiedad (NTU)	5	16.25	9.10	7.15

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 012-2022-LMAA-DESA HCO)

Los datos obtenidos en la tabla 8, representan la cantidad de remoción de propiedades fisicoquímicas, que el lecho filtrante únicamente con arena ha podido lograr, respecto a la muestra fisicoquímica en la tabla 6.

#### 4.1.2. Lecho Filtrante con Arena – Carbón activado

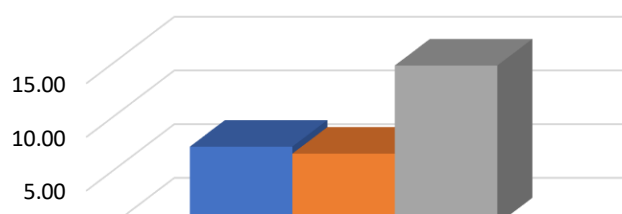
##### 4.1.2.1. Muestras de las propiedades fisicoquímicas sin tratamiento (pretest)

**Tabla 10.** Muestras fisicoquímicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena - carbón activado

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LMP	MUESTRA: FUENTE DE AGUA QUEBRADA PLATANILLO DE SHIMAKI
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.23
2	Color	15	6.58
3	Turbiedad	5	14.79

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 013-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 3.** Muestras fisicoquímicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena - carbón activado



**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Los datos obtenidos en la tabla 9, representan a las muestras de las propiedades fisicoquímicas del afluente (quebrada), es decir muestra sin tratamiento.

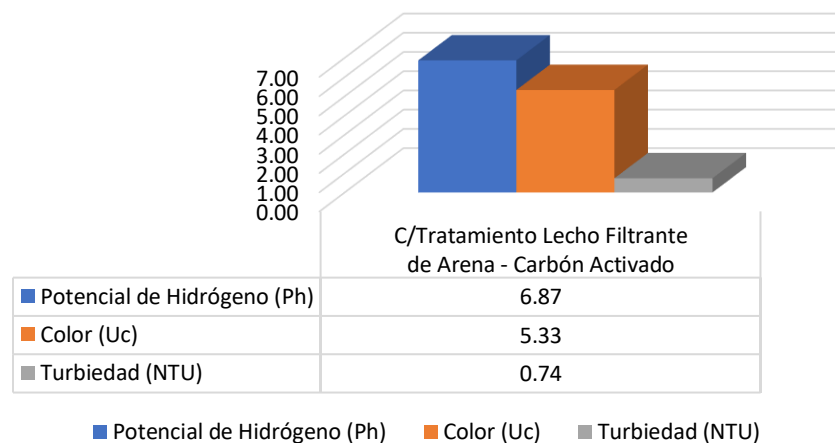
#### 4.1.2.2. Muestras de las propiedades fisicoquímicas con tratamiento (postest)

**Tabla 11.** Muestras fisicoquímicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena - carbón activado

N°	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LMP	MUESTRA: LECHO FILTRANTE DE ARENA - CARBÓN ACTIVADO
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	6.5 a 8.5	6.87
2	Color	15	5.33
3	Turbiedad	5	0.74

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 024-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 4.** Muestras fisicoquímicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena - carbón activado





**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Los datos obtenidos en la tabla 10, representa a las muestras de las propiedades fisicoquímicas del lecho filtrante con arena – carbón activado, es decir muestra con tratamiento.

**Tabla 12.** *Cantidad de remoción de propiedades fisicoquímicas con el lecho filtrante con arena - carbón activado*

ENSAYOS	LMP	Afluente	Lecho Filtrante de Arena – Carbón Activado	Cantidad de Remoción
Potencial de Hidrógeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.23	6.87	0.36
Color (Uc)	15	6.58	5.33	1.25
Turbiedad (NTU)	5	14.79	0.74	14.05

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 012-2022-LMAA-DESA HCO)

Las muestras obtenidas en la tabla 11, representan la cantidad de remoción de propiedades fisicoquímicas que el lecho filtrante con arena-Carbón Activado, ha podido lograr, respecto a la muestra fisicoquímica en la tabla 9

#### 4.1.3. Comparativa de remoción de propiedades fisicoquímicas entre lecho filtrante con arena y lecho filtrante con Arena - Carbón Activado

**Tabla 13.** *Comparativo de remoción de propiedades fisicoquímicas entre lecho filtrante con Arena y lecho filtrante con Arena - Carbón Activado*

DESCRIPCION	ENSAYOS	LMP	PRETEST	POSTEST	Cantidad de Remoción
<b>Lecho filtrante con Arena</b>	<b>Potencial de Hidrógeno (Ph)</b>	<b>6.5 a 8.5</b>	<b>7.52</b>	<b>7.14</b>	<b>0.38</b>
	<b>Color (Uc)</b>	<b>15</b>	<b>7.23</b>	<b>6.22</b>	<b>1.01</b>
	<b>Turbiedad (NTU)</b>	<b>5</b>	<b>16.25</b>	<b>9.10</b>	<b>7.15</b>
<b>Lecho filtrante con Arena - Carbón Activado</b>	<b>Potencial de Hidrógeno (Ph)</b>	<b>6.5 a 8.5</b>	<b>7.23</b>	<b>6.87</b>	<b>0.36</b>
	<b>Color (Uc)</b>	<b>15</b>	<b>6.58</b>	<b>5.33</b>	<b>1.25</b>
	<b>Turbiedad (NTU)</b>	<b>5</b>	<b>14.79</b>	<b>0.74</b>	<b>14.05</b>

Por tanto, se concluye que el lecho filtrante únicamente con arena, no pudo reducir la turbiedad apenas de 16.25 (NTU) a 9.10 (NTU), en cambio el lecho filtrante con

arena-carbón activado, ha tenido mayores valores de remoción, siendo el más notorio dentro de los parámetros fisicoquímicos el valor de Turbiedad (NTU), reduciendo de 14.79 NTU a 0.74 NTU. Poniendo a este valor dentro de los límites permisibles establecidos en Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA

#### 4.2. Resultados Respecto al objetivo específico 2:

Determinar cómo interviene el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en los parámetros microbiológicos de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.

##### 4.2.1. Lecho filtrante con arena

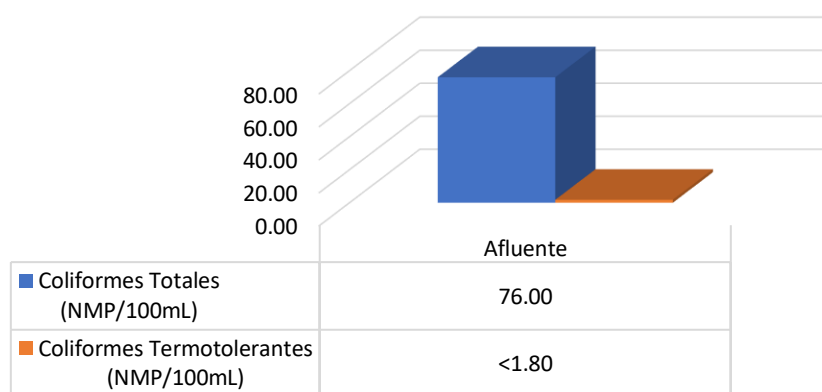
##### 4.2.1.1. Muestras de los parámetros microbiológicos sin tratamiento (pretest)

**Tabla 14.** Muestras microbiológicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena

N°	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LMP	MUESTRA: FUENTE DE AGUA QUEBRADA PLATANILLO DE SHIMAKI
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	76
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	< 1.80

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 003-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 5.** Muestras microbiológicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena



■ Coliformes Totales (NMP/100mL) ■ Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)

**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Los datos obtenidos en la tabla 13, representan a las muestras de los parámetros microbiológicos del afluente (quebrada), es decir muestra sin tratamiento.

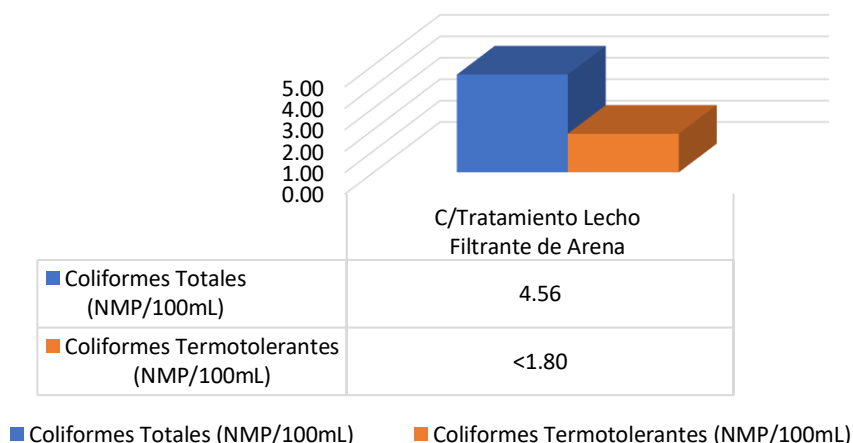
#### 4.2.1.2. Muestras de los parámetros microbiológicos con tratamiento (postest).

**Tabla 15.** Muestras microbiológicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS	LMP	MUESTRA: LECHO FILTRANTE DE ARENA
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	4.56
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	< 1.80

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 012-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 6.** Muestras microbiológicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena



**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Los datos obtenidos en la tabla 14, representa a las muestras de los parámetros microbiológicos del lecho filtrante únicamente con arena, es decir muestra con tratamiento.

**Tabla 16.** Cantidad de remoción de parámetros microbiológicos al lecho filtrante con arena

ENSAYOS	LMP	Afluente	C/Tratamiento Lecho Filtrante de Arena	Cantidad de Remoción
Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	76.00	<1.50	74.50
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	<1.80	<1.80	<1.80

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 012-2022-LMAA-DESA HCO)

Los datos obtenidos en la tabla 15, representan la cantidad de remoción de parámetros microbiológicos que el lecho filtrante únicamente con arena, ha podido lograr respecto a la muestra fisicoquímica en la tabla 12.

#### 4.2.2. Lecho Filtrante con Arena – Carbón activado

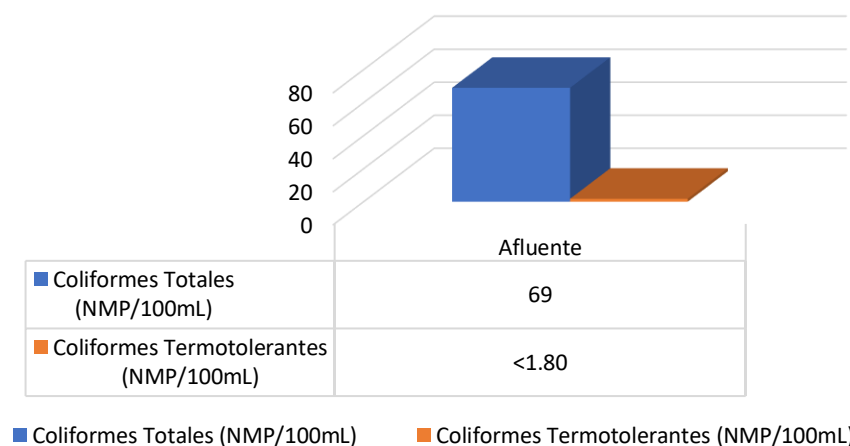
##### 4.2.2.1. Muestras de los parámetros microbiológicos sin tratamiento (pretest)

**Tabla 17.** Muestras microbiológicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena - carbón activado

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	MUESTRA: FUENTE DE AGUA QUEBRADA PLATANILLO DE SHIMAKI
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	69
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	< 1.80

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 013-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 7.** Muestras microbiológicas del agua sin tratamiento (pretest) al lecho filtrante con arena - carbón activado



**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Los datos obtenidos en la tabla 16, representan a las muestras de los parámetros microbiológicos del afluente (quebrada), es decir muestra sin tratamiento.

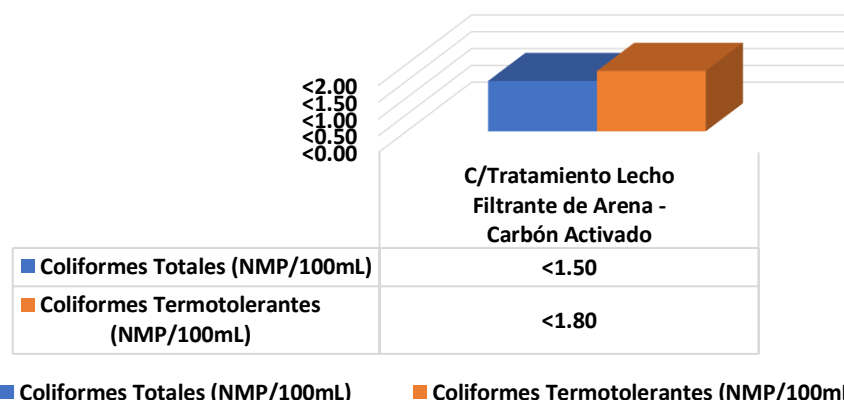
#### 4.2.2.1. Muestras de los parámetros microbiológicos con tratamiento (postest).

**Tabla 18.** Muestras microbiológicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena - carbón activado

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LMP	MUESTRA: LECHO FILTRANTE DE ARENA - CARBÓN ACTIVADO
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	<1.5
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	<1.8

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 012-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 8.** Muestras microbiológicas del agua con tratamiento (postest) al lecho filtrante con arena - carbón activado



**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Los datos obtenidos en la tabla 17, representa a las muestras de los parámetros microbiológicos del lecho filtrante con arena - carbón activado, es decir muestra con tratamiento.

**Tabla 19.** Cantidad de remoción de parámetros microbiológicos de lecho filtrante con arena - carbón activado

ENSAYOS	LMP	Afluente	C/Tratamiento Lecho Filtrante de Arena-Carbón Activado	Cantidad de Remoción
Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	69	<1.50	67.5
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	<1.80	<1.80	<1.80

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 013-2022-LMAA-DESA HCO)

Los datos obtenidos en la tabla 18, representan la cantidad de remoción de parámetros microbiológicos que el lecho filtrante con arena-carbón activado, ha podido lograr respecto a la muestra fisicoquímica en la tabla 15.

#### 4.2.3. Comparativa de remoción de propiedades microbiológicas entre lecho filtrante con arena y lecho filtrante con Arena - Carbón Activado

**Tabla 20.** Comparativo de remoción de propiedades microbiológicas entre lecho filtrante con Arena y lecho filtrante con Arena - Carbón Activado

DESCRIPCION	ENSAYOS	LMP	PRETEST	POSTEST	Cantidad de Remoción
Lecho filtrante con Arena	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	76.00	4.56	71.44
	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	<1.80	<1.80	<1.80
Lecho filtrante con Arena - Carbón Activado	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	69.00	<1.50	67.5
	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	<1.80	<1.80	<1.80

Finalmente podemos señalar que, el lecho filtrante con arena, no logro reducir los Coliformes Totales apenas reduciendo de 76 (NMP/100mL) a 4.56 (NMP/100mL), por lo que este valor no se encuentra dentro del límite máximo permisible.

Cambio el lecho filtrante con arena-carbón activado, ha tenido resultados positivos en la remoción de parámetros microbiológicos, para el caso de Coliformes Totales

pudo reducir de 69 (NMP/100mL) a <1.50 (NMP/100mL), poniendo este parámetro dentro de los límites máximos permisibles.

#### **4.3. Resultados Respecto al objetivo general:**

Determinar de qué manera mejora el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en la calidad de agua de la localidad de Platanillo de Shimaki

##### **4.3.1. Datos generales para diseño de lecho filtrante Arena – Carbón activado.**

###### **4.3.1.1. Determinación de población actual.**

Se realizaron trabajos de empadronamiento social, con lo cual se contabilizó una población de 215 hab para la localidad de platanillo de shimaki.

###### **4.3.1.2. Determinación de periodo de diseño.**

De acuerdo a las recomendaciones en la RM-2018-vivienda, se tomó el periodo de diseño de 20 años, planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP).

###### **4.3.1.3. Determinación de la tasa de crecimiento.**

Para la determinación de la tasa de crecimiento, se realizó según la recomendación en la resolución ministerial 192-2018-vivienda.

Lo que se obtuvo los siguientes datos:

*Tabla 21. Determinación de la tasa de crecimiento por el método geométrico*

FUENTE DE DATOS	CENSO 1993	CENSO 2007	CENSO 2017	TASA CRECIMIENTO (CENSO 1993/2007)	TASA CRECIMIENTO (CENSO 2007/2017)	TASA CRECIMIENTO (CENSO 1993/2017)
LOCALIDAD PLATANILLO						
DISTRITO PUERTO BERMUDEZ	17,609.00	11,321.00	1,228.00	-3.11%	-19.92%	-10.50%
PROVINCIA OXAPAMPA	41,529.00	51,124.00	24,649.00	1.50%	-7.04%	-2.15%
REGIÓN PASCO	92,912.00	106,856.00	345,615.00	1.00%	12.46%	5.63%

**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Para el caso de la localidad de platanillo de shimaki, no se tuvo datos censales, por lo que se toma la consideración, de la tasa de otra población cercana o crecimiento distrital, por lo que se obtuvo datos censales de los años 1993,2003, y 2017. A nivel del distrito de Puerto Bermúdez, por lo que se obtuvo datos negativos, y finalmente se adopta la tasa de crecimiento de **0.00%**

#### 4.3.1.4. Determinación de población de diseño

Para la determinación de población de diseño se tiene los siguientes datos:

- Población inicial: 215 habitantes
- Periodo de diseño: 20 años
- Tasa de crecimiento: 0.00%

De acuerdo a la RM-2018-vivienda, Como año cero del proyecto se considera la fecha de inicio.

Es decir, se toma como año 0 este presente año **2022**, por lo que se proyecta un crecimiento poblacional hasta el año **2042**. Debido a que se tiene una tasa de crecimiento **0.00%**, la población futura no varía en función a la población inicial.

**Tabla 22.** Cantidad de habitantes en un periodo de 20 años

DESCRIPCIÓN	2022	2042
cantidad de habitantes en la localidad de platanillo de shimaki	215	215



Fuente: Elaboración propia del investigador, 2021.

#### 4.3.1.5. Determinación de dotación.

La localidad de platanillo de shimaki, tendrá sistema de arrastre hidráulico de tipo tanque séptico mejorado (biodigestores), a su vez esta localidad se encuentra en la zona selva del litoral peruano.

Es por ello que la dotación de agua que se consideró fue de 100 l/hab.d, debido al tipo de tecnología, y región.

Tabla 23. Cantidad de habitantes en un periodo de 20 años

REGIÓN	CON ARRASTRE HIDRÁULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
SELVA	100

Fuente: RM-192-2018-vivienda.

#### 4.3.1.6. Determinación del caudal.

Para la determinación del caudal promedio usamos la fórmula

$$Q_p = \frac{Dot * P_d}{86400}$$

Determinando el caudal promedio de  $Q_p=0.25$  litros/segundo

Para el cálculo de lecho filtrante se requiere del caudal máximo diario, como se determinó utilizar el valor de  $K1=1.3$

Por lo tanto, el caudal máximo diario:

$$Q_{md}=0.25 \times 1.3 = 0.32 \text{ litros/segundo.}$$

#### 4.3.2. Dimensionamiento del lecho filtrante de Arena – Carbón activado

Cabe mencionar que tomaremos consideraciones previas de diseño de la resolución ministerial RM-192-2018-vivienda

##### 4.3.2.1. Determinación del área unitaria

Aplicaremos la fórmula  $A_f = \frac{Q_{md}}{N * V_f}$

Realizamos la conversión del caudal máximo día de metros cúbicos sobre segundos a metros cúbicos por hora.

$$Q_{md} = 0.00032 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 \text{ s} = 1.17 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se diseñará para dos unidades. Por lo tanto, el valor de  $N=2$   
Und

El valor de velocidad de infiltración será de 0.30m/h, de acuerdo a los criterios de diseño según la RM-192-2018-vivienda.

Lo cual tenemos  $A_f = \frac{1.17}{1*0.3} = 3.88 \text{ m}^2$

#### 4.3.2.2. Determinación de longitud y ancho del lecho filtrante Arena - Carbón activado.

Determinaremos el valor del coeficiente K, con la siguiente fórmula.

$$k = \frac{2*N}{N+1} \quad k = \frac{2*1}{1+2} = 1$$

Teniendo el valor de K, calculamos la longitud requerida.

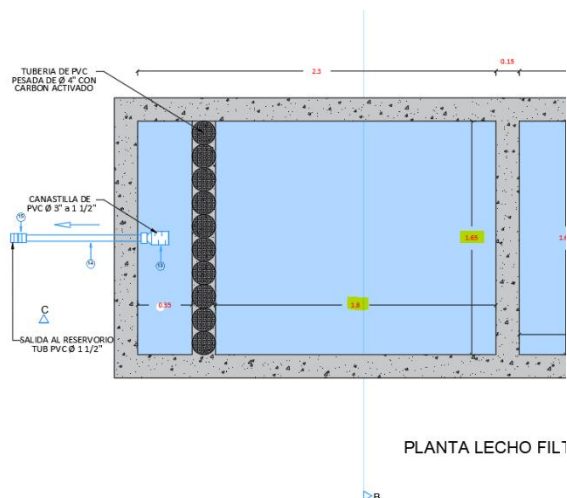
$$L = \sqrt{3.88 * 1} = 1.77\text{m} \sim 1.80\text{m}$$

Por lo tanto, la longitud del lecho filtrante será de: **1.80m** para cada unidad

$$b = \sqrt{\frac{3.88}{1.00}} = 1.45\text{m} \sim \mathbf{1.50\text{m}}$$

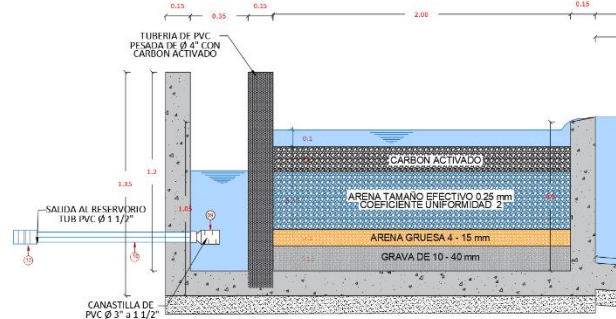
Por lo tanto, las dimensiones del lecho filtrante serán de: **2.00m x 1.50m**

**Figura 14.** Vista en planta de longitud y ancho de lecho filtrante Arena – carbón activado



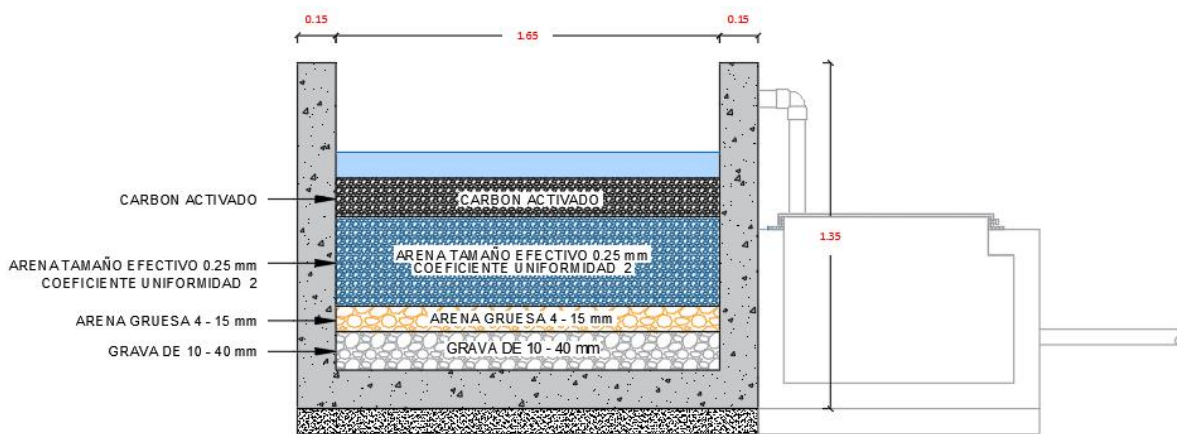
Fuente: Elaboración propia del investigador, 2021.

Figura 15. Vista en perfil de la longitud de lecho filtrante Arena – Carbón Activado



Fuente: Elaboración propia del investigador, 2021.

Figura 16. Vista en perfil del ancho de lecho filtrante Arena – Carbón Activado



Fuente: Elaboración propia del investigador, 2022.

#### 4.3.2.3. Determinación de las pérdidas de carga

Para el cálculo de las pérdidas de carga, propondremos las características recomendadas en la resolución ministerial 192-2018-vivienda.

Tabla 24. Parámetros mínimos recomendados por la RM-192-2018-vivienda

PARÁMETROS		CANTIDAD	UNIDAD
Diámetro efectivo	D10	1.50	mm
Coefficiente de uniformidad	CU	2.00	

<i>Profundidad inicial el lecho de arena</i>	<i>Ho</i>	0.10	<i>m</i>
<i>Profundidad mínima del lecho de arena</i>	<i>Hf</i>	0.35	<i>m</i>
<i>Profundidad de Carbón activado</i>	<i>Hca</i>	0.15	<i>m</i>
<i>Espesor removido en el raspado</i>	<i>R</i>	0.02	<i>m</i>
<i>Frecuencia de raspado</i>	<i>f</i>	6.00	<i>veces</i>
<i>Años de operación</i>	<i>Y</i>	4	<i>años</i>

**Fuente:** RM-192-2018-vivienda.

Así mismo propondremos las siguientes características granulométricas, de la arena y carbón activado.

**Tabla 25.** *Diámetros hidráulicos de las capas de grava, arena y carbón activado*

<b>PARÁMETROS</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
<i>Coefficiente de uniformidad</i>	<i>CU</i>	1.50	
<i>Diámetro de grava en capa de soporte 1</i>	-	1.50	<i>mm</i>
<i>Diámetro de grava en capa de soporte 2</i>	-	4.00	<i>mm</i>
<i>Diámetro de grava en capa de soporte 3</i>	-	10.00	<i>mm</i>
<i>Diámetro de carbón activado en capa de soporte 4</i>	-	0.25	<i>mm</i>
<i>Altura de capa de soporte 1</i>	<i>Hg1</i>	0.05	<i>m</i>
<i>Altura de capa de soporte 2</i>	<i>Hg2</i>	0.05	<i>m</i>
<i>Altura de capa de soporte 3</i>	<i>Hg3</i>	0.10	<i>m</i>

**Fuente:** RM-192-2018-vivienda

**Tabla 26.** *Pérdida de carga en Arena – Carbón Activado*

<b>MATERIAL</b>	<b>COEFICIENTE UNIFORMIDAD</b>	<b>FACT. FORMA</b>	<b>POROSIDAD</b>	<b>u</b>
Lecho Filtrante Carbón Activado	2.00	0.75	0.40	1.510
Capa de soporte 1	1.50	0.90	0.38	1.278
Capa de soporte 2	1.50	0.90	0.38	1.278
Capa de soporte 3	1.50	0.90	0.38	1.278

**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

**Tabla 27.** *Pérdida de carga en Arena – Carbón Activado*

<b>PARÁMETROS</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
<i>Pérdida de carga en carbón activado 0.25 mm</i>	<i>Hfa</i>	0.00181	<i>m</i>
<i>Pérdida de carga en capa de grava 0.25 mm</i>	<i>Hfg1</i>	0.00014	<i>m</i>

<i>Pérdida de carga en capa de grava 4 mm</i>	<i>Hfg2</i>	<i>0.00002</i>	<i>m</i>
<i>Pérdida de carga en capa de grava 10 mm</i>	<i>Hfg3</i>	<i>0.00001</i>	<i>m</i>
<i>Pérdida de carga total en la grava</i>	<i>Hfgtotal</i>	<i>0.00016</i>	<i>m</i>
<b><i>Pérdida de carga total en arena, grava, y carbón activado</i></b>	<b><i>Hftotal</i></b>	<b><i>0.00197</i></b>	<b><i>m</i></b>

**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

#### 4.3.2.4. Determinación de la compuerta de entrada

Para la determinación de la compuerta de entrada, así como también se puede definir como vertedero de entrada se usará la fórmula

$$h_{f1} = k \frac{V^2}{2g} \quad V = \frac{V_f * A_f}{A_c}$$

$$V = \frac{0.30 * 3.84}{0.5} = 2.30m$$

$$h_{f1} = 1 * \frac{2.30}{2 * 9.81} = 0.0015m \sim \mathbf{0.20cm}$$

#### 4.3.2.5. Determinación de compuerta de salida

Para la determinación de la compuerta de salida, así como también se puede definir como ventana de salida se usará la fórmula

$$h_{f2} = \left( \frac{Q_d}{1.84 * L_v} \right)^{2/3}$$

$$h_{f2} = \left( \frac{0.32}{1.84 * 0.8} \right)^{2/3} = 0.0017m \sim \mathbf{0.20cm}$$

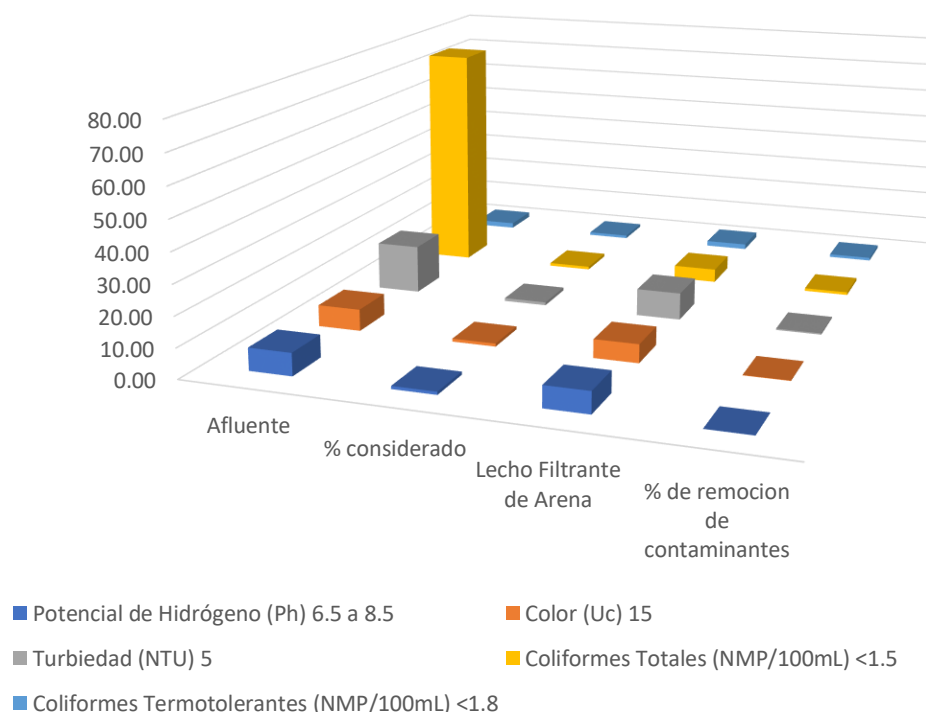
### 4.3.3. Lecho filtrante con Arena

**Tabla 28.** porcentaje de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos – lecho filtrante de arena

ENSAYOS	LMP	Afluente	Lecho Filtrante de Arena	% de remoción de contaminantes
Potencial de Hidrógeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.52	7.14	5%
Color (Uc)	15	7.23	6.22	14%
Turbiedad (NTU)	5	16.25	9.10	44%
Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	76.00	4.56	94%
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	<1.80	<1.80	100%

**Fuente:** Laboratorio regional de salud pública – DIRESA-HCO (REG.: 003-2022-LMAA-DESA HCO)

**Gráfico 9.** porcentaje de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos – lecho filtrante con arena.



**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Representación gráfica de la remoción, de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de lecho filtrante con arena teniendo la mayor remoción en la turbiedad en un 44% a comparación del afluente

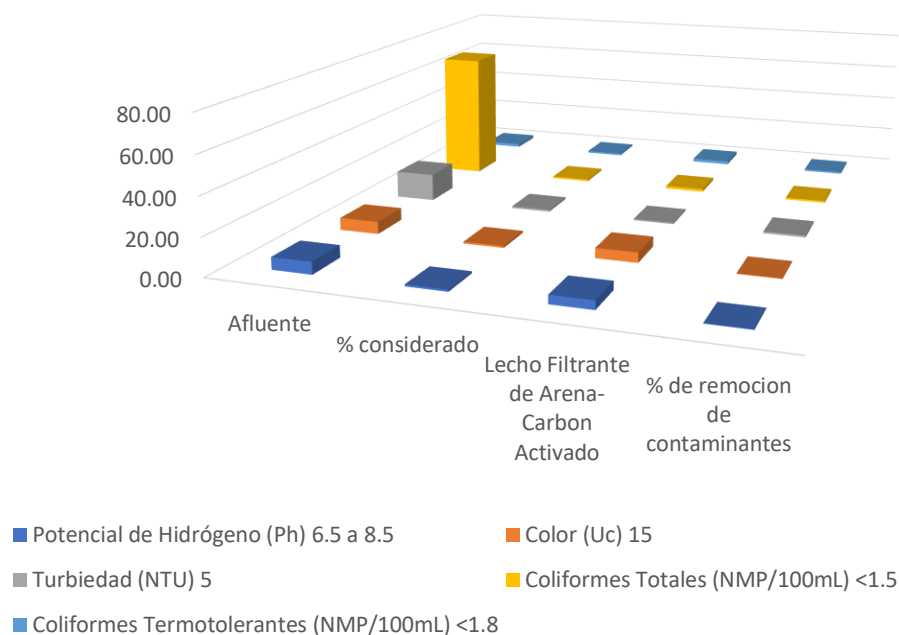
#### 4.3.4. Lecho filtrante con Arena – Carbón activado

**Tabla 29.** porcentaje de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos lecho filtrante con arena – Carbón activado

ENSAYOS	LMP	Afluente	Lecho Filtrante de Arena-Carbón Activado	% de remoción de contaminantes
Potencial de Hidrógeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.23	6.87	5%
Color (Uc)	15	6.58	5.33	19%
Turbiedad (NTU)	5	14.79	0.74	95%
Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	69.16	<1.50	100%
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	<1.80	<1.80	100%

**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

**Gráfico 10.** porcentaje de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos lecho filtrante de arena – carbón activado.



**Fuente:** Elaboración propia del investigador, 2021.

Representación gráfica de la remoción, de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de lecho filtrante con arena – carbón activado teniendo la mayor remoción en la turbiedad en un 95% a comparación del afluente, a su vez ha tenido mejor desempeño respecto a la remoción de los contaminantes

#### **4.4. Prueba de Hipótesis**

##### **4.4.1. Prueba de Hipótesis Especifica 1**

Se ha notado que, el lecho filtrante con Arena - Carbón Activado, ha tenido un mejor desempeño como se aprecia en la tabla 14, lo cual redujo de 7.23ph a 6.87ph, del mismo modo se pudo reducir el valor del color de 6.58 UC a 5.33 UC, y así como también en la turbiedad redujo su valor considerablemente de 14.79 NTU a 0.74 NTU. Lo cual estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según el Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Por lo que se contrasta la hipótesis especifica 1, que el lecho filtrante con Arena - Carbón Activado mejora positivamente las propiedades fisicoquímicas, en la calidad del agua de la localidad de platanillo de shimaki, debido que reduce estas propiedades a rangos dentro de los límites máximos permisibles.



#### **4.4.2. Prueba de Hipótesis Especifica 2**

Se corrobora en la tabla 21, que el lecho filtrante con Arena Carbón-Activado, ha tenido un mejor resultado de remoción para los parámetros microbiológicos reduciendo los coliformes totales de 69 (NMP/100mL) a <1.50 (NMP/100mL), para el caso de los coliformes termotolerantes tanto como en la muestra pretest y postest, se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles.

Por los datos obtenidos y la contrastación de la hipótesis específica 2, se determina que el agua tratada con carbón activado, influye considerablemente en la calidad de agua, respecto a los parámetros microbiológicos.

#### **4.4.3. Prueba de Hipótesis General**

Se puede apreciar en las comparativas en las tablas en 29 y 30. El lecho filtrante con Arena - Carbón Activado logró reducir el potencial de hidrógeno (ph) hasta un 5% respecto a la muestra tomada en el afluente. Del mismo modo el valor del color (Uc), se pudo reducir en un 19% respecto a la muestra tomada del afluente. La turbiedad se pudo reducir en un 95% respecto a la muestra del afluente. Para el parámetro microbiológico de Coliformes totales (NMP/100mL), se pudo reducir en un 100%, poniendo a este parámetro dentro de los límites máximos permisibles, con respecto a los coliformes Termotolerantes (NMP/100mL), no se encontraron tanto en las muestras pretest y postest.

Por los datos argumentados se define que el lecho filtrante con Arena – Carbón Activado tuvo una mayor eficiencia de remoción, respecto del lecho filtrante únicamente con arena.

## **CAPITULO V DISCUSION DE RESULTADOS**

En el presente trabajo de investigación la cual tuvo como finalidad determinar la influencia del lecho filtrante Arena - Carbón activado en la calidad de agua de la localidad de platanillo de shimaki.

### **5.1. Discusión de resultados respecto a la hipótesis específica 1:**

**El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora positivamente las propiedades fisicoquímicas de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki,** se ha notado que el lecho filtrante con arena logró reducir los valores de Ph y color dentro de los límites máximos permisibles pero el parámetro de turbiedad no pudo reducir dentro de los límites máximos permisibles como se aprecia en la tabla 14.

En cambio, el lecho filtrante con Arena - Carbón Activado, ha tenido un mejor desempeño como se aprecia en la tabla 14, lo cual redujo de 7.23ph a 6.87ph, del mismo modo se pudo reducir el valor del color de 6.58 UC a 5.33 UC, y así como también en la turbiedad redujo su valor considerablemente de 14.7 9 NTU a 0.74 NTU. Lo cual estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según el

Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. **De acuerdo a los resultados obtenidos de la investigación de** (Reategui y Trigozo, 2020), en su tesis titulada “Diseño de un sistema colector con filtro de carbón activado para la potabilización del agua de lluvia en viviendas” en dicha investigación las **propiedades fisicoquímicas** se evaluaron también de acuerdo al Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, donde establece el valor de 7.02 ph, como dentro de lo permisible Reategui y Trigozo (2020), no considera los parámetros fisicoquímicos de turbiedad, y color, debido que sus muestras son agua de lluvia.

Del mismo modo Chipile (2017), en su tesis titulada “carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable”, establece en su investigación los siguientes valores de parámetros fisicoquímicos como aptas para consumo humano 6.87 Ph, 4.74 Turbiedad, y finalmente para Color establecido <LCM, es decir por debajo de <6.5.

Respecto a Trigos (2017), en su tesis titulada “Calidad bacteriológica y físico - química del agua de consumo humano del centro poblado de alto puno” determina como agua para consumo humano los siguientes valores, 7.86 ph, lo cual se encuentra dentro del límite permisible, en cambio los coliformes Totales 5.44. lo cual menciona que el agua obtenida no es apta para consumo humano.

Finalmente, se contrasta la **hipótesis específica 1**, que el lecho filtrante con Arena - Carbón Activado mejora positivamente las propiedades fisicoquímicas, en la calidad del agua de la localidad de platanillo de

shimaki, debido que reduce estas propiedades a rangos dentro de los límites permisibles.

## **5.2. Discusión de resultados respecto a la hipótesis específica 2:**

**El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora significativamente en los parámetros microbiológicos de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki,** respecto a la hipótesis específica 2 se ha logrado corroborar en la tabla 21, que el lecho filtrante con arena carbón activado, ha tenido un mejor resultado de remoción para los parámetros microbiológicos reduciendo los coliformes totales de 69 (NMP/100mL) a <1.50 (NMP/100mL), para el caso de los coliformes termotolerantes tanto como en la muestra pretest y postest, se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles.

Respecto a Chipile (2017), en su tesis titulada “Carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable”, define que los valores de parámetros microbiológicos, como Coliformes Totales <1.5, y los coliformes termotolerantes <1.8, menores a los límites máximos permisibles, son aptas para consumo humano.

Respecto a Chiclote (2018), en su tesis titulada “Mejora de la calidad del agua del río cumbe empleando filtro de carbón activado”, concluye en su investigación que el agua tratada con carbón activo granular, cumple con las propiedades físico químicas, reduciendo los Coliformes Totales a la semana 3 de  $9.2 \times 10^3$  a  $0.94 \times 10^2$ , así mismo los Coliformes Termotolerantes de  $4.6 \times 10$  a 9.2.

Por los datos obtenidos y la contrastación de la **hipótesis específica 2** y con otros autores que determinan que el agua tratada con carbón activado, influye considerablemente en la calidad de agua, respecto a los parámetros microbiológicos.

### **5.3. Discusión de resultados respecto a la hipótesis General**

**El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora positivamente en la calidad de agua en la localidad de Platanillo de Shimaki**, se ha logrado corroborar que el lecho filtrante con arena carbón activado, ha tenido mejores resultados de remoción obteniendo los porcentajes más altos respecto a lecho filtrante únicamente con arena como se puede apreciar en las comparativas en las tablas en 29 y 30.

El lecho filtrante con Arena - Carbón Activado logró reducir el potencial de hidrógeno (ph) hasta un 5% respecto a la muestra tomada en el afluente. Del mismo modo el valor del color (Uc), se pudo reducir en un 19% respecto a la muestra tomada del afluente.

La turbiedad se pudo reducir en un 95% respecto a la muestra del afluente. Para el parámetro microbiológico de Coliformes totales (NMP/100mL), se pudo reducir en un 100%, poniendo a este parámetro dentro de los límites máximos permisibles, con respecto a los coliformes Termotolerantes (NMP/100mL), no se encontraron tanto en las muestras pretest y postest.

Respecto a Reategui y Trigozo (2020), en su tesis titulada “Diseño de un sistema colector con filtro de carbón activado para la potabilización del

agua de lluvia en viviendas” en dicha investigación, propone un filtro con carbón activado, concluyendo que se llegó a obtener un diseño optimo en la filtración.

Respecto Carcausto (2017), en su tesis titulada “Purificación de aguas subterráneas por medio de filtros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Thunco - Puno” en dicha investigación, propone un filtro lento de arena, concluyendo que el filtro lento de arena pudo reducir los valores del Ph, alcalinidad, dureza total, solidos totales disueltos y conductividad eléctrica, a valores menores de los límites máximos permisibles. Sin embargo (Carcausto, 2017), no realizó pruebas con color, así como también con Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes. El lecho filtrante con Arena-Carbón activado, influye positivamente en la calidad del agua como se muestra en las tablas 29 y 30, porcentajes de remoción, verificando que, en el Ph, el lecho filtrante con Arena-Carbón activado tuvo más eficiencia del 5%, en comparación al lecho filtrante de arena, del mismo modo en el parámetro de Color, tuvo una eficiencia del 5%, para el caso de Turbiedad la eficiencia fue del 51%, siendo ésta la más resaltante dentro de los parámetros fisicoquímicos.

Dentro de los parámetros microbiológicos el lecho filtrante con Arena - Carbón Activado, también tuvo mayor eficiencia, así como se muestra en las tablas 29 y 30. Teniendo una eficiencia en los Coliformes Totales de un 6% más respecto al lecho filtrante únicamente con arena, para el caso de los Coliformes Termotolerantes se mantuvieron por debajo del límite permisible, tanto en las muestras pretest y postest.

Por los datos argumentados se define que el lecho filtrante con Arena – Carbón Activado tuvo una eficiencia del 5%, en la calidad del agua, respecto del lecho filtrante con únicamente con arena.

## **CONCLUSIONES**

1. Por tanto, se concluye que el lecho filtrante únicamente con arena, no pudo reducir la turbiedad apenas de 16.25 (NTU) a 9.10 (NTU), en cambio el lecho filtrante con arena-carbón activado, ha tenido mayores valores de remoción, siendo el más notorio dentro de los parámetros fisicoquímicos el valor de Turbiedad (NTU), reduciendo de 14.79 NTU a 0.74 NTU. Poniendo a este valor dentro de los límites permisibles establecidos en Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.
2. Del mismo modo el lecho filtrante con Arena Carbón – Activado, ha tenido resultados favorables en los parámetros microbiológicos, siendo el caso de Coliformes Totales (NMP/100mL) reduciendo considerablemente de 69 (NMP/100mL) a <1.5 (NMP/100mL), logrando reducir el valor por debajo del límite máximo permisible. Cambio el lecho filtrante con arena, no logro reducir los Coliformes Totales apenas reduciendo de 76 (NMP/100mL) a 4.56 (NMP/100mL), por lo que este valor no se encuentra dentro del límite máximo permisible. Para el caso de los Coliformes Termotolerantes, no se encontraron en las muestras pretest, así como también en las postest.

3. El lecho filtrante con Arena-Carbón activado, influye positivamente en la calidad del agua como se muestra en las tablas 27 y 28, porcentajes de remoción, en comparación al lecho filtrante de arena, donde tuvo una eficiencia del 5%, dentro del parámetro de Color, para el caso de Turbiedad la eficiencia fue del 51%, siendo ésta la más resaltante dentro de los parámetros fisicoquímicos.

Dentro de los parámetros microbiológicos el lecho filtrante con Arena - Carbón Activado, también tuvo mayor eficiencia, así como se muestra en las tablas 27 y 28. Teniendo una eficiencia en los Coliformes Totales de un 3.8% más respecto al lecho filtrante únicamente con arena, para el caso de los Coliformes Termotolerantes se mantuvieron por debajo del límite permisible, tanto en las muestras pretest y postest.

Por los datos argumentados se define que el lecho filtrante con Arena – Carbón Activado mejora positivamente la calidad del agua.



## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda la implementación de mayor espesor de carbón activado para verificar, si, a mayor cantidad la eficiencia en la purificación en mucho mejor
2. Se recomiendo realizar posteriores investigaciones para localidades de mayor población, y otras condiciones de agua, puesto que las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua varían de acuerdo a altitud, clima, topografía, tipo de suelo entre otros.
3. Del mismo modo se recomienda implementar dos lechos filtrantes para intercalar los tiempos de uso y mantenimiento.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ÁLVAREZ, C.** Metodología de la Investigación quinta edición. s.l. : alphaeditorial, 2020.
- ARELLANO, J.** Introducción a la Ingeniería Ambiental. Mexico.: Grupo Editores Alfa Omega S.A. 2011. 124pp.
- ARIAS GONZÁLES, J. L. COVINOS GALLARDO, Mitsuo.** Diseño y metodología de la investigación. 2021.
- RUEDA, M., VELASCO, L. VEGA S,** Evaluación de la eficiencia de los sistemas de filtración en múltiples etapas FiME en unidades de concreto y plástico en la Hacienda Majavita. El Centauro, 5(8), 77–87. 2013, Recuperado de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/centauro/article/view/2379>
- BAREÑO, MORENO.** Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima. Especialización en Gerencia Ambiental, Universidad Libre. Bogotá : s.n., 2016. Tesis de Posgrado. 68pp.
- BOCEK, A.** Introducción a la captación del agua. USA : international Center for AquacultureSwingle Hall, 2015. Auburn University, Alabama 36849 - 5419 USA. 11pp
- BRAVO, R.** Ciencias sociales, epistemología, lógica y metodología. Madrid : Paraninfo, 2017. 308pp.
- CARCAUSTO, C.** Purificación de aguas subterráneas por medio de fitros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Thunco-Puno. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno : s.n., 2017. Tesis de Posgrado. 95pp.

- CARRASCO, S.** Metodología de la Investigación. 2016. Recuperado a partir de [https://www.academia.edu/26909781/Metodologia\\_de\\_La\\_Investigacion\\_Cientifica\\_Carrasco\\_Diaz\\_1\\_](https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_). 239pp.
- CASTRO, E.** Teoría y práctica de la investigación científica. 2016.
- CHICLOTE, Y.** Mejora de la calidad del agua del río cumbe empleando filtro de carbón activado. Cajamarca : s.n., 2018. Tesis de titulación. 90pp.
- CHIPILE, D.** carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable. Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2017. Tesis de titulación, 107pp
- CONAGUA.** Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón. Mexico : Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2013. C. P. 14210, Tlalpan, México, D. F.
- CORREA, J.** Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración de agua clarificada del Río Cauca. Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad del Valle. Santiago de Cali : s.n., 2016. Tesis de Pregrado.
- DIEGO, A., JOSÉ, P.** filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de fla (filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región. 2011. Tesis de titulación
- FERRO MAYHUA, F. P.; FERRÓ GONZALES, P. F.; FERRÓ GONZÁLES, A. L.,** Distribución temporal de las enfermedades diarreicas agudas, su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable en la ciudad de Puno, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 2019, vol. 21, no 1, p. 69-80.
- GUEVARA-PÉREZ, E.** Planificación de la investigación aplicada en proyectos de desarrollo hídrico en el Perú. *En t. J Hydro* , 2018, vol. 2, nº 3, pág. 266-276.
- HEREDIA, G.** Eficiencia del carbón activado a base de cascara de coco en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el AA.HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, año 2017. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad César Vallejo. Lima : s.n., 2017. Tesis de Pregrado.

- HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA M,** Metodología de la Investigación [en línea]. 5ta. ed. México. 2017.
- HERNÁNDEZ, R.** Metodología de la investigación. México: Mc-Graw Hill. 2016.
- INFANTE, D.** Carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable. Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2017. Tesis de Titulación.
- LOYOLA SOSA, S. O.** Contaminación fecal del agua dispuesta para el consumo humano y su asociación con la presencia de bacterias patógenas en niños menores de cinco años de tres comunidades rurales peruanas. 2018.
- MINSA.** Reglamento de la calidad del agua para consumo humano: DS N° 031-20210-SA. 2010.
- ORDOÑEZ, PEREZ.** Filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (Filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región. Ingeniería Civil, Universidad de Cuenca. Cuenca : s.n., 2011. Tesis de Pregrado.
- PÉREZ, A.** Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamiento de agua para consumo humano. Colombia : Ingenium, 2014. Tesis de Pregrado.
- REATEGUI, TRIGOZO.** Diseño de n sistema colector con filtro de carbón activado para la potabilización del agua de lluvia en viviendas, Tarapoto 2020. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo. Tarapoto : s.n., 2020. Tesis de Pregrado.
- RESOLUCION MINISTERIAL - 192.** Lima : Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018.
- ROMERO, J.** Tratamientos de aguas residuales, teoría y principios de diseño. Colombia : escuela colombiana de ingeniería, 2005. 3a. ed., 2a. reimp..
- SÁNCHEZ, C. C.** Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* , 2018, vol. 35, n° 2, pág. 309-316.
- SKLIVANIOTIS, A.** Agua para el consumo humano a través de la historia. 2018.
- TRIGOS, C.** Calidad bacteriológica y físico - química del agua de consumo humano del centro poblado de alto puno. 2017. Tesis de Pregrado

- TUESTA, RODRÍGUEZ.** Simulación hidráulica de las redes de distribución del barrio Zaragoza a partir de la determinación de los coeficientes de variación diaria y horaria, para futuras habilitaciones urbanas de la ciudad de Moyobamba 2016. Moyobamba : Universidad Nacional de San Martín de Tarapoto, 2017. Tesis de Pregrado.
- UNICEF.** Progress on drinking water, sanitation and hygiene. 2017.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION.** *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities.* World Health Organization, 2019.
- YUCRA, P.** Efecto del carbón activado de lenteja de agua (*lemna sp.*) en la remoción de cloro residual del agua en la industria de bebidas. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017. Tesis de Postgrado
- ARCINIEGAS, A.** 2014. SCRIBD. <https://es.scribd.com/document/201745398/Sistema-de-captacion-de-lecho-filtrante>. [En línea] 23 de Junio de 2014.
- AQUEOUS, S.** La construcción de un sistema de tratamiento de agua portátil usando materiales locales, España. Recuperado de: <http://www.aqsolutions.org/images/2013/03/portable-water-system-handbook-spanish.pdf>. 2017.

## ANEXOS

*Anexo 1. Toma de muestra de la quebrada platanillo de shimaki*



*Anexo 2. Toma de muestra de la quebrada platanillo de shimaki*



*Anexo 3. Construcción de la Captación y el desarenador previo al lecho filtrante*



*Anexo 4. Construcción del lecho filtrante – Armado de acero*



*Anexo 5. Construcción del lecho filtrante – Tarrajeo en exteriores*



*Anexo 6. Toma de muestras del lecho filtrante*





**Anexo 7. Resultados fisicoquímicos y bacteriológico del afluente pretest al lecho filtrante de Arena**



DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
HUANUCO

LABORATORIO REGIONAL DE SALUD  
PUBLICA



REG.: 003-2022-LMAA-DESA HCO

**LABORATORIO DE AGUAS**

SOLICITANTE: WILLIAMS MONTESINOS VASQUEZ  
 N° RUC/DNI: 45997271  
 FECHA DE MUESTREO: 10/01/2022 HORA: 8:41 a. m.  
 FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 12/01/2022 HORA: 9:12 a. m.  
 FECHA DE TERMINO DE ANALISIS: 15/01/2022  
 MUESTRA TOMADA POR: INTERESADO  
 PRODUCTO: AGUA PARA CONSUMO HUMANO  
 CANTIDAD DE MUESTRA: 5000 ml  
 PUNTO DE MUESTREO: E: 393,394.23 N: 8,910,148.06 ALTITUD: 2,909.99  
 FUENTE: QUEBRADA: PLATANILLO DE SHIMAKI

**RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO QUIMICOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

N°	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	MUESTRA: FUENTE DE AGUA QUEBRADA PLATANILLO DE SHIMAKI
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	6,5 a 8,5	7,52
2	Color	15	7,23
3	Turbiedad	5	16,25
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1,5	76
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1,8	< 1,80

Criterios basados en el D.S No. 004-2017-MINAM "ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA: Categoría A-1"

N°	ENSAYO	UNIDAD	Método de Ensayos Utilizados
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method
2	Color	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2120 C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Color, Spectrophotometric Single Wavelength Method (proposed)
3	Turbiedad	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity, Nephelometric Method
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221 B.C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Caoliform Group. Estándar Total Coliform Fermentation Technique
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221 B.C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Caoliform Group. Fecal Coliform Procedure

**OBSERVACIONES**

LDM: Limite Deteccion Del Metodo, LCM: Limite De Cuantificacion Del Metodos, ECA: Estándar De Calidad Ambiental VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del laboratorio establecido

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el metodo

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco, Su autenticidad será válida solo si tiene firma y sello original
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua Huánuco, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006
- ✓ La incertidumbre de medicion se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce

- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el Laboratorio Regional del Salud Publica - Huánuco, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado

- ✓ Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA

**MINISTERIO DE SALUD**  
**DIRECCION REGIONAL DE SALUD - HUÁNUCO**  
*Jose Luis Abando Alvarez*  
**BIOLOGO ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA**  
**C.B.P. 4020**

## Anexo 8. Resultados fisicoquímicos y bacteriológico del afluente postest al lecho filtrante de Arena



DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
HUANUCO

LABORATORIO REGIONAL DE SALUD  
PUBLICA



REG.: 012-2022-LMAA-DESA HCO

### LABORATORIO DE AGUAS

SOLICITANTE:	WILLIAMS MONTESINOS VASQUEZ		
Nº RUC/DNI	45997271		
FECHA DE MUESTREO:	17/01/2022	HORA:	8:47 a. m.
FECHA DE INICIO DE ANALISIS	19/01/2022	HORA:	8:32 a. m.
FECHA DE TERMINO DE ANALISIS	22/01/2022		
MUESTRA TOMADA POR:	INTERESADO		
PRODUCTO	AGUA PARA CONSUMO HUMANO		
CANTIDAD DE MUESTRA	5000 ml		
PUNTO DE MUESTREO	E: 393,394.23	N: 8,910,148.06	ALTITUD: 2,909.99
FUENTE:	LECHO FILTRANTE PLATANILLO DE SHIMAKI		

### RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO QUIMICOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	MUESTRA: LECHO FILTRANTE CON ARENA
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.14
2	Color	15	6.22
3	Turbiedad	5	9.10
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	4.56
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	< 1.80

Criterios basados en el D.S No. 004-2017-MINAN "ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA: Categoría A-1"

Nº	ENSAYO	UNIDAD	Método de Ensayos Utilizados
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method
2	Color	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2120 C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (proposed)
3	Turbiedad	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221. B C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Caoliform Group. Estándar Total Coliform Fermentation Technique
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221. B C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Caoliform Group. Fecal Coliform Procedure

### OBSERVACIONES

LDM: Límite Detección Del Método, LCM: Límite De Cuantificación Del Método, ECA: Estándar De Calidad Ambiental, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del laboratorio establecido

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(†) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método

### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco. Su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua Huánuco, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el Laboratorio Regional del Salud Pública - Huánuco, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA

**MINISTERIO DE SALUD**  
 DIRECCION REGIONAL DE SALUD - HUÁNUCO  
**José Antonio Álvarez**  
 BIÓLOGO ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENTOMOLOGÍA  
 C.B.P. 4020

**Anexo 9. Resultados fisicoquímicos y bacteriológico del afluente pretest al  
lecho filtrante de Arena – Carbón Activado**



DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
HUANUCO

LABORATORIO REGIONAL DE SALUD  
PUBLICA



REG.: 013-2022-LMAA-DESA HCO

**LABORATORIO DE AGUAS**

SOLICITANTE: WILLIAMS MONTESINOS VASQUEZ  
 Nº RUC/DNI: 45997271  
 FECHA DE MUESTREO: 17/01/2022 HORA: 8:41 a. m.  
 FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 19/01/2022 HORA: 9:12 a. m.  
 FECHA DE TERMINO DE ANALISIS: 22/01/2022  
 MUESTRA TOMADA POR: INTERESADO  
 PRODUCTO: AGUA PARA CONSUMO HUMANO  
 CANTIDAD DE MUESTRA: 5000 ml  
 PUNTO DE MUESTREO: E: 393,394.23 N: 8,910,148.06 ALTITUD: 2,909.99  
 FUENTE: QUEBRADA: PLATANILLO DE SHIMAKI

**RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO QUIMICOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	MUESTRA: FUENTE DE AGUA QUEBRADA PLATANILLO DE SHIMAKI
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	6.5 a 8.5	7.23
2	Color	15	6.58
3	Turbiedad	5	14.79
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	69
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	< 1.80

Criterios basados en el D S No. 004-2017-MINAN ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA. Categoría A-1

Nº	ENSAYO	UNIDAD	Método de Ensayos Utilizados
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method
2	Color	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2120 C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Color, Spectrophotometric Single Wavelength Method (proposed)
3	Turbiedad	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221. B C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Caoliform Group. Estándar Total Coliform Fermentation Technique
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221. B C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Caoliform Group. Fecal Coliform Procedure

**OBSERVACIONES**

LDM: Limite Deteccion Del Metodo, LCM: Limite De Cuantificacion Del Metodos, ECA: Estándar De Calidad Ambiental, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del laboratorio establecido

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el metodo

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco, Su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua Huánuco, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el Laboratorio Regional del Salud Publica - Huánuco, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA

**MINISTERIO DE SALUD**  
**DIRECCION REGIONAL DE SALUD - HUÁNUCO**  
*José Humberto Alvarez*  
**BIOLOGO ENCARGADO DE LABORATORIO**  
**DE ENTOMOLOGIA**  
**C.B.P. 4020**

**Anexo 10. Resultados fisicoquímicos y bacteriológico del afluente postest al  
lecho filtrante de Arena - Carbón Activado**



DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
HUANUCO

LABORATORIO REGIONAL DE SALUD  
PUBLICA



REG.: 024-2022-LMAA-DESA HCO

**LABORATORIO DE AGUAS**

SOLICITANTE: WILLIAMS MONTESINOS VASQUEZ  
 N° RUC/DNI: 45997271  
 FECHA DE MUESTREO: 24/01/2022 HORA: 8:55 a. m.  
 FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 24/01/2022 HORA: 8:38 a. m.  
 FECHA DE TERMINO DE ANALISIS: 27/01/2022  
 MUESTRA TOMADA POR: INTERESADO  
 PRODUCTO: AGUA PARA CONSUMO HUMANO  
 CANTIDAD DE MUESTRA: 5000 ml  
 PUNTO DE MUESTREO: E: 393,394.23 N: 8,910,148.06 ALTITUD: 2,909.99  
 FUENTE: LECHO FILTRANTE PLATANILLO DE SHIMAKI

**RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO QUIMICOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Nº	PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	MUESTRA: LECHO FILTRANTE CON CARBON ACTIVADO	ARENA -
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	6.5 a 8.5	6.87	
2	Color	15	5.33	
3	Turbiedad	5	0.74	
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	< 1.50	
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.8	< 1.80	

Cráteros basados en el D S No. 004-2017-MINAN "ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA: Categoría A-1"

Nº	ENSAYO	UNIDAD	Método de Ensayos Utilizados
1	Potencial de Hidrogeno (Ph)	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method
2	Color	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2120 C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (proposed)
3	Turbiedad	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
4	Coliformes Totales (NMP/100mL)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221. B C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Estandar Total Coliform Fermentation Technique
5	Coliformes Termotolerantes (NMP/100)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221. B C.22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

**OBSERVACIONES**

LDM: Limite Deteccion Del Metodo, LCM: Limite De Cuantificacion Del Metodos, ECA: Estandar De Calidad Ambiental, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del laboratorio establecido

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(†) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el metodo

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco, Su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua Huánuco, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el Laboratorio Regional de Salud Pública - Huánuco, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA

**MINISTERIO DE SALUD**  
 DIRECCION REGIONAL DE SALUD - HUÁNUCO  
*Jose Luis Alvarez*  
**BIÓLOGO ENCARGADO DE LABORATORIO**  
 DE ENTOMOLOGÍA  
 C.B.P. 4020

Anexo 11. Matriz de Consistencia

LECHO FILTRANTE CON ARENA-CARBON ACTIVADO EN LA CALIDAD DE AGUA DE LA LOCALIDAD PLATANILLO DE SHIMAKI

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cómo interviene el uso de lecho filtrante con arena-carbón activado en la calidad de agua de la localidad de Platanillo de Shimaki?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar de qué manera mejora el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en la calidad de agua de la localidad de Platanillo de Shimaki.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora positivamente en la calidad de agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Lecho filtrante con arena-carbón activado</p>	<p>Granulometría</p> <p>Cantidad</p> <p>Dimensiones</p>	<p>- Grueso 10-40 mm - Medio 4-15 mm - Fino 1,5-4 mm</p> <p>- 15 cm</p> <p>- Área (m2) - Longitud (m) - Volumen (m3) - Altura (m)</p>	<p><b>Método de investigación:</b> Científico. <b>Tipo de investigación:</b> Aplicado. <b>Nivel de investigación:</b> Explicativo. <b>Diseño de investigación:</b> El diseño de investigación utilizará un esquema Cuasi Experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.</p> <p style="text-align: center;">OE    O<sub>1</sub>XO<sub>2</sub> OC    O<sub>3</sub> O<sub>4</sub></p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>a) ¿Cómo mejora el uso de lecho filtrante con arena-carbón activado en las propiedades físicas del agua de la localidad de Platanillo de Shimaki?</p> <p>b) ¿Cómo interviene el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en los parámetros microbiológicos de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Determinar cómo interviene el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en las propiedades fisicoquímicas de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.</p> <p>b) Determinar cómo interviene el uso del lecho filtrante con arena-carbón activado en los parámetros microbiológicos de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>a) El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora positivamente las propiedades fisicoquímicas de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.</p> <p>b) El lecho filtrante con arena-carbón activado mejora significativamente en los parámetros microbiológicos de la calidad del agua en la localidad de Platanillo de Shimaki.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Calidad de agua</p>	<p>Propiedades fisicoquímico del agua</p> <p>Parámetros microbiológicos</p>	<p>- Turbidez (NTU) - Color (UC) - Potencial de Hidrógeno (pH)</p> <p>- Coliformes totales (NMP/100mL) - Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)</p>	<p><b>Año: 2021.</b> <b>Población y muestra:</b> <b>Población.</b> Localidad de Platanillo de Shimaki. <b>Muestra:</b> Quebrada de Platanillo de Shimaki. <b>Técnicas e instrumentos:</b> - Resultados de Laboratorio <b>Validez y confiabilidad:</b> - Estadístico y probabilística.</p>

*Anexo 12. Respuesta de solicitud de investigación*

**“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”**

**A** : WILLIAMS MONTESINOS VASQUEZ  
Egresado de la Universidad Peruana los Andes

**DE:** : WILDER BRAYAN RIVERA PERES  
Jefe de la Comunidad Nativa de Platanillo de Shimaki

**ASUNTO** : RESPUESTA A SOLICITUD PERMISO PARA REALIZAR  
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

---

Tenga los cordiales saludos, de mi persona y de Comunidad Nativa de Platanillo de Shimaki **Sr. Williams Montesinos Vasquez**, y agradecerle por el interés de realizar investigación en el ámbito de nuestra comunidad.

Luego de haber comunicado a mi comunidad, y quedado en acuerdo general, su solicitud ha sido aceptada, a su vez entendemos, que la investigación que usted propone realizar será para el beneficio de nuestra comunidad.

Sin otro en particular, me despido de usted.

Puerto Bermúdez, 15 de febrero del 2022

   
W. BRAYAN, RIVERA PEREZ  
DNI N° 88417546  
JEFE

*Anexo 13. Ficha de recolección de datos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua*

**Ficha de recolección de datos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos dela agua antes y después de los tratamientos**

Tratamiento		Parámetros				
		Potencial de Hidrógeno (Ph)	Color (Uc)	Turbiedad (NTU)	Coliformes Totales (NMP/100mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
Pre-Test	Lecho filtrante con Arena	7.52	7.23	16.25	76	< 1.80
	Lecho filtrante con Arena - Carbón Activado	7.23	6.58	14.79	69	< 1.80
Post-Test	Lecho filtrante con Arena	7.14	6.22	9.1	4.56	< 1.80
	Lecho filtrante con Arena - Carbón Activado	6.87	5.33	0.74	< 1.50	< 1.80

*Anexo 14. Ficha de recolección de datos de las dimensiones del lecho filtrante Arena-Carbón activado*

**Ficha de recolección de datos de las dimensiones del lecho filtrante de Arena – Carbón activado**

Dimensionamiento del lecho filtrante de Arena – Carbón activado			
Qm (Caudal Máximo diario)	0,00032 m <sup>3</sup> /s	Área Unitaria	3.88 m <sup>2</sup>
N	2		
Vf	0.30 m/h	Longitud	~ 1.80 m
k	1		

Pérdida de carga en Arena – Carbón Activado

MATERIAL	COEFICIENTE UNIFORMIDAD	FACT. FORMA	POROSIDAD	u
Lecho Filtrante Carbón Activado	2	0.75	0.4	1.51
Capa de soporte 1	1.5	0.9	0.38	1.278
Capa de soporte 2	1.5	0.9	0.38	1.278
Capa de soporte 3	1.5	0.9	0.38	1.278

Cuadro de pérdidas de carga según capa

PARÁMETROS		CANTIDAD
Pérdida de carga en carbón activado 0.25 mm	Hfa	0.00181
Pérdida de carga en capa de grava 0.25 mm	Hfg1	0.00014
Pérdida de carga en capa de grava 4 mm	Hfg2	0.00002
Pérdida de carga en capa de grava 10 mm	Hfg3	0.00001
Pérdida de carga total en la grava	Hfgtotal	0.00016
<b>Pérdida de carga total en arena, grava, y carbón activado</b>	<b>Hftotal</b>	<b>0.00197</b>



## *Anexo 15. Validación de encuesta de juez experto 1*

Huancayo 14 de febrero, 2022.

Señor(a)

**Ing. NIETO FIGUEREDO Athalia Gladis**

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Ud., para saludarlo(a) cordialmente y a la vez manifestarle que, conocedores de su trayectoria académica y profesional, molesto su atención al elegirlo(a) como **JUEZ EXPERTO** para revisar el contenido del instrumento que se utilizó en la Tesis para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, en de la **Universidad Peruana los Andes**.

El instrumento tiene como objetivo medir la variable

**Lecho filtrante con arena-carbón activado**, por lo que, con la finalidad de determinar la validez de su contenido, solicitamos marcar con una X el grado de evaluación a los indicadores para los ítems del instrumento, de acuerdo a su amplia experiencia y conocimientos. Se adjunta el instrumento y la matriz de operacionalización de la variable considerando dimensiones, indicadores, categorías y escala de medición.

Agradezco anticipadamente su colaboración y estoy seguro que su opinión y criterio de experto servirán para los fines propuestos.

Atentamente,



Williams Montesinos Vasquez  
Bachiller en ingeniería Civil



RECIBIDO  
12/02/2022

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto):  
NIETO FIGUEREDO Athalia Gladis
- 1.2. Grado Académico: Titulada en Ing. Civil y con Maestría de Gestión Pública
- 1.3. Profesión: INGENIERO CIVIL
- 1.4. Institución donde labora: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento – Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR)
- 1.5. Cargo que desempeña: Especialista en Evaluación de Proyectos de Agua y Saneamiento
- 1.6. Años de experiencia: 15 años desde la Colegiatura
- 1.7. Denominación del Instrumento:  
Lecho Filtrante con Arena - Carbón Activado
- 1.8. Autor del instrumento: MONTESINOS VASQUEZ, Williams

### II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				X	
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles					X
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría					X
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable					X
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados					X
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento				X	
<b>SUMATORIA PARCIAL</b>					8	20
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		28				

### III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

- 3.1. Valoración total cuantitativa: 28 puntos
- 3.2. Opinión: **Favorable:**   X   **Debe mejorar:** \_\_\_\_\_  
**No Favorable:** \_\_\_\_\_
- 3.3. Observaciones  
- Ninguna


## **Anexo 16. Validación de encuesta de juez experto 2**

Huancayo 14 de febrero, 2022.

Señor(a)

**Ing. CAMPOS LUNA, Abelardo**

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Ud., para saludarlo(a) cordialmente y a la vez manifestarle que, conocedores de su trayectoria académica y profesional, molesto su atención al elegirlo(a) como **JUEZ EXPERTO** para revisar el contenido del instrumento que se utilizó en la Tesis para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, en de la **Universidad Peruana los Andes**.

El instrumento tiene como objetivo medir la variable

**Lecho filtrante con arena-carbón activado**, por lo que, con la finalidad de determinar la validez de su contenido, solicitamos marcar con una X el grado de evaluación a los indicadores para los ítems del instrumento, de acuerdo a su amplia experiencia y conocimientos. Se adjunta el instrumento y la matriz de operacionalización de la variable considerando dimensiones, indicadores, categorías y escala de medición.

Agradezco anticipadamente su colaboración y estoy seguro que su opinión y criterio de experto servirán para los fines propuestos.

Atentamente,

  
Williams Montesinos Vasquez  
Bachiller en ingeniería Civil

  
Abelardo Campos Luna  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 86177  
Recibido 14/02/2022

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES:



- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto):  
CAMPOS LUÑA, Abelardo
- 1.2. Grado Académico: Titulado en Ing. Civil
- 1.3. Profesión: INGENIERO CIVIL
- 1.4. Institución donde labora: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento – Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR)
- 1.5. Cargo que desempeña: Especialista en Evaluación de Proyectos de Agua y Saneamiento
- 1.6. Años de experiencia: 8 años
- 1.7. Denominación del Instrumento:  
Lecho Filtrante con Arena - Carbón Activado
- 1.8. Autor del instrumento: MONTESINOS VASQUEZ, Williams

### II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Mal	Regu lar	Buen o	Muy Buen o
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				X	
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles				X	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría				X	
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable				X	
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados				X	
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento				X	
<b>SUMATORIA PARCIAL</b>					24	
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		24				

### III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

- 3.1. Valoración total cuantitativa: 24 puntos
- 3.2. Opinión: Favorable:  X  Debe mejorar: \_\_\_\_\_  
No Favorable: \_\_\_\_\_
- 3.3. Observaciones
  - Determinar la tasa de filtración, para el lecho filtrante con Arena-Carbón Activado

### *Anexo 17. Validación de encuesta de juez experto 3*

Huancayo 14 de febrero, 2022.

Señor(a)

**Ing. ESPINOZA SUMARAN, Gerardo Henry**

Presente. -


Tengo el agrado de dirigirme a Ud., para saludarlo(a) cordialmente y a la vez manifestarle que, conocedores de su trayectoria académica y profesional, molesto su atención al elegirlo(a) como **JUEZ EXPERTO** para revisar el contenido del instrumento que se utilizó en la Tesis para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, en de la **Universidad Peruana los Andes**.


El instrumento tiene como objetivo medir la variable

**Lecho filtrante con arena-carbón activado**, por lo que, con la finalidad de determinar la validez de su contenido, solicitamos marcar con una X el grado de evaluación a los indicadores para los ítems del instrumento, de acuerdo a su amplia experiencia y conocimientos. Se adjunta el instrumento y la matriz de operacionalización de la variable considerando dimensiones, indicadores, categorías y escala de medición.

Agradezco anticipadamente su colaboración y estoy seguro que su opinión y criterio de experto servirán para los fines propuestos.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Williams Montesinos Vasquez  
Bachiller en ingeniería Civil

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Gerardo Espinoza Sumaran  
ESPECIALISTA EN ASISTENCIA TÉCNICA - PNSU  
CENTRO DE ATENCIÓN - HUÁNUCO  
MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO  
Recibido 14/02/2022  
10:43 am

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto):  
ESPINOZA SUMARAN, Gerardo Henry
- 1.2. Grado Académico: Titulado en Ing. Civil
- 1.3. Profesión: INGENIERO CIVIL
- 1.4. Institución donde labora: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento – Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU)
- 1.5. Cargo que desempeña: Especialista en Evaluación de Proyectos de Agua y Saneamiento
- 1.6. Años de experiencia: 8 años
- 1.7. Denominación del Instrumento:  
Lecho Filtrante con Arena - Carbón Activado
- 1.8. Autor del instrumento: MONTESINOS VASQUEZ, Williams


### II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				X	
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles				X	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría				X	
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable				X	
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados				X	
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento				X	
<b>SUMATORIA PARCIAL</b>					24	
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		24				

### III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

- 3.1. Valoración total cuantitativa: 24 puntos
- 3.2. Opinión: **Favorable:**   X   **Debe mejorar:** \_\_\_\_\_  
**No Favorable:** \_\_\_\_\_
- 3.3. Observaciones

- Proponer estructura de sedimentación antes del lecho filtrante

  
 Ing. Gerardo Espinoza Sumaran  
 ESPECIALISTA EN ASISTENCIA TÉCNICA - PNSU  
 CENTRO DE ATENCIÓN - HUÁNUCO  
 MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO