



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

"Consortio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) para la reducción de arsénico y plomo en el agua potable de Pasco – 2019"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Br. Ambrosio Vega, Denis Nataly (ORCID: 0000-0002-3026-4360)

Br. Lara Tapia, Jhon Harly (ORCID: 0000-0001-7907-6830)

ASESOR:

Dr. Jiménez Calderón, César Eduardo (ORCID: 0000-0001-7894-7526)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a mis hermanos y en especial a mis padres Mario Ambrosio Roque y Bertha Vega Valle, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, gracias a sus consejos, su apoyo incondicional y paciencia, lograron en mí esta iniciativa para seguir adelante demostrando que nada es imposible en esta vida.

Para mis abuelos y mi madre, de los cuales he aprendido que con perseverancia y esfuerzo todo se puede lograr en esta vida, que una vida sin problemas no es vida y que no hay éxito sin fracaso, para mi abuelo Manuel Antonio Tapia Pérez, mi abuela Berta Consuelo Cieza Lachos y mi madre Rosa Elena Tapia Cieza, a ellos les dedico esta investigación por ser las personas más importantes en mi vida con las cuales he compartido muchas alegrías y sacrificios.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres y hermanos que me enseñaron a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A Juan Chuquimango Martínez, por acompañarme durante este arduo camino, por su apoyo incondicional y consejos.

A Dios por darme la vida, la fe, amor, protección, salud y sabiduría para que pueda alcanzar mi objetivo propuesto.

A mis abuelos, tíos, primos y mi madre por todo lo que me dieron en la vida, resaltando su apoyo incondicional tanto en mi educación como en la vida.

A mi novia Eidi Liset Nuñez Cueva, por brindarme la iniciativa de seguir adelante y lograr cumplir todas mis metas propuestas.

Al Dr. Jiménez Calderón Cesar Eduardo y al Dr. Ordoñez Gálvez Julio Cesar, por su guía y asesoramiento durante la última etapa de nuestra vida universitaria.

A nuestros amigos por sus consejos y apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

Página del Jurado

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Denis Nataly Ambrosio Vega con DNI N° 72127822 y Jhon Harly Lara Tapia con DNI N° 74244198 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes y consideradas en el Reglamento de Grado y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son veraces y auténticos.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, Diciembre del 2019



Denis Nataly Ambrosio Vega



Jhon Harly Lara Tapia

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	17
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	17
2.2. Operacionalización de variables	18
2.3. Población, muestra y muestreo	19
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	19
2.5. Procedimiento	22
2.6. Método de análisis	24
2.7. Aspectos éticos	25
III. RESULTADOS	26
IV. DISCUSIÓN	36
V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Composición química de los residuos del maíz</i> -----	13
Tabla 2. <i>Cuadro de Operacionalización de Variables</i> -----	18
Tabla 3. <i>Procedimiento general del desarrollo de la investigación</i> -----	20
Tabla 4. <i>Validación de instrumentos por expertos</i> -----	21
Tabla 5. <i>Reducción de arsénico en las muestras</i> -----	26
Tabla 6. <i>Reducción de plomo en las muestras</i> -----	27
Tabla 7. <i>Porcentaje de reducción de arsénico en las muestras</i> -----	29
Tabla 8. <i>Porcentaje de reducción de plomo en las muestras.</i> -----	30
Tabla 9. <i>Análisis de pH, temperatura, conductividad, DBO y DQO.</i> -----	32
Tabla 10. <i>Valores de los parámetros según ECA.</i> -----	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento de la investigación.-----	22
Figura 2. Comparación de reducción de arsénico en las 6 muestras -----	26
Figura 3. Comparación de reducción de plomo en las 6 muestras -----	28
Figura 4. Porcentaje de reducción de As. -----	29
Figura 5. Porcentaje de reducción de Pb. -----	31
Figura 6. Comparación del pH. -----	32
Figura 7. Comparación de temperatura.-----	33
Figura 8. Comparación de conductividad-----	34
Figura 9. Comparación del DBO-----	34
Figura 10. Comparación del DQO -----	35
Figura 11. Distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar. -----	46
Figura 12. Planta de tratamiento en el Distrito de Rancas.-----	47
Figura 13. Relaves mineros entre la planta de tratamiento y el sitio de estudio.-----	48
Figura 14. Plano de estructura del biofiltro elaborado en el programa AutoCAD. -----	54
Figura 15. Plano sanitario del biofiltro elaborado en el programa AutoCAD. -----	55

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto que produce el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) en la reducción de arsénico y plomo en el agua potable de la Provincia de Cerro de Pasco, esto gracias a la utilización de biosorbentes las cuales se hallan dentro de aquellos provenientes de las biomásas residuales, en su mayoría de los procesos agroindustriales como el olote de maíz y la cascara de naranja, estos contiene propiedades formadas en su estructura de pectina, celulosa, pigmentos, elementos de bajo peso molecular y hemi-celulosa; que permiten la adsorción de metales pesados de manera eficaz. Así mismo, dentro de las propiedades de la biomasa lignocelulósica encontramos a la lignina, en la cual su nivel de eficiencia dependerá de su afinidad por los iones metálicos. El tipo de la investigación es aplicada, ya que su principal objetivo es reducir el nivel de arsénico y plomo que contiene el agua potable en la provincia de Pasco. La población fue cantidad de agua potable proveniente de la planta de tratamiento a cargo de EMAPA PASCO S.A. La cual distribuye agua potable a más de 20,000 personas que habitan entre los Distritos de Simón Bolívar, Yanacancha y Chaupimarca. Como muestra se tomaron 1,100 L de agua la cual fue obtenida del caudal de agua potable en la entrada del consorcio de biofiltro. El instrumento utilizado durante el proyecto de investigación fue la tabla de concentración testigo y final del agua potable. En los resultados podemos observar que el biofiltro es eficaz para la reducción de la concentración de arsénico en un porcentaje de 64.3% entre la muestra inicial y la muestra final, de igual manera, se logró reducir la concentración del plomo en un porcentaje de 52.6%. En conclusión, se logró determinar las concentraciones iniciales de arsénico y plomo, las cuales fueron: 0.028 mg/L y 0.019 mg/L y las muestras finales fueron de 0.010 mg/L y 0.009 mg/L respectivamente, donde el arsénico reducido fue de 0.018 mg/L y el plomo con 0.010 mg/L, después de un intervalo de tiempo de 144 horas. Encontrándose dentro de los Estándar de Calidad para el Agua (ECA), que son de 0.010 mg/L.

Palabras clave: Biofiltro, plomo, arsénico, biosorbente.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the effect produced by the biofilter consortium (Eichhornia crassipes and orange peel and corn residues and aggregates) in the reduction of arsenic and lead in drinking water in the Province of Cerro de Pasco, thank you to the use of biosorbents which are found within those from residual biomass, mostly from agro-industrial processes such as corn husk and orange peel, these contain properties formed in their structure of pectin, cellulose, pigments, low molecular weight and hemi-cellulose elements; which allow the adsorption of heavy metals efficiently. Likewise, within the properties of lignocellulosic biomass we find lignin, in which its level of efficiency will depend on its affinity for metal ions. The type of research is applied, since its main objective is to reduce the level of arsenic and lead contained in drinking water in the province of Pasco. The population was quantity of drinking water from the treatment plant in charge of EMAPA PASCO S.A. Which distributes drinking water to more than 20,000 people living between the Districts of Simón Bolívar, Yanacancha and Chaupimarca. As sample, 1,100 L of water was taken which was obtained from the flow of drinking water at the entrance of the biofilter consortium. The instrument used during the research project was the control and final concentration table of drinking water. In the results we can see that the biofilter is effective for the reduction of arsenic concentration by a percentage of 64.3% between the initial sample and the final sample, in the same way, it was possible to reduce the concentration of lead by a percentage of 52.6%. In conclusion, it was possible to determine the initial concentrations of arsenic and lead, which were: 0.028 mg / L and 0.019 mg / L and the final samples were 0.010 mg / L and 0.009 mg / L respectively, where the reduced arsenic was 0.018 mg / L and lead with 0.010 mg / L, after a time interval of 144 hours. Being within the Water Quality Standard (ECA), which is 0.010 mg / L.

Keywords: Biofilter, lead, arsenic, biosorbent.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental para el desarrollo sostenible, los recursos hídricos y los diversos servicios que prestan juegan un importante papel en la disminución de la pobreza, la sostenibilidad ambiental y el incremento económico. El agua propicia el bienestar a las poblaciones tanto rural como urbano y el desarrollo inclusivo tiene un impacto positivo en la vida de todos los seres vivos, al incurrir en cuestiones que afectan la salud humana, la seguridad alimentaria y el medio ambiente.

A nivel mundial, al hablar de aguas potable, nos hace referencia a las aguas tratadas libre de contaminantes y microorganismos; en otras palabras, agua potable para consumo humano, las cuales, sin un tratamiento adecuado de purificación, podrían causar daños irreversibles a la salud humana. En su mayoría las aguas que se encuentran alrededor de las industrias mineras son contaminadas por metales pesados. Por otro lado, la falta de equipamiento, implementos, medidas de calidad e incumplimiento de los procedimientos en las plantas de tratamiento, ocasionan serias enfermedades en los consumidores del recurso hídrico.

En la mayor parte del territorio peruano, las industrias mineras se encuentran ubicadas en la cordillera de los andes, lugar donde existen nevados, glaciares y lagunas, de las cuales los pobladores aledaños se benefician del recurso hídrico. Sin embargo, las mineras contaminan estas fuentes a través de los derrames mineros y otras actividades, afectando la calidad del agua y dificultando su tratamiento a través de procesos convencionales utilizados en esta zona del país.

En la provincia de Cerro de Pasco, los pobladores viven diariamente con problemas de acceso al agua, sufriendo recurrentes sequías en largos periodos del año, por otra parte, la falta de una adecuada infraestructura para el tratamiento del agua potable, han generado grandes problemas en la salud de los pobladores especialmente en los niños y ancianos, con casos reportados y documentados de la presencia de metales

pesados en su mayoría plomo y arsénico en la sangre de los mismo, ocasionando graves enfermedades como intoxicaciones crónicas, problemas respiratorios, entre otros. Debemos tener en cuenta que la provincia de Cerro de Pasco es considerada la ciudad más contaminada del mundo. No solo el agua muestra altos niveles de contaminación por metales pesados sino también el suelo, por lo que los especialistas de la salud están optando por tomar medidas drásticas con las personas afectadas, sugiriendo migrar a otras ciudades.

Ante el constante problema que se vive a diario en la provincia de Cerro de Pasco, se proyectó una alternativa ecológica para la reducción de metales pesados en el tratamiento de agua potable a través de la instalación de un sistema de tratamiento (biofiltro) que favorezca la purificación del agua para su posterior uso.

Como antecedentes del presente proyecto tenemos que, el procedimiento de los sistemas de biofiltración demuestran un alto nivel de eficiencia con la utilización de estratos (Arena y piedra), en el proceso de purificación y/o potabilización del agua. Se debe tomar en cuenta el tipo de investigación con la finalidad de optimizar su diseño, facilitar su manejo y operaciones de mantenimiento preventivo y/o correctivo. El trabajo de investigación trajo resultados positivos económicamente, la cual favoreció la calidad de vida de los pobladores, satisfaciendo cada una de sus necesidades con la utilización del agua potable. Las ventajas que posee este sistema es la disminución de 100 % de los gérmenes patógenos en el agua. Así mismo, minimiza los niveles de cloro residual en las instalaciones de la red de repartición de agua potable (Arango Ruiz, 2004).

La Red de revistas Científicas de América Latina y el Caribe, presento un artículo acerca de la descontaminación del agua que presentaba altos niveles de arsénico en las comunidades del país de México, el tratamiento se llevó a cabo utilizando pellett generados de los residuos del agave, aserrín, paja de esquilmo y trigo. La biomasa obtenida fue modificada químicamente con una solución ácida, con la finalidad de aumentar su poder de remoción del contaminante en el agua. Los resultados

obtenidos con la utilización del *pellet* sin modificar tenemos que, con la biomasa del aserrín fue de 13.04%, a diferencia de la biomasa de la paja de trigo la cual fue de 0.001%. Mientras tanto los resultados con los *pellet* modificados químicamente arrojaron porcentajes de remoción del 19.93% con la biomasa del aserrín y con la biomasa de la paja de trigo fue de 5.6%. Finalmente podemos apreciar que los *pellet* más eficientes fueron los obtenidos a través de los residuos del aserrín tanto modificado y de manera natural (Serafín et al., 2016).

Las algas diatomeas utilizadas para el tratamiento del agua a través de los sistemas de biofiltros, los cuales deben ser diseñados teniendo en cuenta las capas de filtración para su buen funcionamiento y eficiencia. Las algas sirven para poder determinar el nivel de salubridad del agua en conjunto del carbón activado, gravilla y piedras. La muestra testigo analizada arrojaron niveles altos de pH (7.84), conductividad (1850 uS/cm), cloruros (425 mg/L), valores que superan los ECA. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la muestra testigo se afirma que el agua presenta concentraciones de sales. Luego se procedió a analizar el agua tratada con la ayuda de los biofiltros obteniendo los niveles pH (7.65), conductividad (1493 uS/cm), cloruros (337 mg/L), valores que se encuentran dentro de los ECA. Finalmente podemos afirmar que la utilización de biofiltros con las algas diatomeas lograron reducir los parámetros de pH, conductividad y cloruros, favoreciendo con agua apta para consumo de las familias que se abastecen de este recurso hídrico (Llaguento Céspedes, 2017).

Los biofiltros pueden ser diseñados de forma vertical o horizontal, el paso de agua a través de estos puede ser de forma ascendente o descendente, los costos de operación, instalación y un adecuado mantenimiento preventivo y/o correctivo son bajos pues este puede ser ejecutado por los mismos pobladores beneficiados con el tratamiento en sus viviendas. El material utilizado en el sistema de filtración se obtiene con facilidad del entorno de la localidad y este está compuesto de estopa de coco, piedra, arena y *Moringa oleífera*. Brindándonos una alternativa innovadora amigable con el medio ambiente para la potabilización del agua. La finalidad de la *Moringa* es actuar como coagulante en la eliminación y desinfección de coliformes fecales presentes en

el agua cruda llegando a eliminar el 100%, sin la utilización de productos químicos en sus fases de tratamiento. Las propiedades que nos ofrece la cascara de la *Moringa oleífera* son mejores que el sulfato de aluminio, a través de un procedimiento natural, también se ha logrado eliminar porcentajes de turbidez mayores al 90%, logrando obtener valores menores a 5,80 NTU. Por otro lado, existen estudios científicos sobre el sulfato de aluminio, donde los investigadores relacionan los residuos del metal en mención con la enfermedad del Alzheimer (Rodríguez et al., 2018).

Se diseñó a escala laboratorio una planta de tratamiento biológico, compuesta por tanques de biofiltración, homogenización, almacenamiento, desinfección, sistemas de impulsión y red de distribución, para la remoción de contaminantes presentes en el agua residual doméstica. La capacidad del tanque de biofiltración es de 37,7 L, por lo cual, para su buen funcionamiento, se debe tener en cuenta un caudal de entrada de 102 mL/min, pues solo llega a filtrar 12 L/día. El filtro está formado de un 30 % de grava-piedra bola, y un 70 % de viruta- aserrín y humus. Con este proceso se logró remover un mayor porcentaje de DBO₅. Así mismo, los parámetros obtenidos antes del tratamiento fueron: pH 6,97, turbiedad 70,36 UNT, DQO 472 ml/L, DBO₅ 448mg/L, nitratos 20,5 mg/L, sólidos disueltos totales 810 mg/L. Mientras los resultados finales fueron pH 7,03, turbiedad 15 UNT, DQO 228 ml/L, DBO₅ 70 mg/L, nitratos 4,1 mg/L, sólidos disueltos totales 624 mg/L. Por lo tanto, el porcentaje de eficiencia del biofiltro fue de un 65,49 %, se observa el buen rendimiento que se obtuvo a nivel laboratorio, por lo que podemos decir que este diseño se encuentra apto para ser llevado a gran escala (Coronel Pazmiño, 2015).

La cáscara de Mamey (*Mammea americana L.*) es una biomasa utilizada en la remoción de aguas contaminadas por metales pesados, de acuerdo a los análisis realizados podemos observar que el sorbente tiene mayor capacidad de remover cromo (Cr), característica por la cual es empleada en la limpieza de efluentes industriales que presenta dicho metal pesado. El uso de esta tecnología es amigable con el medio ambiente y su poder de efectividad se asemeja a los procesos de descontaminación utilizando químicos. El costo de esta biomasa es bajo ya que es considerada material de desecho por lo que es fácil de obtener (Acosta et al., 2012).

La biosorción de arsénico es un método en el cual se emplean diferentes tipos de sorbentes entre las cuales tenemos las biomásas vegetales inertes, la secuencia realizada para la elaboración del sorbente consiste en triturar, tamizar y secar la muestra, la cual posteriormente es separada en distintas dosis de 0,3 a 3 g, de tal manera que los resultados obtenidos varían de acuerdo a la dosis empleada. La mayor remoción de arsénico en el agua fue con una cantidad de 3 g de panca de maíz, obteniendo un valor de remoción de 23,1%. Se confirma el poder del sorbente elaborado de las biomásas vegetales para la remoción de arsénico en el agua contaminada. Debemos tener en cuenta que los biosorbentes pueden ser modificados de manera química, física y genética aumentando el porcentaje de remoción del metal pesado (Trelles Bautista, 2013). Así mismo, los resultados obtenidos utilizando el presente biosorbente modificado químicamente con una solución de NaOH, arrojaron porcentajes de remoción mayores al 40% en aguas contaminadas por plomo (Lavado Meza y Oré Jiménez, 2016).

En el tratamiento de aguas grises domiciliarias, los diseños y aplicación de biofiltros en su mayoría son conformados por: sistema de separación de aguas grises, caja de pre-recolección, sistema de bombeo de aguas grises, sistemas de tratamiento (sedimentador, filtro de piedra, gravilla, piedra chancada, arena y carbón artesanal), y finalmente un tanque de almacenamiento. Mediante este diseño y aplicación la utilización de un sistema de tratamiento con recirculación logro disminuir hasta más de 288 litros diarios en la utilización de agua procedente de las tuberías de agua potable. Así mismo, se realizaron una serie de análisis fisicoquímicos obteniendo resultados favorables en la en la remoción desde el 50 al 70 % de los contaminantes, con este resultado podemos afirmar, que a través del diseño y aplicación del sistema de biofiltro los resultados finales serán significativos con respecto a los iniciales. Debemos tener en cuenta que la mayor eficiencia existente esta entre la semana 2 y la semana 4 de los parámetros analizados (Rojas López, 2018).

La remoción de Arsénico en el agua, mediante la biosorción por hojas de *moringa* debe pasar por diferentes procesos desde la obtención de la materia prima, secado, triturado y tamizado. El agua contaminada presentaba una concentración inicial de 100 ug/L, se utilizaron tres soluciones en las cuales se vertieron 0.25, 0.50 y 0.75 g del biosorbente, de la cual la solución con mayor dosis fue la más eficiente, ya que se logró disminuir el 98% del contaminante en el agua. Por lo tanto, se puede afirmar que la eficiencia de la hoja de *Moringa olifera*, es una alternativa a tomar en cuenta en la descontaminación del agua con arsénico a través de biosorbentes naturales (Vázquez Vázquez, 2016).

Los biofiltros construidos mediante piedra pómez para los tratamientos de aguas residuales, demuestran un alto nivel de eficiencia en la reducción de la DBO₅, pues a través de estas se logran obtener resultados promedio en su reducción de 73,79 %. Debemos tener en cuenta que la eficiencia de este tipo de sistema depende principalmente del volumen de piedra pómez y también de la cantidad de microorganismos cultivados en el lecho filtrante. Estos tipos de biofiltros son económicos y simples de construir, así mismo, este tipo de tratamiento de agua residuales domesticas tienen menores efectos negativos sobre el medio ambiente que los tratamientos de base química (Cornejo Soldevilla, 2015).

Existen diversos tipos de biofiltros utilizados para la recuperación de aguas grises, los resultados de la eficiencia de cada biofiltro varían de acuerdo a su composición. Entre estos tenemos dos diseños probados a nivel laboratorio, de los cuales el diseño convencional muestra mejores resultados en la remoción de los parámetros fisicoquímicos, que los diseños utilizando la especie *Eisenia foetida*, La cual, llego a remover el 89 % de la turbiedad, 40 % de sólidos suspendidos totales, 69% de aceites & grasas, 88 % de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), en las aguas residuales domésticas. Mientras que los resultados de remoción obtenidos a través del biofiltro convencional fueron de 99 % turbiedad, 75 % de sólidos suspendidos totales, 89 % de aceites & grasas, 96 % de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). De acuerdo a lo señalado en el Decreto Supremo N°

015-2015, Categoría 3, los efluentes de ambos biofiltros están aptos para ser utilizados en sistemas de riego (Loro Ocampos, 2018).

El Municipio de Coahuila, ubicada en el país de Ecuador, utilizó la cáscara de banano maduro en polvo como adsorbente de arsénico en el pozo de agua destinado para el consumo de los pobladores. La muestra obtenida fue de 20 litros y por cada litro se utilizó 8 g de biomasa residual con un tamaño de partícula de 250 μm , por lo que se obtuvo un resultado satisfactorio de 99.77% en la remoción de arsénico, esto debido a que las propiedades del biosorbente contienen 14% de lignina y elevados porcentajes de carbono, lo que facilitó la rápida y eficaz remoción del contaminante (Ríos Elizalde, 2014).

En las zonas rurales de nuestro país, la técnica del biofiltro no es tan destacada, debido a las recientes estudios realizados para la reutilización del agua residual doméstica. Por esta razón, se realizó la elaboración de dos biofiltros experimentales con diferentes componentes. El primer sistema de tratamiento está conformado a base de aserrín y viruta de madera, este recurso es de bajo costo y fácil adquisición, pues, son obtenidos mediante los residuos de carpintería del lugar. Los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos a nivel laboratorio se encontraron fuera de la norma ambiental ecuatoriana. Los valores de $\text{pH} = 5.8$, $\text{SST} = 370 \text{ mg/L}$, aceites & grasas = 0.3 mg/L , $\text{DQO} = 3650 \text{ mg/L}$, $\text{DBO}_5 = 39 \text{ mg/L}$, demostrando un bajo nivel de eficiencia en el tratamiento esperado. Por otro lado, el segundo sistema de tratamiento está conformado a base de fibra de coco, obtenida de los residuos provenientes de la extracción de aceite y pulpa de coco, recursos orgánicos y renovables que no generan problemas en el medio ambiente. Los resultados obtenidos alcanzaron niveles dentro de la normativa ambiental ecuatoriana. Sus valores de $\text{pH} = 6.9$, $\text{SST} = 40 \text{ mg/L}$, $\text{ST} = 603 \text{ mg/L}$, aceites & grasas = 0.3 mg/L , $\text{DQO} = 174 \text{ mg/L}$, $\text{DBO}_5 = 23 \text{ mg/L}$. De esta manera, se determinó que el segundo tratamiento tiene una eficiencia de 83.37 % en la remoción de dichos contaminantes a diferencias del primer sistema de tratamiento el cual tuvo una eficiencia de 53.53 % (Vicente Reyes, 2016).

El agua de ríos contaminados por plomo utilizada para consumo humano, son removidos mediante diversos sistemas de tratamiento químicos y naturales, en el cual los resultados obtenidos no deben ser mayor a los límites permisibles establecidos en la normativa nacional e internacional. Optando por la remoción de manera natural mediante biofiltros. Donde se diseñó un sistema utilizando la especie vegetal *Azolla Caroliniana* en distintas condiciones (viva – seca en partículas finas y gruesas), en conjunto con la zeolita, la Musa paradisíaca, la Spirodela intermedia y *Lemna minor*. En la cual los niveles de remoción con la especie vegetal viva, obtuvieron un porcentaje significativo a diferencia de la especie vegetal seca en partículas finas y gruesas. Por lo que la *Azolla caroliniana* es un buen potencial para la acumulación de plomo (Ramírez Moreira, 2017). Así mismo, se utiliza otra especie vegetal conocida mayormente como kikuyo, la cual tiene la capacidad de superar los niveles de absorción de dicho metal a diferencia de otros biosorbentes (Maldonado et al., 2012).

La ciudad de Ambato, cuenta con una planta de tratamiento llamada el Peral, la cual recibe agua residual doméstica con alto porcentaje de contaminantes, existen diversas clases de plantas que nos ayudan a mejorar la calidad del agua. Entre estas tenemos, la *Eichhornia Crassipes* y *Arundo Donax*, especies que se adaptan a las condiciones del lugar, con grandes diferencias de hasta 30 días para su educación en contacto con el agua contaminada. La tecnología innovadora se basó en dos humedales, iniciando el proceso de remoción de contaminantes con el Jacinto de Agua y posteriormente con el carrizo, con la finalidad de optimizar los procesos de filtración en la planta de tratamiento. Los parámetros evaluados fueron STDS, pH, detergentes, grasas y aceites, en su primera muestra los resultados alcanzaron un leve nivel de remoción, no obstante, esta agua puede ser utilizada en sistemas de riego, excepto para plantas comestibles. En su segunda muestra los resultados variaron, sin embargo, no pueden ser óptimos para consumo humano, pues, contienen contaminantes (coliformes fecales), dañinos para la salud. Actualmente, en la planta de tratamiento se ha logrado adecuar los procesos existentes con los humedales, obteniendo un mejor resultado en la calidad de agua que posteriormente será vertida al río Ambato (Viteri Briones, 2014). Así mismo la

especie vegetal *Eichhornia Crassipes*, es utilizada en la remoción de metales pesados entre ellos el plomo, llegando a remover de un 0.115 mg/L a un 0.001 mg/L de este metal, debido a su fácil crecimiento y su poder de multiplicarse rápidamente (Quispe et al., 2017).

En la actualidad, existen diferentes procesos amigables con el medio ambiente para el tratamiento de agua residual. Entre estos tenemos a los lombrifiltros, sus diseño e implementación varían de acuerdo al tipo de especie que se quiere utilizar, su construcción es fácil y económica, en cuanto a su eficiencia muestran resultados positivos. Los parámetros analizados con la especie *L. Terrestris* fueron: Sulfatos 71.2 %, nitratos 61.38 %, aceite y grasas 27.25 %, solidos suspendidos totales 28,51 %, DBO 85,9 %, DQO 86,3 %, coliformes fecales 83 % y sólidos disueltos 20,6%. Por otro lado, la especie *E. Foétida* obtuvo resultados de sulfatos 78,33 5 %, nitratos 67,62 %, aceites y grasas 29,98 %, solidos suspendidos totales 31,36 %, DBO 94,51 %, DQO 94,96 %, coliformes fecales 91,36 % y solidos disueltos totales 22,76 %. Por lo tanto, la eficiencia de remoción con la especie *L. Terrestris* fue de un 63 % a diferencia, de la especie *E. Foétida* que obtuvo un porcentaje del 73 %, en las aguas residuales contaminada (Acuña Marrufo y Reyes Sánchez, 2017).

El estudio del Mosambi (*Citrus limetta*) presentado en la revista Asian Journal of Chemistry como biosorbente en el tratamiento del agua contaminada por arsénico, se realizó variando los niveles de pH entre 2-10, en la cual se obtuvieron los valores óptimos entre 4-6 donde la disminución del arsénico fue de 89.10%. se debe tener en cuenta que para el presente estudio se utilizó el sistema Bacht, en el cual se agregaron distintas dosis de la cáscara de *Mosambi* para determinar su poder de atracción hacia el contaminante. Así mismo, la concentración final del arsénico fue medida por el espectrofotómetro (Kansonlian et al., 2012).

Existen diversos tipos de biomateriales utilizados como alternativa para controlar la contaminación del agua, en lugares con altas concentraciones de diversos metales pesados, principalmente el Cromo que presenta niveles muy altos de

toxicidad, el cual genera problemas en los consumidores. Dentro de los biomateriales tenemos al olote de maíz el cual contiene propiedades capaces de reducir los niveles de Cromo hexavalente (Cr^{6+}) a trivalente (Cr^{3+}). El tiempo de la experimentación fue de aproximadamente dos horas donde se verifico permanentemente la reducción del Cromo Hexavalente en todas las etapas del sistema de biofiltración, esto se confirmó con los análisis realizados en el microscopio electrónico de barrido, del olote de maíz después de ser utilizado en el proceso de purificación del agua. La investigación nos presenta una propuesta eficaz para la implementación de los sistemas de biofiltro ya sea en domicilios, lagunas, ríos, etc. Su principal finalidad es disminuir las concentraciones de Cromo presente en los cuerpos de agua. Por lo que, estos tipos de investigación contribuyen al desarrollo sostenible como alternativa de purificación de agua (Cortes Velázquez, 2015). Así mismo el biosorbente (cascara de naranja y espiga de arroz), es utilizado en la reducción de diversos metales pesados, entre ellos el mercurio inorgánico, comprobando su capacidad en la remoción de Hg^{+2} , obteniendo resultados positivos de hasta 22,06% ((Llamuca Ñaunay, 2018). Por otro lado, la cascara de naranja tratada químicamente es utilizada para la remoción de plomo, obteniendo niveles de reducción de hasta 93.6% en un tiempo aproximado de 25 horas (Muñoz Carpio, 2007).

Como fundamento teórico del proyecto tenemos que los biofiltros ecológicos, nos brindan una alternativa de desarrollo sostenible, su principal finalidad es remover contaminantes en los cursos de agua. En la cual, se usa una asociación vegetal, las cuales se encuentran conformados por especies arbustivas, arbóreas y herbáceas, ya sea solas o en combinación. La forma de ubicación de las plantas es perpendicular a la corriente del agua y paralela al escurrimiento superficial. Las plantas usadas mayormente son aquellos que poseen propiedades de filtrar contaminantes. Las características de las especies vegetales que en su mayoría deben ser pastos de tallos rígidos y erectos, los cuales opongan resistencia en el caudal del agua. Su propósito es reducir la velocidad de escorrentía y así facilitar la separación de sólidos presentes en el agua. Así mismo, su cobertura es fundamental para la captura de sedimentos, pues, de esto depende el nivel de su eficiencia. Los principales factores que se deben tener en cuenta para el diseño de los sistemas de biofiltro, depende del tipo de

contaminante que se quiere remover, la elección de especies adecuadas, la asociación con otros materiales naturales y las medidas longitudinales del biofiltro. De no tener en cuenta los factores antes mencionados los resultados de la eficiencia del biofiltro pueden ser negativos (Tapia et al., 2007).

El proceso de absorción se expresa mediante la extracción de la materia en dos de sus fases, las cuales pueden ser líquida o gaseosa, para posteriormente concentrarse sobre una superficie sólida. Por tal razón, la absorción es conocida en diferentes lugares como un fenómeno o proceso sub-superficial que se da desde una disolución, debido a que el soluto presenta gran afinidad por el sólido. El biosorbente con la presencia de lignina, ayuda a la absorción de metales pesados en gran porcentaje, pues aumenta el número de los grupos funcionales carboxilos e hidroxilos. Existen diversos tipos de absorción que pueden ser clasificados de distintas maneras, ya sea, por la fuerte atracción que pueda existir entre el adsorbente y el adsorbato. Cuando el proceso de absorción es químico se conoce como quimisorción, ocurre cuando la adherencia se da a través de las formaciones de enlaces químicos. Mientras que los procesos físicos son conocidos como fisorción, la cual se da a través de las interacciones intermoleculares débiles de van der Waals (Muñiz Rondan, 2016).

La técnica de la biosorción, consta del proceso de extracción o captura de partículas metálicas en medios acuosos, que presentan altos niveles de contaminación. Se realiza mediante la utilización de biomazas muertas o vivas, su capacidad de biosorción depende de las diferentes características que posee el biosorbente. Por otro lado, se debe tener en cuenta el tamaño de las partículas, la dosis, temperatura, pH, tiempo de contacto y la velocidad de agitación. El sorbente se encuentra en la fase sólida mientras que en la fase líquida encontramos a los sorbatos, especies disueltas que posteriormente serán sorbidas. La eficiencia del proceso de biosorción, depende del poder del biosorbente sobre los contaminantes, pues este debe tener la capacidad de atraerlos y enlazarlos a través de distintos mecanismos como la precipitación, intercambio iónico o la atracción electrostática (Huallpa Sulca, 2017).

Los biosorbentes, se hallan dentro de aquellos provenientes de las biomásas residuales, en su mayoría de los procesos agroindustriales como el olote de maíz y las cascaras de naranja, tamarindo, mandarina, limón, entre otros, que son obtenidos de las especies vegetales. Así mismo tenemos biomasa microbiana entre los cuales encontramos a las bacterias, algas, hongos, etc. Estas por si solas tienen la capacidad de eliminar y/o disminuir la presencia de metales pesados que se encuentran en los cuerpos de agua. Sin embargo, para mejorar su eficiencia los biosorbentes pueden ser sometidos en procesos previos a su utilización con medios básicos o ácidos, con la finalidad de aumentar su poder de absorción. Para medir que tan eficiente es el biosorbente se debe analizar las cantidades de sorbato que pueden ser retenidos en el sistema de filtración. Esto ha llevado a realizar estudios para determinar la eficiencia de las biomásas en origen animal, vegetal y microbiana (Llamuca Ñaunay, 2018).

Los residuos del maíz compuestas por las hojas, panca, bagazo de caña y coronta la cual se encuentra en la parte central de la mazorca, la cual sostiene a los granos. La clasificación taxonómica del maíz pertenece al reino vegetal, su división es espermatofitas y su subdivisión es la angiospermas; su clase es la monocotiledónea; su orden es gumifloras; su familia es gramíneas; su género es *zea* y su especie *mays L.*; su eficiencia para la capacidad de adsorción de metales pesados depende de las características físicas y químicas, como el nivel de humedad del biosorbente y la masa. Por otro lado, la presencia de lignina en el biosorbente es fundamental para el proceso de tratamiento del agua, pues de esto depende principalmente su funcionamiento y/o eficiencia. La lignina se encuentra unida por enlaces de carbono – carbono, es un polímero tridimensional de fenilpropano (Tabla 1). El cual se encarga de brindar resistencia y dureza a las plantas. Así mismo, es el polímero orgánico más exuberante después de los polisacáridos que existen en el reino vegetal (Muñiz Rondan, 2016); (Huallpa Sulca, 2017).

Tabla 1. Composición química de los residuos del maíz

Compuesto	Hoja de mazorca porcentaje (%) base seca	Bagazo de mazorca porcentaje (%) base seca	Bagazo de caña de azúcar porcentaje (%) base seca
Holocelulosa	78,86	73,24	59 – 76
Celulosa	43,14	41,67	32 – 44
Lignina	23,00	19,98	19 – 24
Cenizas	0,761	1,300	1,5 – 5,0

Fuente: (Huallpa Sulca, 2017).

La cáscara de naranja son residuos orgánicos, pertenecientes al fruto de la naranja conocida científicamente como *Citrus x sinensis*, es un árbol frutal el cual pertenece a la familia rutaceae, su orden es sapindales, su división es magnoliophyta. Según la información estadística brindada por el Departamento de Agricultura de EE. UU, la producción a nivel mundial del fruto de la naranja en el año 2015 fue de 47 075 000 toneladas. En el Perú según el Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA), la producción de naranja a nivel nacional en el mismo año fue de 82,300 toneladas. La cascara de naranja contiene propiedades formadas en su estructura de pectina, celulosa, pigmentos, elementos de bajo peso molecular y hemi-celulosa; estos componentes principales permiten la absorción de metales pesados de una manera eficaz en el tratamiento de agua para consumo humano (Llamuca Ñaunay, 2018). Así también, dentro de las propiedades de la biomasa lignocelulósica encontramos a la lignina, este polímero tiene cadenas largas lineales o ramificadas, las cuales se encuentran en las paredes celulares de la planta, su nivel de eficiencia dependerá de su afinidad por los iones metálicos y conocer sus grupos funcionales que posee este biosorbente (Tejada et al., 2014).

La *Eichhornia crassipes*, conocida comúnmente como Jacinto de Agua, pertenece a la familia Pontederiaceae, de la clase Liliopsida, que crece en las aguas dulces de la cuenca del Amazonas en las regiones cálidas de América del Sur. Es una especie flotante que mantiene sus raíces sumergidas, carece de tallo, tiene un rizoma

emergente del cual parte un rosetón de hojas con una superficie esponjosa, la cual forma una vejiga llena de aire que le permite mantenerse en la superficie acuática, en su mayoría llegan a medir alrededor de 30 cm, su color es verde oscuro y de hojas acorazonadas. Capaces de detener en corto tiempo el transcurso del agua, por lo que en algunos lugares es considerada mala hierba. Su reproducción es sencilla y se da través de la división de estolones durante su mejor época, lo que ocasiona naturalmente la colonización en poco tiempo de grandes superficies acuáticas. Es usada comúnmente para la producción de biogás, abono verde, fertilizante y elaboración de artesanías. Así mismo, sirve como planta purificadora de aguas contaminadas, pues tiene capacidades para la absorción de metales pesados y demás contaminantes, mejorando la calidad de agua, para su reutilización en sistemas de riego y otros usos secundarios (López Jerves, 2012).

El arsénico es un metal pesado de origen hidrotermal con mayor distribución en la corteza terrestre, a causa de los procesos de disolución de minerales este llega a los cuerpos de agua principalmente debido a las actividades mineras y en pocos casos por causas naturales. El incremento de pH puede aumentar el nivel de concentración de arsénico en el agua. El arsénico tiene un color gris plateado, amorfa, quebradizo, su olor es aliáceo que al encontrarse expuesto al aire húmedo se oxida con facilidad. Así mismo es un producto secundario proveniente de las impurezas de los demás metales pesados como el plomo, cobre, oro y zinc. De acuerdo a los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA), se especifica en la categoría 1, sub categoría B, para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, que el nivel de arsénico máximo no debe superar los 0.01 mg/L (MINAM, 2017). El agua contaminada por arsénico es veneno lento, su toxicidad afecta gravemente al organismo a través de procesos de metilación, los cuales ocasionan productos altamente reactivos que perjudican al ADN. Los principales síntomas son la decoloración de la piel y la queratosis, problemas que posteriormente generan graves daños al riñón e hígado, en ocasiones pueden producir cánceres (Montero et al., 2010).

El plomo es un metal pesado tóxico el cual tiene como características un color azulado, es inelástico, flexible, forma compuestos orgánicos metálicos, óxidos y sales en grandes cantidades, su peso y número atómico es de 207.19 y 82 respectivamente, tiene resistencia a la corrosión. Existen diversas fuentes de contaminación las cuales se presentan por actividades antropogénicas o de manera natural, el material particulado de Pb es fácilmente transportado por el viento, llegando a contaminar zonas como ríos, lagos u océanos, esto debido a su capacidad de bioacumulación en los animales y plantas llegando a afectar al ser humano a través de la cadena trófica. La manifestación de plomo prácticamente afecta a los órganos del ser humano en general, provocando anemia, aumento de presión sanguínea, cáncer, daño renal y sistema nervioso, en los niños aumentan los problemas de aprendizaje y retraso mental, las mujeres embarazadas presentan efectos negativos, llegando a provocar abortos espontáneos y partos prematuros (Ramírez Moreira, 2017).

Esta investigación, tiene como problema general la siguiente interrogante ¿Qué efecto produce el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) para la reducción de Arsénico y Plomo en el agua potable de Pasco? de la cual se logró formular los siguientes problemas específicos ¿Cuál es el porcentaje de Arsénico reducido mediante el consorcio del biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)? y ¿Cuál es el porcentaje de Plomo reducido mediante el consorcio del biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)?.

La justificación de la presente investigación surge ante los diversos problemas socio-ambientales, que se vive a diario en Cerro de Pasco, debido a la escasez y la contaminación que aqueja significativamente la baja calidad del agua potable, donde el bienestar y la salud de los pobladores se ven afectados. Los países en desarrollo tales como Asia, África y América Latina, se encuentran frente a una inadecuada cantidad y calidad del agua dulce para consumo, debido a la contaminación del recurso hídrico principalmente por las industrias mineras entre otros. Actualmente, se está considerando como uno de los problemas más críticos que viene enfrentando la humanidad, donde la utilización del agua de lagos, acuíferos y ríos es utilizada más

precipitadamente de los que se demora en renovarse. En la provincia de Cerro de Pasco, la contaminación del agua es afectada directamente por la presencia de diversos metales pesados como el Arsénico, Cadmio, Plomo, Cobre, Aluminio, entre otros. Para la presente investigación se realizó una prueba testigo con la finalidad de determinar y enfocarse en los contaminantes con mayor presencia en el agua. Con respecto al diseño del sistema de biofiltro, el costo de los materiales empleados es bajo y de fácil acceso, pues se encuentran en el entorno del lugar. Así mismo, la instalación y/o implementación del proceso de filtración será realizado antes del ingreso del agua a los domicilios (Cortes Velázquez, 2015).

El objetivo general es determinar el efecto que produce el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) para la reducción de Arsénico y Plomo en el agua potable de Pasco. Así mismo, como objetivos específicos, determinar el porcentaje de Arsénico reducido mediante el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) y determinar el porcentaje de Plomo reducido mediante el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados).

La hipótesis general se planteó de la siguiente manera, el efecto que produce el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) es eficaz para la reducción de Arsénico en el agua potable de Pasco. Por lo cual surgen las siguientes hipótesis específicas, el porcentaje de Arsénico reducido mediante el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) es mayor al 50% en el agua potable de Pasco y el porcentaje de Plomo reducido mediante el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) es mayor al 50% en el agua potable de Pasco.

II. MÉTODO

Esta investigación tiene un método de ensayo – error, pues consiste en una situación donde se obtiene conocimientos, procedimentales como proposicionales. En la cual se prueba una alternativa (consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)), y verificar su funcionamiento. Si esta funciona, como resultado se obtiene una solución (reducción de Arsénico y Plomo en el agua potable de Pasco). Caso contrario, se prueba con otra alternativa.

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación es aplicada, pues su principal objetivo es reducir el nivel de arsénico y plomo que contiene el agua potable en la provincia de Pasco, con el uso del consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados), para el consumo de agua potable dentro de los límites máximos permisibles de acuerdo al ECA en el Perú.

El diseño de la investigación es experimental tecnológico, pues se cumplen los cuatro niveles de la investigación básica (Exploratoria, descriptiva, explicativa y predictiva o técnica), el enfoque es cuantitativo, dado a que este tipo de estudio tiene características propias tales como: La presencia de grupo control y la toma de muestras por criterio, donde la variable independiente (consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)), es manejada para posteriormente hacer la medición de la variable dependiente (Reducción del arsénico y plomo en el agua potable de Pasco).

2.2. Operacionalización de variables

Tabla 2. Cuadro de Operacionalización de Variables

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Medida
Reducción del Arsénico y Plomo	El arsénico es un metal pesado de origen hidrotermal con mayor distribución en la corteza terrestre, principalmente debido a las actividades mineras, es un producto secundario proveniente de las impurezas de los demás metales pesados como el plomo, cobre, oro y zinc (MINAM, 2017).	Se realiza su procedimiento mediante pruebas de laboratorio de análisis físico y químico	Nivel de reducción del arsénico y plomo	Concentración inicial	mg/L
				Concentración final	mg/L
Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Medida
Consortio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)	Los biofiltros ecológicos, son una alternativa de desarrollo sostenible, su principal finalidad es remover contaminantes en los cursos de agua. Los factores que se deben tener en cuenta para el diseño del biofiltro, depende del tipo de contaminante que se quiere remover, la asociación con otros materiales naturales y las medidas longitudinales, de esto depende el nivel de su eficiencia (Tapia y Villavicencio, 2007).	La capacidad de filtración entre la relación existente de los diversos componentes utilizados en el diseño del biofiltro (Estratos y especies vegetales). La fórmula para medir la eficiencia será; concentración inicial menos concentración final, entre la concentración inicial; multiplicado por cien.	Características del consorcio de biofiltro	Dimensiones	
				Superficie	m ²
				Volumen	litro
				Caudal	litro/min
				Estructura	
				<i>Eichhornia crassipes</i>	unidades/mes
				Coronta de Maíz	kg/mes
				Cáscara de Naranja	kg/mes
Agregados	m ³				

Fuente: elaboración propia.

2.3. Población, muestra y muestreo

En la investigación, la población es la cantidad de agua potable proveniente de la planta de tratamiento a cargo de EMAPA PASCO S.A. ubicada en el Distrito de Rancas, la cual distribuye agua potable a más de 20,000 personas que habitan entre los Distritos de Simón Bolívar, Yanacancha y Chaupimarca (Ver Anexo 1).

Se tomó como muestra 1,100 L, la cual será obtenida del caudal de agua potable en la entrada del consorcio de biofiltro, el cual se encuentra instalado en una vivienda ubicada en el distrito de Chaupimarca, con la finalidad de poder observar la eficiencia de filtración del sistema con el transcurso del tiempo (Ver Anexo 1).

El tipo de muestreo es no probabilístico, en la cual, la técnica aplicada fue por conveniencia, pues las muestras fueron seleccionadas según criterio de los investigadores.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

En la presente investigación se utilizó la técnica observacional, donde asociación de los sistemas continuos de las etapas del biofiltro, se encargó de la reducción de arsénico, plomo y la purificación del agua potable provenientes de la planta de tratamiento en la provincia de Pasco (Ver Tabla 3).

El instrumento utilizado durante la investigación fue la tabla de concentración testigo y final del agua potable. Donde se realiza el registro de los resultados obtenidos mediante los análisis del monitoreo según los parámetros físico-químico y metales pesados, que se da antes y después del tratamiento del agua potable (Ver Tabla 3).

Tabla 3. *Procedimiento general del desarrollo de la investigación*

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADOS
Construcción del sistema de biofiltración	Tesistas	Observacional	Componentes del sistema de filtración	Funcionamiento del sistema de biofiltración
Recolección de la muestra TESTIGO proveniente de la vivienda en la provincia de Pasco	Estándares de calidad ambiental para agua (ECA)	Observacional	Fichas de registro de datos y cadena de custodia	Demostración de los resultados obtenidos en el laboratorio (condiciones iniciales)
Recolección de muestra después del tratamiento de biofiltración para los análisis de metales pesados	Tesistas	Observacional	Fichas de registro de datos y cadena de custodia	Demostración de los resultados obtenidos en el laboratorio (condiciones finales)

Fuente. elaboración propia.

La validez del instrumento es considerado válido, cuando este mide la variable que se quiere analizar usando un método específico (Huallpa Sulca, 2017).

La confiabilidad del instrumento se da cuando este nos brinda resultados iguales al momento de ser medido repetitivas veces en diferentes tiempos a un objeto o individuo (Huallpa Sulca, 2017).

La validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, utilizados en el proyecto de investigación fueron validados por tres jueces y/o expertos (Ver Tabla 4), que cumplen los requisitos de contar con el grado académico de doctor, los cuales calificaron con porcentajes desde 0 a 100% (ver anexo 2), que mediante sus experiencias evaluaron y analizaron los problemas, objetivos e hipótesis planteadas en la matriz de consistencia (Ver Anexo 2).

Tabla 4. *Validación de instrumentos por expertos*

DOCTOR	CONFIABILIDAD	CIP
Jiménez Calderón, Cesar Eduardo	96.5%	42355
Ordoñez Gálvez, Julio Cesar	85.0%	89972
Jave Nakayo Jorge Leonardo	90.0%	43444

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Procedimiento

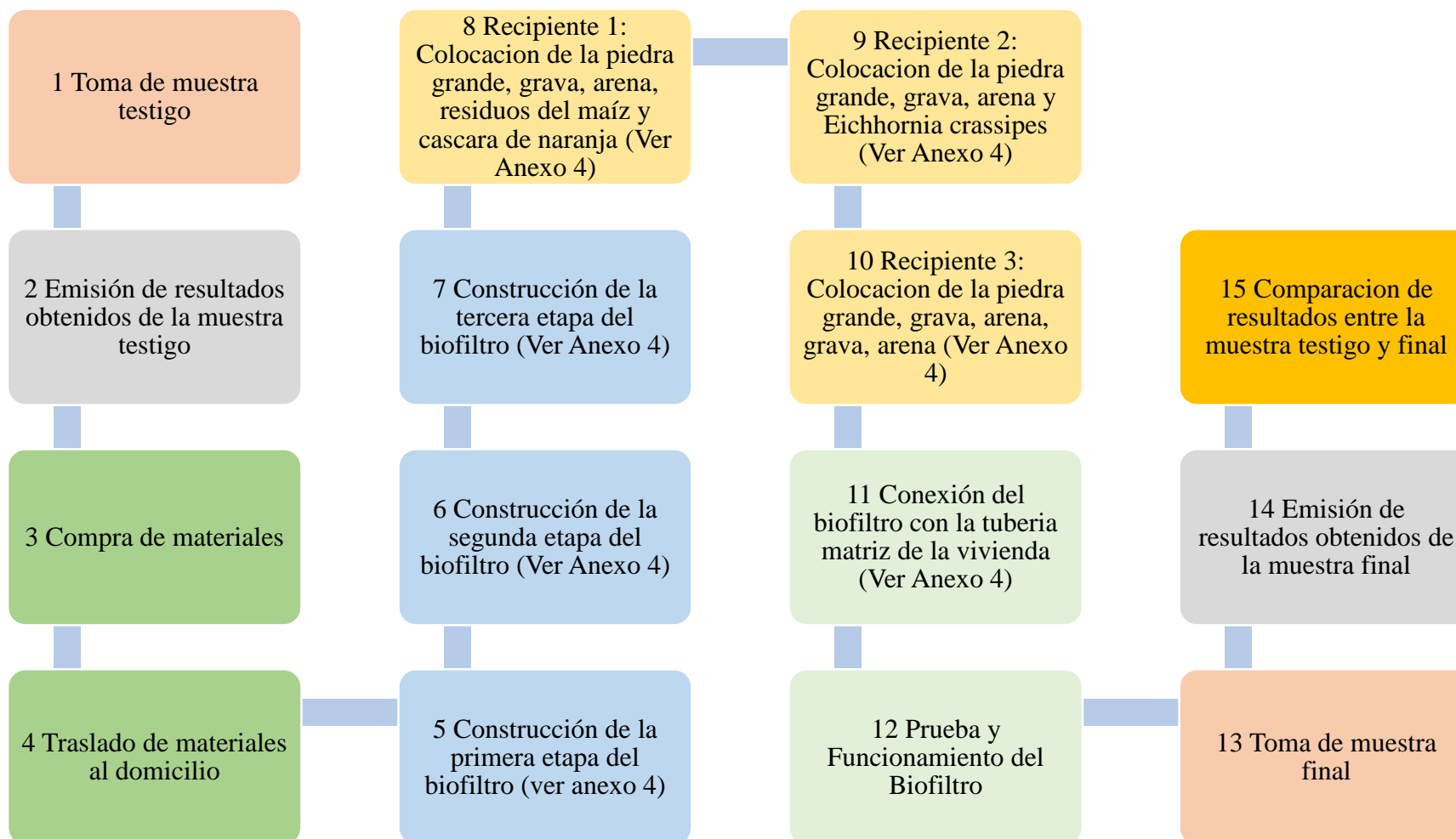


Figura 1. Procedimiento de la investigación.

La investigación fue realizada en el distrito de Chaupimarca en la provincia de Pasco, en una vivienda ubicada en las coordenadas -10.689089 latitud y -76.243786 longitud. La provincia de Pasco se encuentra situada a 4380 m.s.n.m., cuenta con yacimientos de cobre, zinc, plata y plomo por lo que es conocida como la capital minera del Perú, su clima varía de acuerdo a las épocas del año. Por lo general es frío seco, su temperatura promedio es de 5.9 °C.

Para la **construcción** las dimensiones del biofiltro fueron de 115cm x 175 cm x 90 cm, y un volumen neto de 1.032 litros. Se utilizaron los siguientes materiales, Piedra grande (2 m³), hormigón (7 bolsas), arena fina (1 m³), ladrillos (150 unidades), grava (1 m³), pintura de agua (2 unidades), entre otros. Los cuales fueron comprados del mismo lugar, con el objetivo de facilitar su transporte hacia la vivienda. Se inició con la construcción de la base para la plataforma del biofiltro, la cual fue igualada con piedra grande y hormigón, posteriormente se construyó la estructura del sistema que consta de 3 contenedores para la filtración de agua en una superficie plana y elevada del ras del suelo, el tanque de 1,100 L fue instalado a la entrada del biofiltro, el cual se encuentra a 30 cm de la altura total del sistema. Adicional a esto, se construyó un lavadero al costado del sistema con finalidad de distribuir el agua del tanque, tanto para el biofiltro (agua de consumo) y para su uso diario, así mismo, se realizó el tarrajeo y pintado general a todo el sistema de color azul, posteriormente se procedió a realizar la colocación de los agregados a los tres contenedores del sistema. Por último, se realizó la instalación de un recipiente para facilitar a la familia el cambio de materia prima, instalación de dos tapas protectoras para evitar el ingreso de partículas no deseadas y la construcción de un techo para protección de las especies vegetales y evitar el contacto de la lluvia con el agua tratada (Ver Anexo 5).

Para la **preparación** de los biosorbentes se recolectaron 5 kg de cáscara de naranja, 2 kg de panca y 3 kg de coronta del maíz, las cuales estas dos últimas fueron obtenidos del mismo terreno de producción de la familia y la cáscara de naranja se obtuvo de los comerciantes de la zona, con respecto a la *Eichhornia crassipes* fue transportada desde la ciudad de Lima. Una vez adquirida la materia prima esta fue lavada con la finalidad de eliminar algunos compuestos indeseables presentes, luego para la facilitación del secado se cortaron en trozos pequeños todos los materiales y se dejó secar al ambiente por 2 semanas. Por último, los residuos de la naranja y del maíz fueron colocados en un recipiente en el contenedor N° 01,

mientras la especie vegetal (Jacinto de agua) fue colocada en el contenedor N° 02 de manera flotante (Ver Anexo 6).

El proceso de **funcionamiento** del biofiltro fue llevado a cabo de la siguiente manera; se inició con el llenado del tanque de agua (ROTOPLAS) de 1,100 litros, en el periodo de una semana, debido a que el agua solo llega dos días por semana (martes – viernes) y el horario es de aproximadamente una hora. Luego se procedió a iniciar con el llenado del primer contenedor el cual tiene un volumen de 392 litros, con un caudal de agua de 20 L/min y el tiempo de llenado total fue de 30 minutos. El segundo y tercer contenedor tienen un volumen de 320 litros, el tiempo de llenado total fue de 2 horas, debido a que el caudal de agua es de 3 L/min. Al finalizar el llenado total del biofiltro, el caudal de la salida de agua es de 6 L/min, del cual se procedió a realizar la toma de muestras, para los análisis respectivos en el laboratorio (Ver Anexo 7).

2.6. Método de análisis

La presente investigación sobre el uso del consorcio de biofiltro para la reducción de arsénico en el agua potable de Pasco, se usaron los siguientes programas para el procesamiento estadístico de análisis de datos (Excel). En las cuales todos los datos recolectados tanto iniciales como finales, provenientes del laboratorio fueron ingresados para la obtención de los resultados, los cuales serán presentados mediante la cadena de custodia. Se empleó la normativa nacional el Decreto Supremo N° 004-2017- MINAN. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA). La cual, se encuentra en la Categoría 1: Poblacional y Recreacional (Ver Anexo 9).

2.7. Aspectos éticos

En la presente investigación, se tuvo en cuenta el respeto a la propiedad intelectual, la biodiversidad y medio ambiente; la responsabilidad política, social, ética y jurídica. Por otro lado, la veracidad de los resultados otorgados por los laboratorios donde se realizaron los análisis de las muestras obtenidas son acreditados. Así mismo, salvaguardar la identidad de las personas que ayudaron en el estudio de investigación, etc.

III. RESULTADOS

Para la determinación de la reducción de arsénico en el agua potable de Cerro de Pasco, se realizó 1 muestra inicial (antes del biofiltro), para poder comprobar su nivel de reducción en las 6 muestras tomadas a la salida del biofiltro, teniendo en cuenta los diferentes tiempos con que fue tomada cada muestra (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Reducción de arsénico en las muestras

MUESTRAS	Tiempo	Metal	Concentración Inicial (antes del biofiltro)	Concentración Final (después del biofiltro)	Reducción De Arsénico
M ₁	24 h	As	0.028 mg/L	0.025 mg/L	0.003 mg/L
M ₂	48 h		0.028 mg/L	0.021 mg/L	0.007 mg/L
M ₃	72 h		0.028 mg/L	0.017 mg/L	0.011 mg/L
M ₄	96 h		0.028 mg/L	0.014 mg/L	0.014 mg/L
M ₅	120 h		0.028 mg/L	0.012 mg/L	0.016 mg/L
M ₆	144 h		0.028 mg/L	0.010 mg/L	0.018 mg/L

Fuente: Elaboración propia.

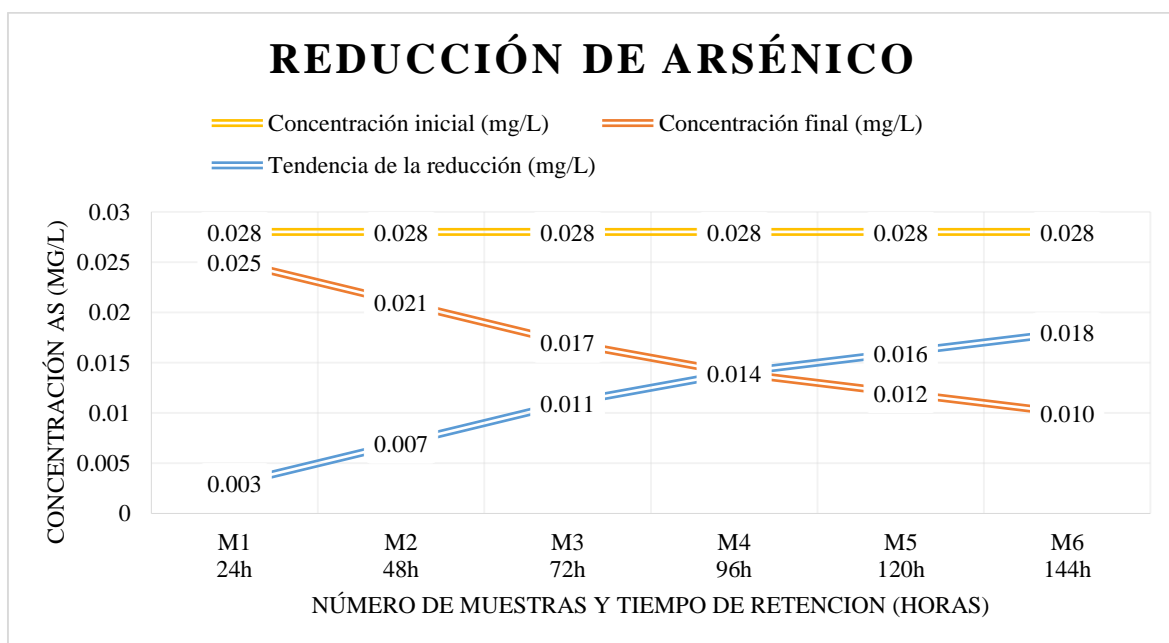


Figura 2. Comparación de reducción de arsénico en las 6 muestras

En la figura 2 podemos observar, que la tendencia de la reducción de arsénico fue mayor en la M₆ con un resultado de 0.018 mg/L a comparación de la M₁ con 0.003 mg/L, la M₂ con 0.007 mg/L, la M₃ con 0.011 mg/L, la M₄ con 0.014 mg/L y la M₅ con 0.016 mg/L, esto debido al tiempo de retención que tiene cada muestra.

Para la determinación de la reducción de plomo en el agua potable de Cerro de Pasco, se realizó 1 muestra inicial (antes del biofiltro), para poder comprobar su nivel de reducción en las 6 muestras tomadas a la salida del biofiltro, teniendo en cuenta los diferentes tiempos con que fue tomada cada muestra (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Reducción de plomo en las muestras

MUESTRAS	Tiempo	Metal	Concentración Inicial (antes del biofiltro)	Concentración Final (después del biofiltro)	Reducción De Plomo
M ₁	24 h	Pb	0.019 mg/L	0.016 mg/L	0.003 mg/L
M ₂	48 h		0.019 mg/L	0.015 mg/L	0.004 mg/L
M ₃	72 h		0.019 mg/L	0.013 mg/L	0.006 mg/L
M ₄	96 h		0.019 mg/L	0.011 mg/L	0.008 mg/L
M ₅	120 h		0.019 mg/L	0.010 mg/L	0.009 mg/L
M ₆	144 h		0.019 mg/L	0.009 mg/L	0.010 mg/L

Fuente: Elaboración propia.

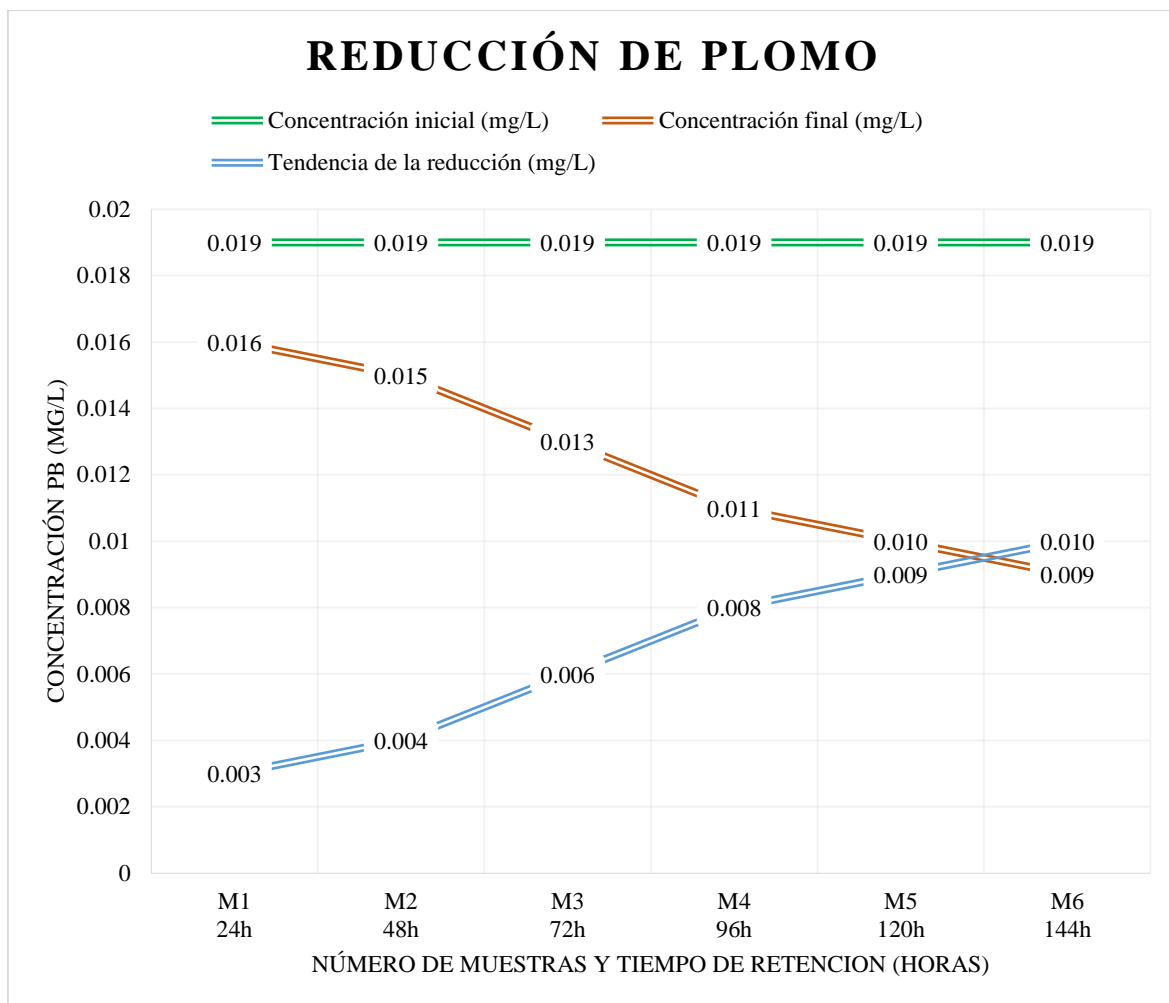


Figura 3. Comparación de reducción de plomo en las 6 muestras

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 podemos observar, que la tendencia de la reducción de plomo fue mayor en la M₆ con un resultado de 0.010 mg/L a comparación de la M₁ con 0.003 mg/L, la M₂ con 0.004 mg/L, la M₃ con 0.006 mg/L, la M₄ con 0.008 mg/L y la M₅ con 0.009 mg/L, esto debido al tiempo de retención que tiene cada muestra.

Para la determinación del porcentaje de reducción de arsénico en el agua potable de Cerro de Pasco, se realizaron 7 muestras en total, entre ellas 1 muestra inicial (antes del biofiltro), para poder comprobar el porcentaje de reducción en las 6 muestras adicionales tomadas a la salida del biofiltro, teniendo en cuenta los diferentes tiempos con que fue tomada cada muestra (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje de reducción de arsénico en las muestras

MUESTRAS	Tiempo	Metal	Concentración Inicial (antes del biofiltro)	Concentración Final (después del biofiltro)	% de reducción de Arsénico
M ₁	24 h	As	0.028	0.025	10.7%
M ₂	48 h		0.028	0.021	25.0%
M ₃	72 h		0.028	0.017	39.3%
M ₄	96 h		0.028	0.014	50.0%
M ₅	120 h		0.028	0.012	57.1%
M ₆	144 h		0.028	0.010	64.3%

Fuente: Elaboración propia.

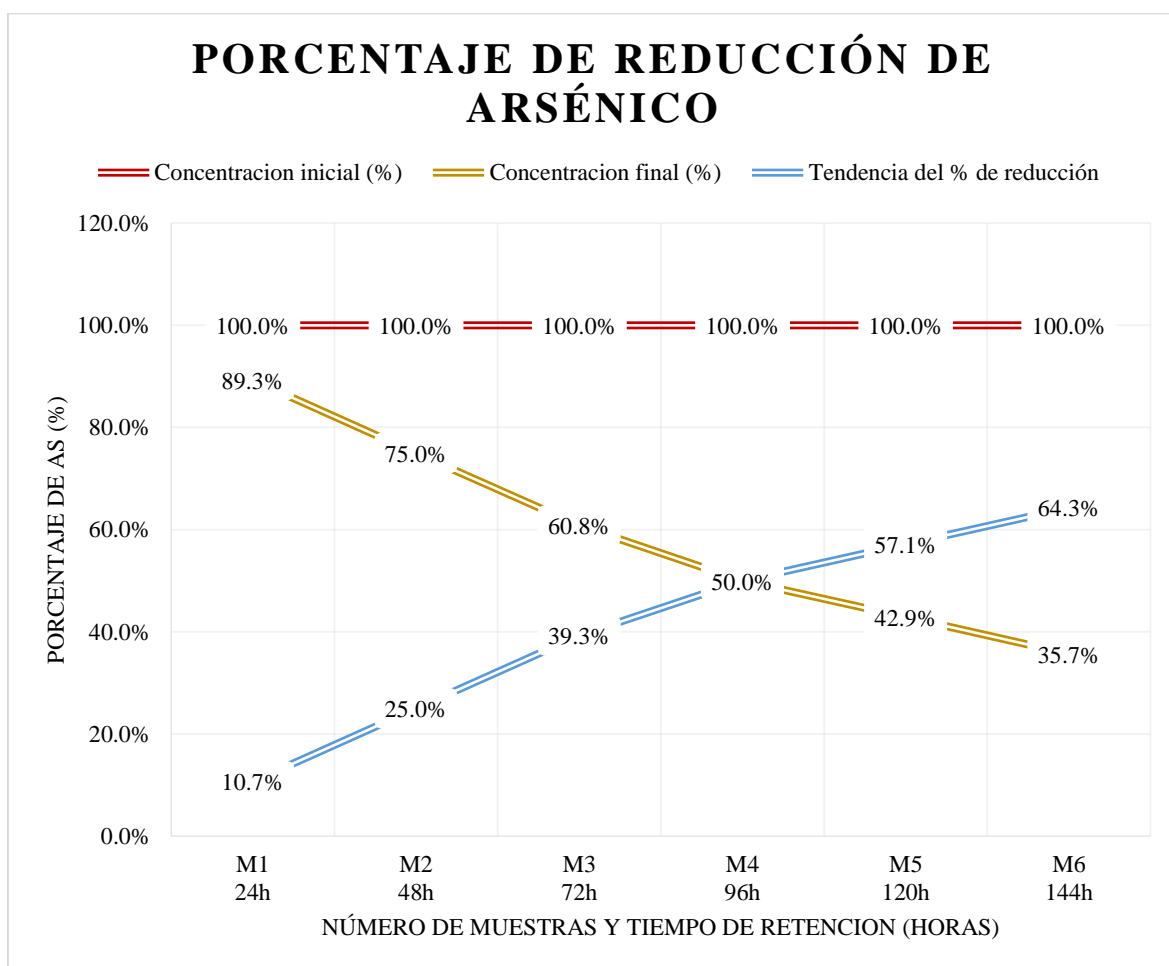


Figura 4. Porcentaje de reducción de As.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 podemos observar, que el porcentaje de reducción de arsénico después de utilizar el consorcio del biofiltro fue de 10.7% la M₁, 25.0% la M₂, 39.3% la M₃, 50.0% la M₄, 57.1% la M₅ y 64.3% la M₆, siendo esta última muestra la que obtuvo mayor reducción de arsénico a comparación de las demás muestras, esto debido al tiempo de retención que tiene cada una de las muestras.

Para la determinación del porcentaje de reducción de plomo en el agua potable de Cerro de Pasco, se realizó 1 muestra inicial (antes del biofiltro), para poder comprobar el porcentaje de reducción en las 6 muestras tomadas a la salida del biofiltro, teniendo en cuenta los diferentes tiempos con que fue tomada cada muestra (Ver Tabla 8).

Tabla 8. *Porcentaje de reducción de plomo en las muestras.*

MUESTRAS	Tiempo	Metal	Concentración Inicial (antes del biofiltro)	Concentración Final (después del biofiltro)	% de reducción de Plomo
M ₁	24 h	Pb	0.019	0.016	15.8%
M ₂	48 h		0.019	0.015	21.1%
M ₃	72 h		0.019	0.013	31.6%
M ₄	96 h		0.019	0.011	42.1%
M ₅	120 h		0.019	0.010	47.4%
M ₆	144 h		0.019	0.009	52.6%

Fuente: Elaboración propia.

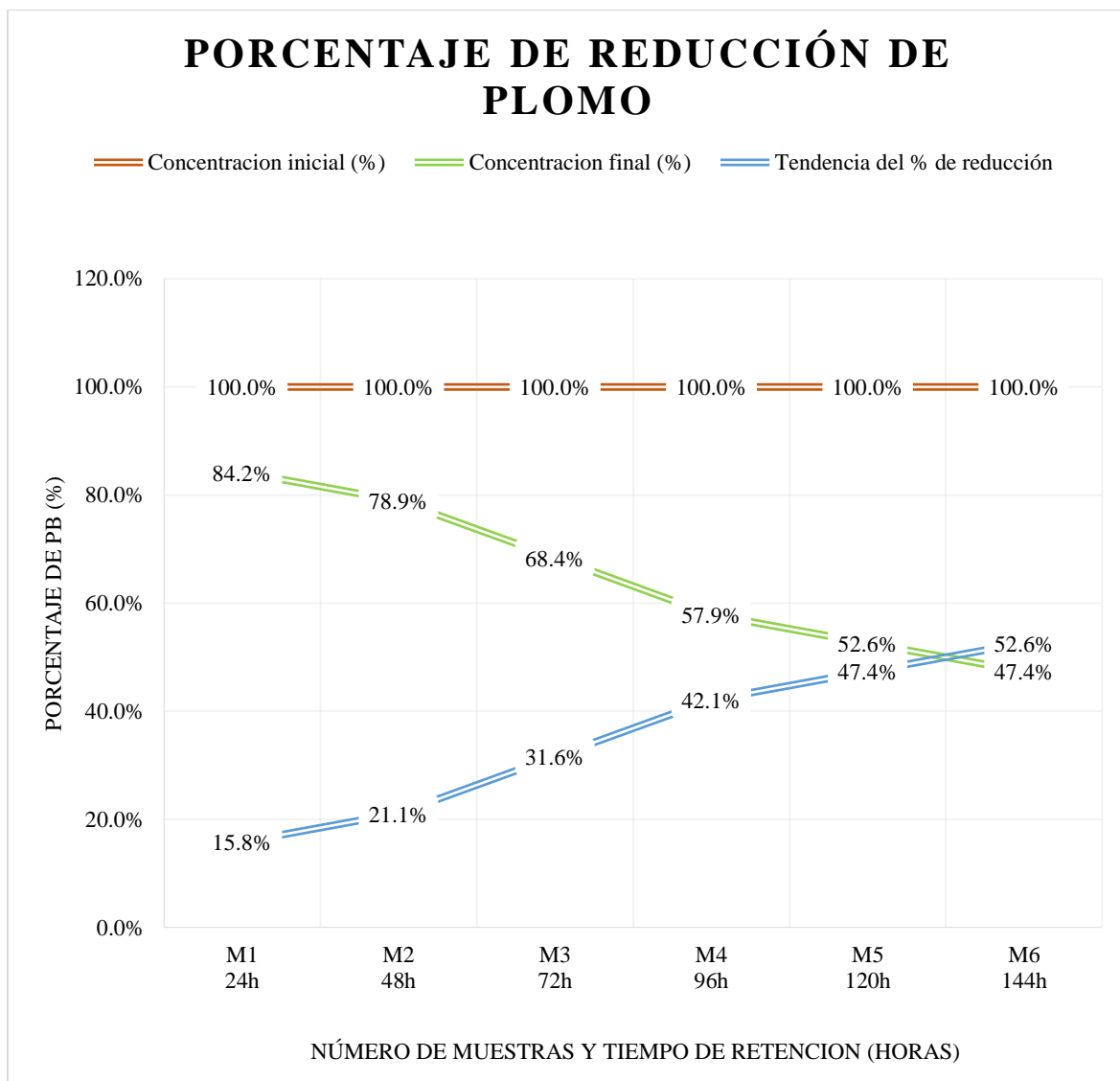


Figura 5. Porcentaje de reducción de Pb.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se observa, que el porcentaje la reducción de plomo fue mayor en la M₆ con un resultado de 52.6% a comparación de la M₁ con 15.8%, la M₂ con 21.1%, la M₃ con 31.6%, la M₄ con 42.1% y la M₅ con 47.4%, esto debido al tiempo de retención que tiene cada muestra.

En la siguiente tabla podemos observar los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua potable de Cerro de Pasco, los cuales varían en las 7 muestras tomadas en total, donde se realizó 1 muestra inicial (antes del biofiltro), para poder comprobar la diferencia entre las

6 muestras tomadas a la salida del biofiltro, teniendo en cuenta los diferentes tiempos con que fue tomada cada muestra (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Análisis de pH, temperatura, conductividad, DBO y DQO.

PRE-TEST						
Muestra	Tiempo	pH	Temperatura °C	Conductividad (uS/cm)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
M ₀	0 h	7.1	10	600	2.6	4.5
POST-TEST						
Muestra	Tiempo	Ph	Temperatura °C	Conductividad (uS/cm)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
M ₁	24 h	6.3	9	630	-	-
M ₂	48 h	6.5	11	650	-	-
M ₃	72 h	6.4	9	620	-	-
M ₄	96 h	6.6	10	640	-	-
M ₅	120 h	6.5	11	630	-	-
M ₆	144 h	6.6	9	610	2.6	4.5

Fuente: Elaboración propia.

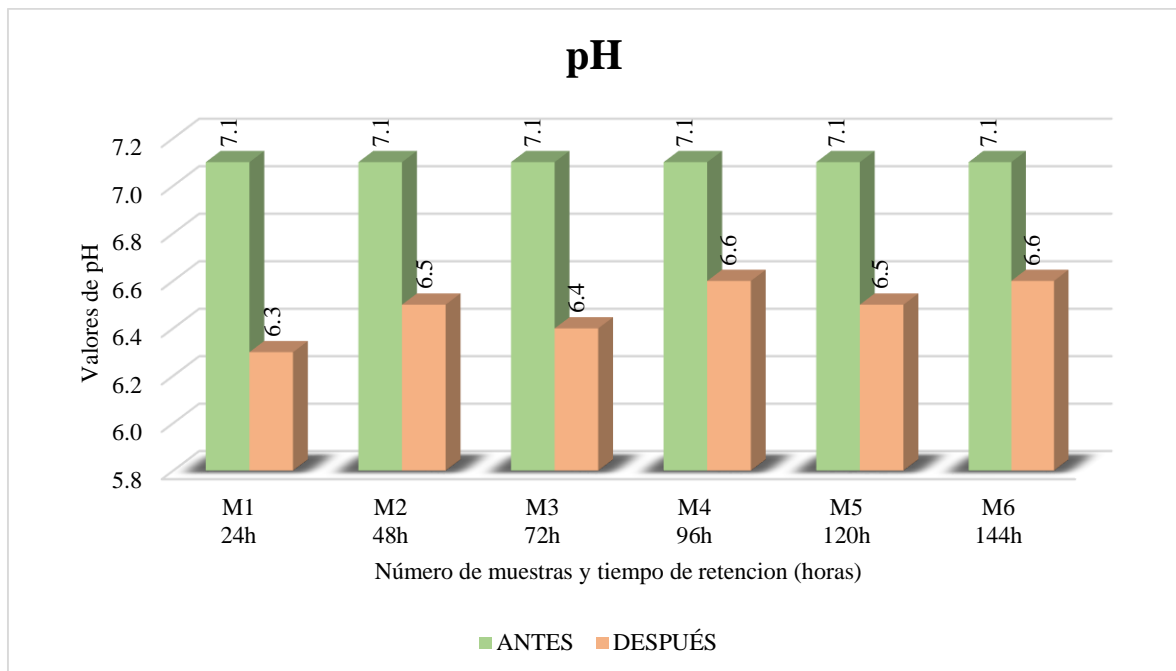


Figura 6. Comparación del pH.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 podemos observar, que los valores del pH, han variado de 7.1 a 6.3 en la M₁, de 7.1 a 6.5 en la M₂ y M₅, de 7.1 a 6.4 en la M₃ y de 7.1 a 6.6 en la M₄ y M₆, esto debido a la materia prima utilizada en el biofiltro.

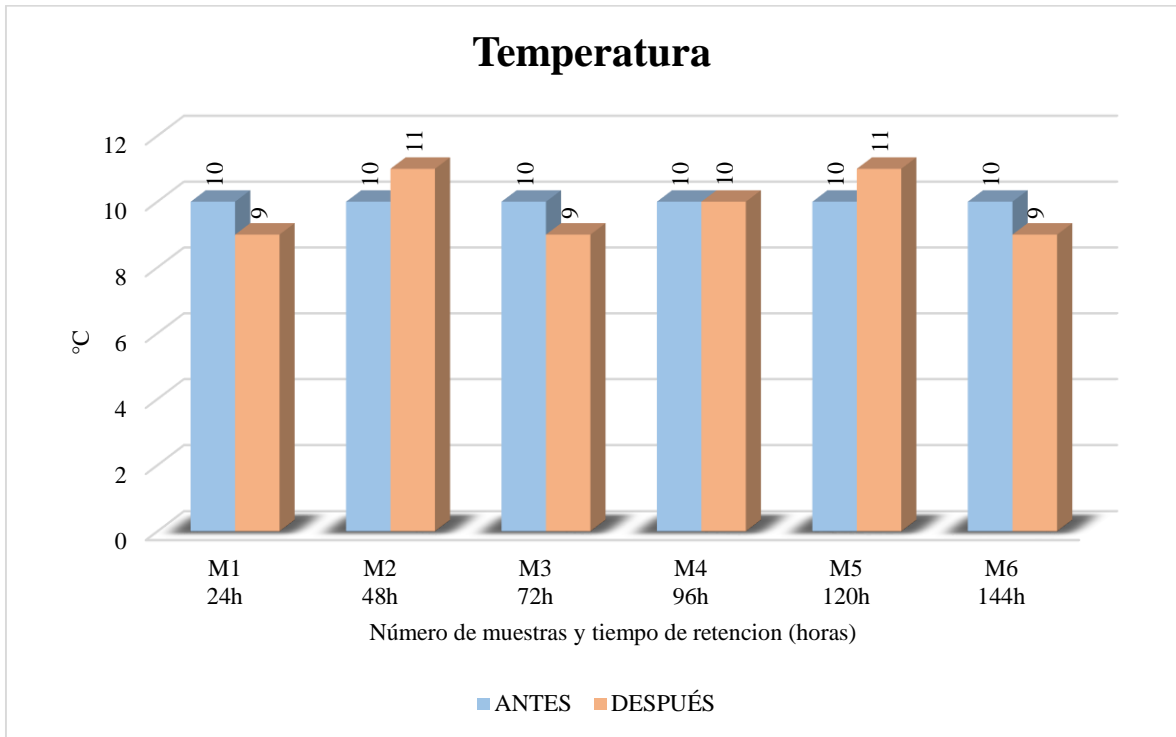


Figura 7. Comparación de temperatura.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 podemos observar, que los valores de la temperatura, se ha mantenido a 10 °C en la M₄, cambiando de 10 °C a 9 °C en la M₁, M₃ y M₆ y de 10 °C a 11 °C en la M₂ y M₅.

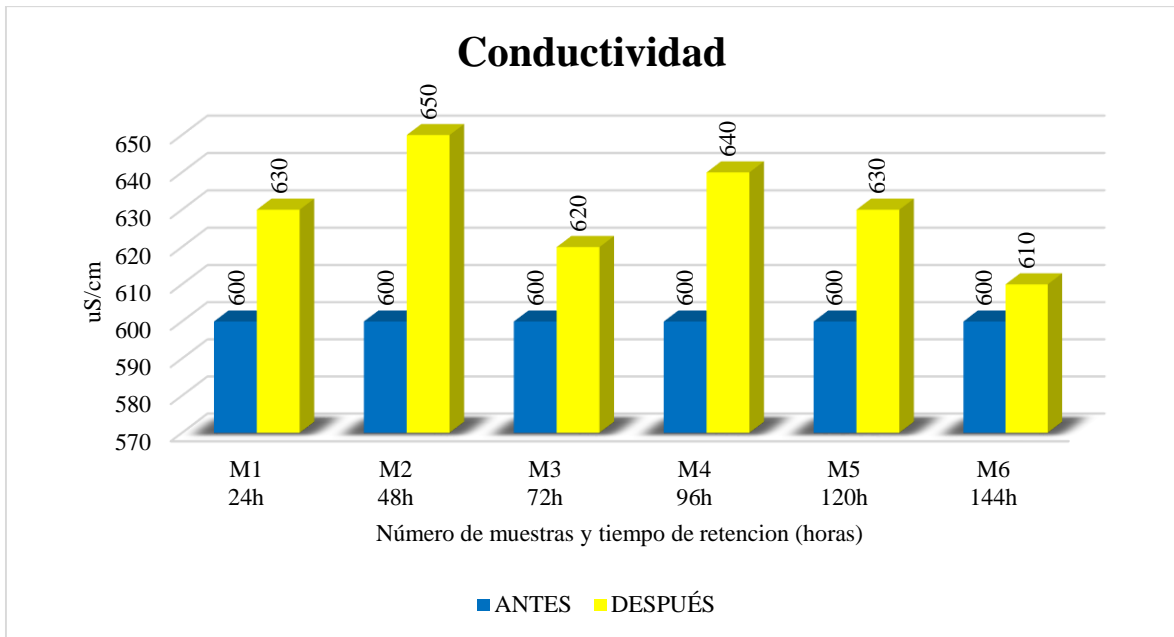


Figura 8. Comparación de conductividad

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 podemos observar, que el valor de la conductividad inicial en las 6 muestras fue de 600 uS/cm, posteriormente coincidieron las M₁ y M₅ con un valor de 630 uS/cm, mientras que las M₂, M₃, M₄ y M₆, se obtuvieron valores de 650 uS/cm, 620 uS/cm, 640 uS/cm y 610 uS/cm, respectivamente.

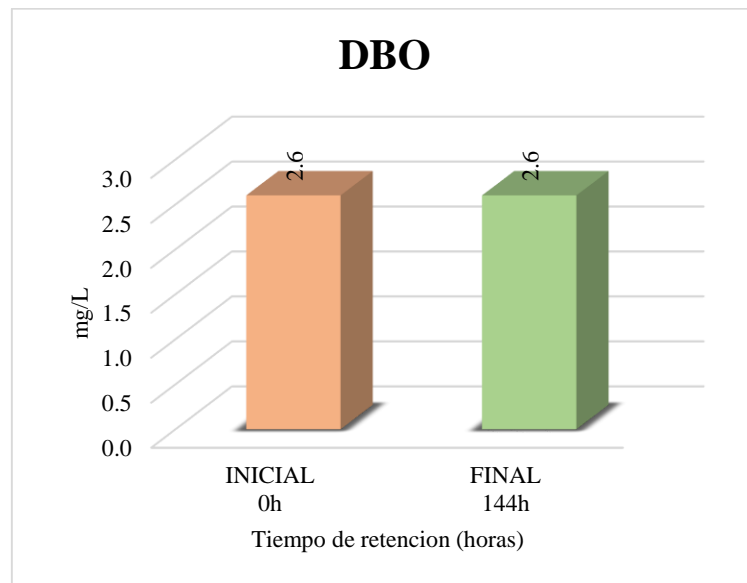


Figura 9. Comparación del DBO

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 los valores obtenidos, tanto en la muestra inicial antes del paso por el consorcio del biofiltro, como en la muestra final a la salida del biofiltro, no se observa ninguna variación en los resultados ya que, estos coinciden con un valor de 2.6 mg/L.

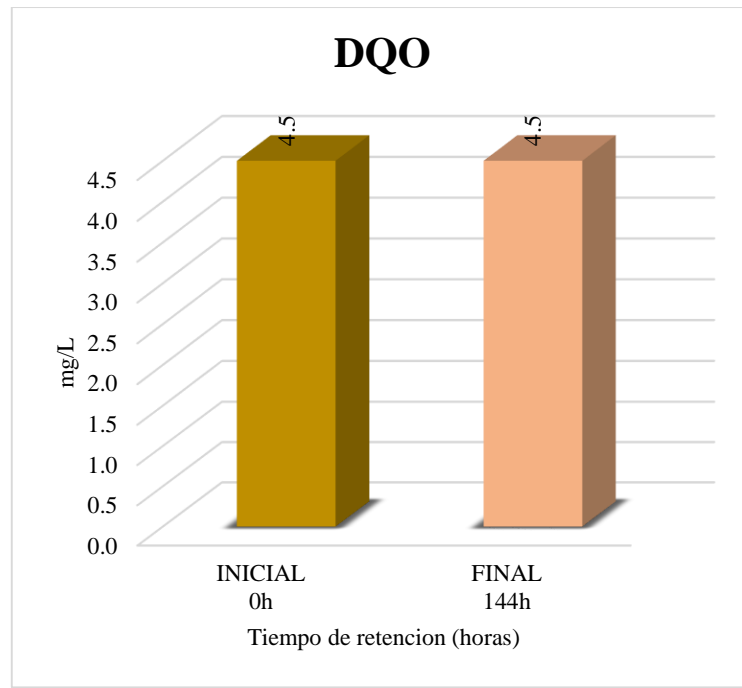


Figura 10. Comparación del DQO

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 los valores obtenidos de la Demanda Química de Oxígeno, tanto en la muestra inicial antes del paso por el consorcio del biofiltro, como en la muestra final a la salida del biofiltro, coinciden con un valor de 4.5 mg/L, por lo que no se observa ninguna variación en los resultados.

IV. DISCUSIÓN

Para la remoción de metales pesados utilizando el biosorbente modificado químicamente generado a partir de la panca de maíz, logro obtener una reducción de arsénico de 0.050 mg/L, donde la concentración inicial fue de 0.113 mg/L y la final de 0.063 mg/L, esta investigación fue desarrollada a nivel laboratorio (Huallpa Sulca, 2017). Así mismo, utilizando la especie vegetal *Eichhornia Crassipes*, se llegaron a obtener resultados positivos en la remoción de plomo, el cual se encontraba con una concentración de 0.115 mg/L a un 0.001 mg/L, obteniendo 0.114 mg/L de remoción total, durante un tiempo de retención de 38 días (Quispe et al., 2017). Por otro lado, en la presente investigación se lograron remover los metales pesados: para el arsénico, con un nivel inicial de 0.028 mg/L se redujo a 0.010 mg/L; mientras que, en el plomo con una concentración inicial de 0.019 mg/L se logró reducir a 0.009 mg/L. Esto nos lleva a afirmar, que el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados), es eficaz en la remoción de los metales pesados lográndose reducir en un 0.018 mg/L el As, mientras que en el Pb se logró una reducción de 0.010 mg/L, durante un intervalo de tiempo de 144 horas.

En la presente investigación, el porcentaje de arsénico reducido entre la concentración inicial de 0.028 mg/L y concentración final de 0.010 mg/L, fue de 64.3% en un intervalo de tiempo de 144 horas. Por otro lado, el porcentaje reducido de arsénico utilizando el biosorbente modificado químicamente compuesto por la panca de maíz, donde el nivel inicial fue de 0.113 mg/L y el nivel final de 0.063 mg/L, arrojó un nivel de remoción de 37.16% (Huallpa Sulca, 2017). Esto nos lleva a afirmar, que la panca de maíz modificada químicamente no sería recomendable ya que, su nivel de remoción no supera el 50%. Mientras que el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados), superó el 50% del nivel de remoción, por ello, es recomendable para el tratamiento de aguas contaminadas por arsénico.

Utilizando la cáscara de naranja tratada químicamente a nivel laboratorio en la remoción de plomo en el agua, el cual tiene como concentración inicial y final resultados de 200 mg/L y 12.8 mg/L respectivamente, logrando un porcentaje de reducción del 93.6% en 25 horas de iniciado el proceso (Muñoz Carpio, 2007). Mientras que, en la presente investigación se obtuvo un porcentaje de reducción del 52.6% entre el nivel inicial y final del plomo de 0.019 a 0.009 respectivamente, en un intervalo de tiempo de 144 horas. Por ello podemos afirmar que, el biosorbente tiene mayor capacidad de remoción cuando es tratado químicamente, sin embargo el consorcio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados), también es recomendable ya que, logro sobrepasar el 50% de remoción de plomo en las aguas contaminadas por dicho metal.

V. CONCLUSIONES

Se ha logrado determinar las concentraciones iniciales de arsénico y plomo en las muestras obtenidas, las cuales fueron: 0.028 mg/L y 0.019 mg/L y las muestras finales fueron de 0.010 mg/L y 0.009 mg/L respectivamente, donde el arsénico reducido fue de 0.018 mg/L y el plomo con 0.010 mg/L, después de un intervalo de tiempo de 144 horas de haber iniciado el proceso. encontrándose los valores finales de ambos metales pasados dentro de los Estándar de Calidad para el Agua (ECA), que son de 0.010 mg/L.

Se logró determinar el porcentaje de reducción de arsénico teniendo como concentración inicial 0.028 mg/L y la final de 0.010 mg/L, obteniendo 64.3% de reducción total en un intervalo de tiempo de 144 horas.

Se ha logrado determinar el porcentaje de reducción de plomo donde la concentración inicial y final, fueron de 0.019 mg/L y 0.009 mg/L respectivamente, obteniendo 52.6% de reducción total en un intervalo de tiempo de 144 horas.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar la medida de los parámetros fisicoquímicos en el mismo sitio de estudio, ya que al momento de ser transportados pueden variar por el cambio de temperatura, tiempo, clima, entre otros factores.

Se recomienda la instalación de un techo artesanal sobre el biofiltro, con la finalidad de proteger a las especies vegetales de las heladas en las temporadas de verano y evitar el ingreso de precipitaciones al sistema.

Se recomienda utilizar mayores cantidades de biosorbentes, para obtener mejores resultados de reducción de metales pesados, cabe mencionar que el tiempo de retención dependerá de la capacidad de absorción de estos biosorbentes.

REFERENCIAS

ACUÑA, José y REYES, Jean. Eficiencia de lumbricus terrestres y Eisenia foetida en el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Bagua – Amazonas, 2015. Tesis (Título profesional de Ingeniería Ambiental). Bagua. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2015. 103 pp. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1208/JOSE%20EDGAR%20ACU%c3%91A%20MARRUFO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ARANGO, Álvaro. La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. Lasallista de Investigación [En línea]. 2004, no. 2. [15 de mayo del 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69510210>.

ISSN 17944449.

Bioadsorción de cromo (VI) por la cáscara de mamey (Mammea americana L.) por Acosta Ismael [et al]. Avances en Ciencias e Ingeniería [En línea]. Abril-junio 2012, n.o 2. [Fecha de consulta: 23 de setiembre de 2019].

Disponible en http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/

ISSN: 0718-8706

CORNEJO, Daniela. Determinación de la eficiencia de remoción de la DBO de agua residual doméstica mediante la utilización de un biofiltro de piedra pómez. Tesis (Título profesional de Ingeniería Ambiental). Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo, 2015. 65 pp. Disponible en: http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3261/CornejoSoldevilla_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CORONEL, Nancy. Diseño e implementación a escala de un biofiltro toha en la esPOCH para la depuración de aguas residuales domesticas procedentes de la comunidad langos la nube. Tesis (Título profesional de Ingeniería en Biotecnología Ambiental). Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015. 95 pp. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4802/1/236T0150.pdf>.

CORTES, Jennifer. Propuesta de un sistema de biofiltración de cromo hexavalente en agua, utilizando olote de maíz. Tesis (Titulo en Ciencias Ambientales). México. Universidad Autónoma del Estado de México, 2015. 112 pp. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/55531698.pdf>.

Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental por Lizbeth Quispe Baldeón [et al]. Investigación, Ciencia, Tecnología y Desarrollo [En línea]. Agosto 2017, [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2019].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.17162/rictd.v1i1.899>

ISSN 2313-7991

HUALLPA, William. Biosorción con panca de maíz (*Zea mays*) para la remoción de Arsénico en aguas contaminadas a nivel de laboratorio, 2017. Tesis (Título profesional en Ingeniería Ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2017. 105 pp. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/16607>.

KAMSONLIAN, Suantak. Biosorption of Arsenico by Mosambi (*Citrus limetta*) Peel: Equilibrium, Kinetics, Thermodynamies and Desorption Study. Asian Journal of Chemistry [en línea]. Mayo 2013, n.o 5. [Fecha de consulta: 19 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/257345124>

LLAGUENTO, Joselyn. Diseño de un biofiltro hecho a base de algas *Diatomeas* para la calidad del agua potable a nivel domiciliario. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/33236/llaguento_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LLAMUCA, Juan. Evaluación de la actividad biosorbente de la cáscara de naranja y espiga de arroz para la remoción de mercurio inorgánico en solución acuosa. Tesis (Título profesional de Ingeniera de Biotecnología Ambiental). Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018. 71 pp. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9752>.

LAVADO, Carmencita y Oré Jiménez. Estudio de la biosorción de plomo divalente de soluciones acuosas usando biomasa modificada de marlo de maíz (*Zea mays*). Soc Quim Perú [en línea]. 2016, n.o 4. [Fecha de consulta: 24 de setiembre de 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000400003

ISSN: 1810-634X

LOPEZ, Daniela. Aprovechamiento de lechuguin (“*Eichhornia crassipes*”) para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de biodigestores. Tesis (Título profesional de Ingeniera Ambiental). Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana, 2012. 207 pp. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1938>.

LORO, Ana. Evaluación de la eficiencia del tratamiento secundario de aguas residuales domesticas utilizando un biofiltro con eisenia foétida y un biofiltro convencional. Tesis (Título profesional de Ingeniera Ambiental). Lima. Universidad

Científica del Sur, 2018. 114 pp. Disponible en: <http://repositorio.cientifica.edu.pe:8080/handle/UCS/567>.

MALDONADO, Amanda, LUQUE, Celestino y URQUIZO Duvalier. Biosorción de plomo de aguas contaminadas utilizando *Pennisetum clandestinum Hochst* (KIKUYO) [En línea]. Lima: 2012, [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en <https://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/347>

MINAN: Estándares de Calidad Ambiental de Agua. Lima: MINAN, 2017. 82 pp. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf.

MUNIZ, Jesús. Eficiencia del biosorbente de coronta de maíz para la adsorción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria Curtiembre Huachipa – 2016. Tesis (Título profesional de Ingeniera Ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2016. 92 pp. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/4668>.

MUÑOZ, Juan. Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja “*citrus cinensis*” penetrada. Tesis (Título profesional de Químico). Lima. Universidad Nacional de San Marcos, 2007. 71 pp. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/391/Mu%c3%bl%20oz_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

RAMIREZ, Lissette. Propuesta de desarrollo de un biofiltro para la remoción de plomo en el agua de consumo de los pobladores del recinto Yurima - Daule. Tesis (Título profesional de Ingeniera Ambiental). Guayaquil. Universidad de Guayaquil, 2017. 93 pp. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21020>.

RIOS, Paola. Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cáscara de banano maduro en polvo. Tesis (Título profesional de Ingeniera en alimentos). Ecuador. Universidad Técnica de Machala, 2014.

Disponible en : <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1579>

RODRIGUEZ, Josué. Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera. Revista Lasallista de Investigación [En línea]. 2018, no. 2. [20 de mayo del 2019]. Disponible en DOI: 10.22507/rli.v15n2a9 ISSN 17944449.

ROJAS, Kary. Diseño y aplicación de un sistema hidraulico de reutilizacion d elas aguas grises, para disminuir el consumo de agua potable en vivienda familiar en el distrito de Jepelacio – 2017. Tesis (Titulo profesional en Ingenieria Sanitario). Moyobamba. Universidad Nacional de San Martin - Tarapoto, 2018. 92 pp. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/3098>.

Uso potencial de pellets para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico en comunidades de Xichú, Gto., México por Alma Serafín Muñoz [et al]. Acta universitaria [en línea]. 2016, n.o. 2. [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2019].

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41649432003>

ISSN: 0188-6266

TAPIA, Francisco. [et. Al]. Uso de Biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego. Boletín INIA [en línea]. 2007. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR35511.pdf>.

TEJADA, Candelaria, VILLABONA, Ángel y GARCÉS Luz. Absorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnologías* [en línea]. 2015, n.o. 34. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234336010.pdf>

ISSN: 0123-7799

TRELLES, Jesús. Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomasa vegetal inerte. Tesis (Magister en ciencias). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.

Disponible en http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1152/1/trelles_bj.pdf

VAZQUEZ, Flor. Biosorción de arsénico por hoja de moringa. Tesis (Título profesional en ingeniería en procesos ambientales). México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, 2016.

Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8299>

VICENTE, Jimmy. Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque, Ute* [En línea]. 2016, pp. 41-56. [18 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>.

VITERI, Marcos. Combinación biológica de dos especies en humedales vegetales sucesivos como biofiltros para la descontaminación de aguas residuales en la planta de tratamiento el peral EP – EMAPA Ambato. Tesis (Magister en Agroecología y Ambiente). Ambato. Universidad Técnica de Ambato, 2014. 151 pp. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7556>.

ANEXOS

Anexo 1: Distritos de Cerro de Pasco y área de estudio.



Figura 11. Distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar.




Figura 12. Planta de tratamiento en el Distrito de Rancas.




Figura 13. Relaves mineros entre la planta de tratamiento y el sitio de estudio.

Anexo 2: Validación y confiabilidad de los instrumentos.

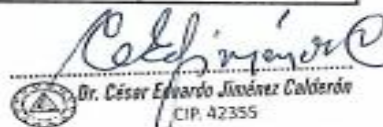
INSTRUMENTO: Características fisicoquímicas y metales pesados (INICIAL Y FINAL)							
UNIVERSIDAD							
ENCARGADOS							
LABORATORIO DE ANALISIS					DIRECCIÓN		
FECHA DE EJECUCIÓN					MUESTRA N°		
INDICADOR	pH	Conductividad	Temperatura	DBO	DQO	Plomo	Arsenico
VALORES PRE (Testigo)							
VALORES POST (Final)							
VALORES COMPARATIVOS							
UNIDADES	Unidad de pH	µS/cm)	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
VALOR SEGÚN NORMATIVA	5,5 - 9,0	1600	Δ 3	≥ 5	1000	0,01	0,01
OBSERVACIONES							



JORGE JAVE
CIP 43984



CEJ



Dr. César Eduardo Jiménez Colóderon
CIP. 42355

Fuente: elaboración propia.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón, Cesar Eduardo
 I.2. Cargo e Institución donde labora: Docente - UCV
 I.3. Especialidad o línea de investigación:

- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

- I.5. Autor(A) de Instrumento: Ambrosio Jago, Denis Natally - Lara Tapia, Shen Harly

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MUY BIEN/ADECUADO			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

96,5 %


 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CP. 42355

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE PAKAYO JORGE LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: MEIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: _____
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Ambrosio Vega, Denise Nataly - Liza Tapia, Shari Marly

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No. 4106653 Tel: 994532085

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: DURANO CRANE, Julia
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
 I.3. Especialidad o línea de investigación:
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
 I.5. Autor(A) de Instrumento: Ambrosio Vega, Denis Mataly - Liza Tapiz, Jhon Marib

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI
NO

85%

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP: 51912
 DNI No. 88141057 Tel. 520448

Anexo 3: Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA		
TITULO: "Consortio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) para la reducción de Arsénico y Plomo en el agua potable de Pasco – 2019"		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Qué efecto produce el consorcio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) para la reducción de Arsénico y Plomo en el agua potable de Pasco?	Determinar el efecto que produce el consorcio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) para la reducción de Arsénico y Plomo en el agua potable de Pasco	El efecto que produce el consorcio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) es eficaz para la reducción de Arsénico y Plomo en el agua potable de Pasco
PROBL ESP 1	OBJ ESP 1	HIPOT ESP 1
¿Cuál es el porcentaje de Arsénico reducido mediante el consorcio del biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)?	Determinar el porcentaje de Arsénico reducido mediante el consorcio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)	El porcentaje de Arsénico reducido mediante el consorcio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) es mayor al 50% en el agua potable de Pasco.
PROBL ESP 2	OBJ ESP 2	HIPOT ESP 2
¿Cuál es el porcentaje de Plomo reducido mediante el consorcio del biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)?	Determinar el porcentaje de Plomo reducido mediante el consorcio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados)	El porcentaje de Plomo reducido mediante el consorcio de biofiltro (<i>Eichhornia crassipes</i> y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) es mayor al 50% en el agua potable de Pasco.

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4: Procedimiento

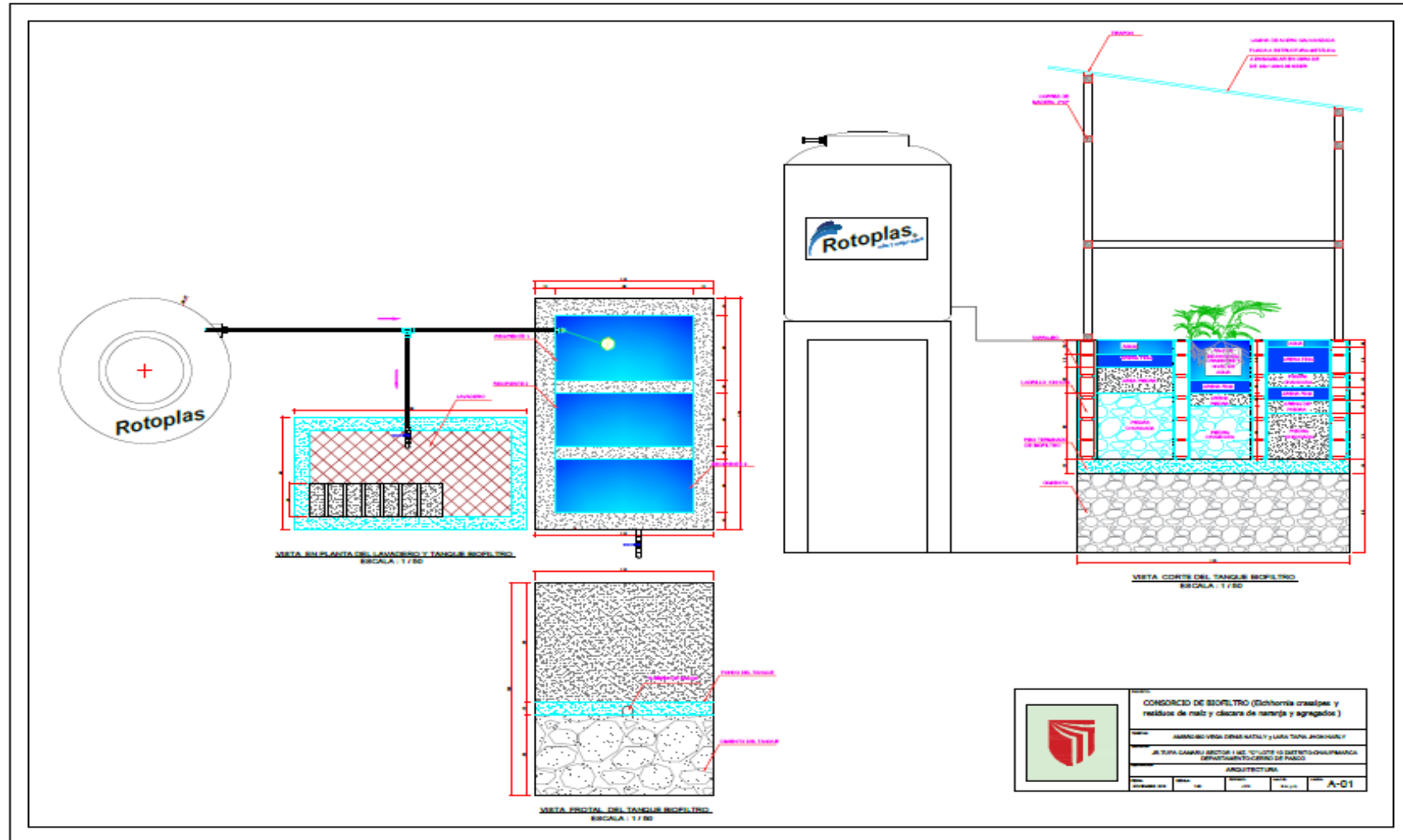


Figura 14. Plano de estructura del biofiltro elaborado en el programa AutoCAD.

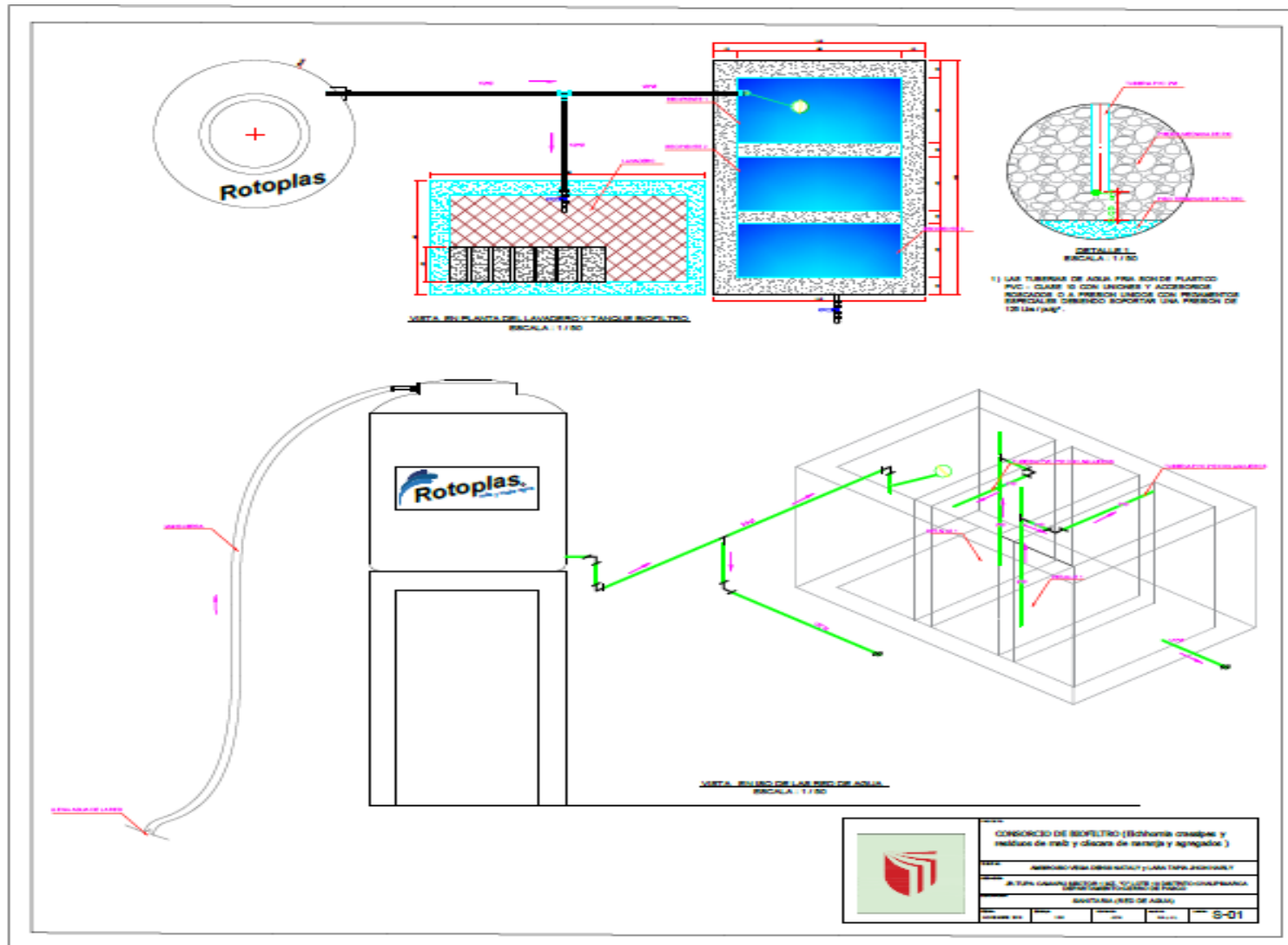
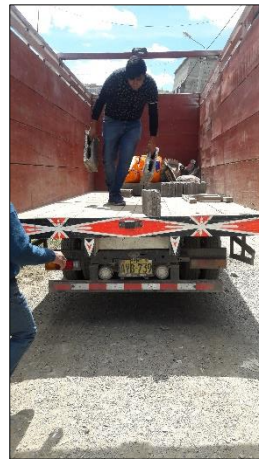


Figura 15. Plano sanitario del biofiltro elaborado en el programa AutoCAD.

Anexo 5: Procedimiento de la construcción del Biofiltro

a) Compra y traslado de materiales



b) Base del sistema



c) Mediciones de la estructura del sistema (antes y después)

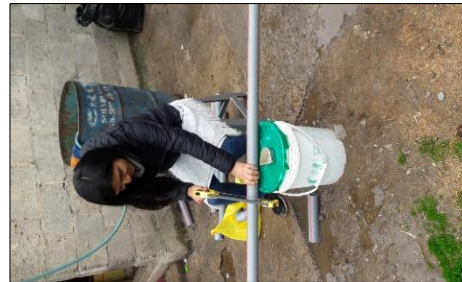


d) Contrucción de las divisiones (antes y después)





e) Instalacion de tuberías de PVC



f) Construcción del lavadero



g) Tarrajeo y Pintado



h) Colocación de agregados



i) Instalación de recipiente para materia prima



j) Instalacion de tapas en el sistema



k) Contruccion del techo



Anexo 6: Preparación de los Biosorbentes

a) Cortado de la materia prima



b) Secado de la materia prima



c) Pesado de los biosorbentes



d) Colocación de la materia prima al sistema



Anexo 7: Funcionamiento del biofiltro

a) Entrada y salida de agua



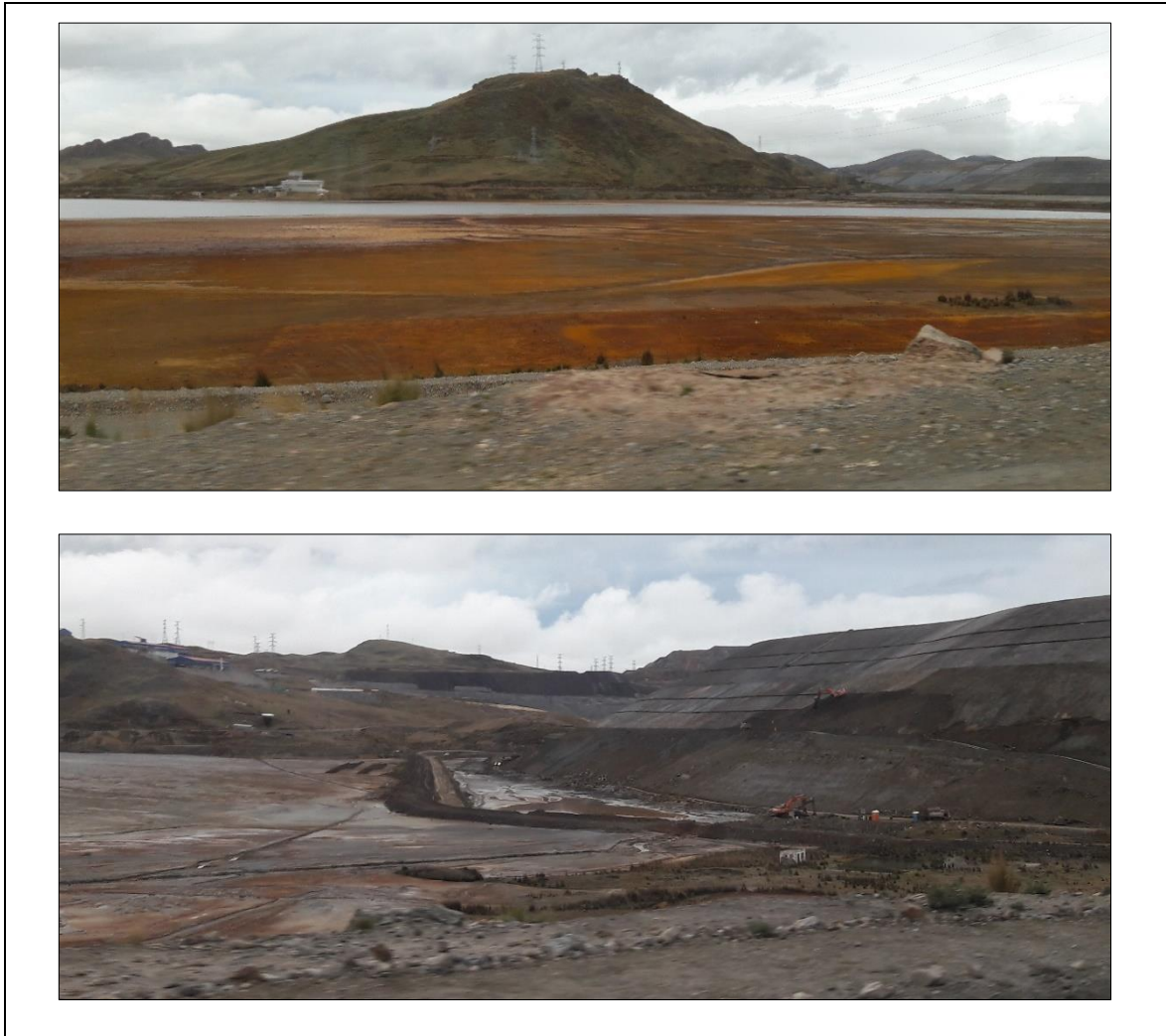
b) Toma de muestra – Imágenes finales





Anexo 8: Visita a la P.T.A.P – Relaves mineros





Anexo 9: Paramentos según ECA.

Tabla 10. *Valores de los parámetros según ECA.*

PARÁMETROS	UNIDAD	CATEGORÍA 1
Temperatura	°C	Δ 3
Conductividad	μS/cm	1600
Potencial de hidrogeno	pH	5,5 - 9,0
Plomo	mg/L	0.05
Arsénico	mg/L	0.01
DBO	mg/L	5
DQO	mg/L	20

Fuente: MINAN, 2017.

Anexo 10: Mediciones de los parámetros fisicoquímicos

Medición del pH, Conductividad y Temperatura de la línea base



Anexo 11: Resultados de los metales pesados y fisicoquímicos

a) Resultado de los análisis de As y Pb



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE NUEVE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : **JHON LARA TAPIA**
Procedencia de muestra : Chaupimarca – Cerro de Pasco
Recepción de muestra : Lima, 19 de Noviembre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Muestra	Pb(mg/L)	As(mg/L)
Muestra inicial	0.019	0.028

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 20 de Noviembre del 2019


MSc. Atiko Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE NUEVE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : **JHON LARA TAPIA**
Procedencia de muestra : Chaupimarca – Cerro de Pasco
Recepción de muestra : Lima, 19 de Noviembre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Muestra	Pb(mg/L)	As(mg/L)
Muestra N° 01	0.016	0.025
Muestra N° 02	0.015	0.021

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 20 de Noviembre del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE TRES MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : JHON LARA TAPIA
Procedencia de muestras : Chaupimarca – Cerro de Pasco
Recepción de muestras : Lima, 20 de Noviembre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Muestras	Pb(mg/L)	As(mg/L)
Muestra N° 03	0.013	0.017
Muestra N° 04	0.011	0.014
Muestra N° 05	0.010	0.012

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 25 de Noviembre del 2019


MSc. Atilio Mendoza A
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE MUESTRA DE AGUA

SOLICITADO POR : JHON LARA TAPIA
Procedencia de muestra : Chaupimarca – Cerro de Pasco
Recepción de muestra : Lima, 22 de Noviembre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRA

Muestra	Pb(mg/L)	As(mg/L)
Muestra Final	0.009	0.010

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 25 de Noviembre del 2019



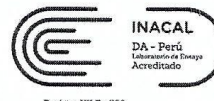
MSc. Atilio Mendoza A
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

b) Resultados de los parámetros DBO y DQO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1929321 Rev. 0**

DENIS NATALY AMBROSIO VEGA

CALLE RIO SANTA "LAS TORRES DE LOS OLIVOS" BLOCK V-402, LOS OLIVOS

ENV / LB-346420-002

PROCEDENCIA : CERRO DE PASCO

Fecha de Recepción SGS : 16-11-2019

Fecha de Ejecución : Del 16-11-2019 al 23-11-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
01

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 23/11/2019

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

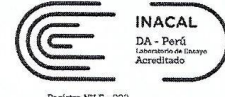
Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900
t (054) 213 506
t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1929321 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					01
FECHA DE MUESTREO					8818120N /
HORA DE MUESTREO					354000E /
CATEGORIA					15/11/2019
SUB CATEGORIA					14:00:00
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Bioquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	<4.5

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Página 2 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

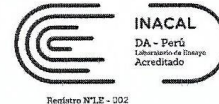
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900 www.sgs.pe
t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
t (076) 366 092



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1929452 Rev. 0**

DENIS NATALY AMBROSIO VEGA

CALLE RIO SANTA "LAS TORRES DE LOS OLIVOS" BLOCK V-402, LOS OLIVOS

ENV / LB-346420-003

PROCEDENCIA : CERRO DE PASCO

Fecha de Recepción SGS : 18-11-2019

Fecha de Ejecución : Del 18-11-2019 al 25-11-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
01

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 25/11/2019

Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Coordinador de Laboratorio

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

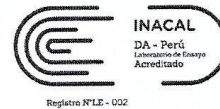
Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1929452 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					01
FECHA DE MUESTREO					8818120N /
HORA DE MUESTREO					364000E
CATEGORIA					18/11/2019
SUB CATEGORIA					12:05:00
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHAS210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHAS220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	<4.5

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Página 2 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900 www.sgs.pe
t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
t (076) 366 092