



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL**

Construcción y evaluación de un filtro bioarena piloto para mejorar la calidad de agua para consumo humano en la localidad de Huariquiña, distrito de Matucana-Provincia Huarochirí, Lima-2013.

AUTORA:

Katherine Cecilia Cachay Miranda

ASESOR:

Mg. Ing. Luis Alberto Mendoza Luján

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y gestión de los Recursos Naturales

LIMA-PERÚ

2013-II

Página del jurado

Mg. Amancio Guzmán Rodríguez
Presidente

Mg. María Paulina Aliaga Martínez
Secretaria

Mg. Luis Alberto Mendoza Lujan
Vocal

Dedicatoria:

A Dios que siempre ha estado en mi vida, me acompaña y guía en cAda momento de mi vida.

A mis padres que me brindaron su apoyo y bendiciones en los malos y buenos momentos e hicieron de mí una persona de bien.

Katherine Cachay M.

Agradecimiento

Agradezco en primera instancia a mis padres y al Ing. Juan Medina Collana que me brindaron su apoyo en todo momento en el proceso de mi investigación.

Agradezco al Ing. Salvador Dávila y a sus colaboradores, por el apoyo incondicional para poder diseñar el molde de acero galvanizado del filtro Bioarena en sus instalaciones de la empresa Msteel SAC.

Agradezco a mi primo Wilfredo Llanos, que me ayudo incondicionalmente para lograr con éxito en la preparación de mezcla y en el desencofrado, que fue lo más dificultoso del proyecto para el FBA.

A la Universidad Cesar Vallejo, lugar donde adquirí conocimientos y valores, donde se aprende a valorar las amistades.

Declaración de autenticidad

Yo, Katherine Cecilia Cachay Miranda con DNI N° 61584077, estudiante de la Escuela académica profesional de Ingeniería Ambiental de Pregrado de la Universidad César Vallejo, con la Tesis titulada "Construcción y evaluación de un filtro Bioarena piloto para mejorar la calidad de agua para consumo humano en la localidad de Huarquiña, distrito de Matucana-Provincia Huarochiri, Lima-2013"

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiado; es decir no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la alta de fraude, plagio o auto plagio, piratería o falsificación, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Lima, 12 de septiembre del 2013.



Katherine Cecilia Cachay Miranda

DNI. 46158407

Presentación

Señores miembros del Jurado:

Presento ante Uds. La Tesis titulada “Construcción y evaluación de un filtro Bioarena piloto para mejorar la calidad de agua para consumo humano en la localidad de Huariquiña, distrito de Matucana-Provincia Huarochirí, Lima-2013”, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniera ambiental.

Las enfermedades que pueden provocar el consumo de agua sin tratamiento previo y con un inadecuado almacenamiento, es un problema serio a nivel mundial, debido al daño que provoca en la salud y que principalmente la población más vulnerable son los más afectados.

Las medidas que se han tomado hoy en día, no beneficia a todas las poblaciones rurales, por lo que hay un índice muy alta de población rural que no trata el agua que consume, aplicando solamente tratamientos básicos en algunos casos, afectando la salud de las personas que lo consumen.

En el presente trabajo de investigación se presenta una alternativa de tecnología limpia, de bajo costo, fácil de instalación que no utiliza reactivos ni químicos, durante su operación no contamina el medio ambiente, por ello se propone la construcción del Filtro Bioarena(FBA) utilizando como medio filtrante a gravas de cuarzo(SiO₂), que ayudará a mejorar y reducir la concentración de Sólidos Totales Sedimentables, Conductividad y pH, recomendando que el agua luego de ser filtrada se le añada Cloro para que cumpla con 0.5mg/l de Cloro Residual, posteriormente depositando el agua tratada en un recipiente limpio, que no reaccione con cloro y este bien tapado para evitar que se vuelva a contaminar.

La autora

Índice

	Página
Página de jurados	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaración de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiii
I Introducción	
1.1 Realidad problemática	15
1.2 Trabajos previos	17
1.3 Teorías relacionadas al tema	18
1.4 Formulación del problema	43
1.5 Justificación	43
1.6 Hipótesis	44
1.7 Objetivos	45
II. Método	
2.1 Diseño de investigación	47
2.2 Operacionalización de variables,	61
2.3. Población, muestra y muestreo	62

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	64
2.5. Métodos de análisis de datos	64
2.6. Aspectos éticos	65
III. Resultados	
3.1. Descripción de resultados	67
3.2. Resumen de Eficiencia del Filtro Bioarena	77
IV. Discusión	80
V. Conclusiones	83
VI. Recomendaciones	85
VII. Referencias	87
VIII. Anexos	90
Anexo 1: Matriz de consistencia	
Anexo 2: Partes del molde del filtro	
Anexo 3: Mapa de ubicación del reservorio	
Anexo 4: Composición de un filtro Biorena	
Anexo 5: Panel fotográfico	
Anexo 6: Cuadro de Costo del FBA	
Anexo 7: Límites máximos permisibles	
<i>Anexo 8 : Cadena custodia</i>	
<i>Anexo 9: Informe de ensayo</i>	
<i>Anexo 10: Informe de ensayo</i>	

Índice de tablas

	Página
Tabla 1. Valores de la guía de la OMS para verificación de la Calidad Microbiana	24
Tabla 2. Directrices de la OMS sobre Riesgos de la calidad de agua de consumo	25
Tabla 3. Límites Máximos permisibles sobre Coliformes Termo tolerantes (NMP/100ml) en normas nacionales.	25
Tabla 4. Experimento con diferentes tipos de grava y flujos	58
Tabla 5. Definición de Variables	62
Tabla 6. Numero de Lavadas y volumen según la granulometría	67
Tabla 7. Parámetros de entrada al Filtro	67
Tabla 8. Resultados de la 1ra Prueba	68
Tabla 9. Resultados 2da Prueba	69
Tabla 10. Resultados 3era Prueba	69
Tabla 11. Resultados 4ta Prueba	70
Tabla 12. Temperatura vs Tiempo	70
Tabla 13. Flujo vs Tiempo	72
Tabla 14. Sólitos Totales Sedimentables vs Tiempo	74
Tabla 15. Conductividad vs Tiempo	75

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Vista reservorio, Huariquiña	16
Figura 2. Vista de receptor de agua superficial, Huariquiña	16
Figura 3. Punto de captación del Reservorio, Huariquiña- Matucana 2013	37
Figura 4. Modelo del Diseño de investigación	47
Figura 5. Molde de acero galvanizado.	50
Figura 6. Material para preparación de mezcla para FBA	51
Figura 7. Cernido de piedra chancada de 1/2".	52
Figura 8. Cernido de hormigón 0.03"	52
Figura 9. Mezcla de piedra chancada de 1/2" (20L), cemento (10Litros) yHormigón cernido (20L).	53
Figura 10. Consistencia del hormigón apropiado	53
Figura 11. Ayudo a mezclar el concreto para sacar el aire acumulado.	54
Figura 12. Desencofrado del Filtro Bioarena.	55
Figura 13. Curado con Sika y cemento.	56
Figura 14. Pintado con antioxidante color rojo oxido	56
Figura 15. Perforación del Acrílico 8 mm de espesor.	57
Figura 16. Perforación de los agujeros de la placa difusora	57
Figura 17. Granulometría utilizada en el 1er experimento	59
Figura 18. Granulometría utilizada en el 2do experimento	59

Figura 19.	Resultado de la muestra de agua	60
Figura 20.	Reservorio de agua para consumo Humano, Huariquiña-2013	63
Figura 21.	Variación de temperatura con relación al tiempo	71
Figura 22.	Variación de promedio de temperatura	71
Figura 23.	Variación del Flujo de salida con relación al tiempo	72
Figura 24.	Variación del Flujo en las 4 experiencias	73
Figura 25.	Variación Sólitos Totales Sedimentables con relación al tiempo	74
Figura 26.	Variación de Sólitos Totales Sedimentables	75
Figura 27.	Variación de Conductividad con relación al tiempo	76
Figura 28.	Variación de la conductividad con relación a la concentración inicial	76
Figura 29.	Eficiencia del FBA con relación Sólidos totales sedimentables	77
Figura 30.	Eficiencia del FBA con relación a la Conductividad	78
Figura 31.	Variación de pH con la prueba inicial	78
Figura 32.	Variación de Coliformes Totales	79

Resumen

Este estudio se basó en la construcción y evaluación de un Filtro Bioarena (FBA), que beneficiará a la población rural que no cuenta con un sistema de agua potable en el distrito de Huariquiña, Matucana Provincia de Huarochirí; Lima-Perú. En el cual se evaluó la efectividad del uso de gravas de cuarzo para mejorar la calidad del agua, tomando como parámetros principales Sólidos Totales Sedimentables, Coliformes Totales, Conductividad, pH. Las inapropiadas condiciones en las que se encuentra el agua, se comprobó realizando análisis Microbiológico y Físico-químico que se realizaron en el laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C.

El material filtrante fue colocado dentro del Filtro Bioarena, son gravas de cuarzo de diferentes granulometrías $\frac{1}{2}$ ", $\frac{1}{8}$ ", $\frac{1}{16}$ " y $\frac{1}{32}$ ", realizando 4 pruebas según como se muestran en el cuadro N°6, la muestra tomada equivale a 150 litros de agua tomadas del reservorio perteneciente a la localidad de Huariquiña, ingresando este al Filtro Bioarena por medio de tuberías y una bomba de 1/2hp, según como se muestra en la figura N°41.

La metodología aplicada consiste, en evaluar la efectividad de los Filtro Bioarena, utilizando como medio filtrante al cuarzo con diferente granulometría para mejorar la calidad del agua y brindar un mejor tratamiento recomendado un buen almacenamiento para prevenir enfermedades.

Con los resultados obtenidos se obtuvo una reducción de 60% de Sólidos Totales Sedimentables para el agua filtrada en la prueba #2 y 52% en la prueba #1 obteniendo la mayor efectividad a comparación de las pruebas #3 y #4, cada resultado se relacionó al agua no filtrada. Por lo tanto se recomienda que se emplee este tipo de Filtro Bioarena con gravas de cuarzo sólo para reducir Sólidos Totales, Conductividad y pH y realizar otro tratamiento como cloración para eliminar las bacterias o microorganismos pero para ello realizar un Análisis previo a su consumo para su verificación.

Abstract

This study was based on the construction and evaluation of a filter Biosand (FBA), which will benefit the rural population do not have a potable water in the district Huariquiña, Matucana Huarochirí Province, Lima- Peru. Where the effectiveness of using quartz gravels were evaluated to improve water quality, on the main parameters by themselves Settleable Total, Total Coliforms, conductivity, pH. Inappropriate conditions in which the water is, it was found conducting Microbiological and Physico- chemical analysis in the laboratory realizaron Environmental Testing Laboratory SAC

The filter material was placed within the Biosand Filter are gravel quartz of different grain sizes $\frac{1}{2}$ ", $\frac{1}{8}$ ", $\frac{1}{16}$ "and $\frac{1}{32}$ ", performing 4 tests according as shown in No. 6 box, the sample taken is equivalent to 150 liters of water taken from the reservoir located in the town of Huariquiña, entering this Biosand to filter through pipes and pump $\frac{1}{2}$ hp, according as shown in Figure No. 41.

The methodology consists in evaluating the effectiveness of the filter Biosand using crushed quartz stones with different grain size as filter media to improve water quality and provide good storage recommended to prevent disease better treatment.

With the results, a reduction of 60 % of Total Solids Settleable for filtered water in test # 2 and 52% in test # 1 to obtain greater effectiveness compared to test # 3 and # 4, each result was obtained was related to the non- filtered water. Therefore it is recommended that this type of filter is used with Biosand quartz gravels only reduce Settleable Total Solids , pH and conductivity and perform other treatment such as chlorination to kill bacteria or microorganisms but this perform analysis prior to consumption to verification.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

En el Mundo, el reporte del año 2002 de la WHO/UNICEF (2000) se menciona a escala mundial, cada año aproximadamente 4 000 millones de casos de diarrea, que causan 2 200 millones de muertes. La mayoría son niños de países en vía de desarrollo, afectados por enfermedades relacionadas con falta de agua potable, saneamiento inadecuado y mala higiene.

El área de estudio de la presente investigación es la Localidad de Huariquiña ubicada en la ciudad de Matucana de la Provincia de Huarochirí, en el año 2009 Según “el análisis de Salud que se realizó se demostró que el nivel bacteriológico que reportan ha generado enfermedades diarreicas donde la poblaciones de niños son los más vulnerables ante este hecho”, por consumo del agua no potabilizada, (Unidad de Epidemiología y Salud Ambiental, HJAT-CH 2009), generando preocupación, por no contar con un Sistema de agua potable y un mal almacenamiento en el domicilio incumpliendo con las Normativas de DIGESA y sobrepasando los LMP de DS N° 031-2010-SA.

El distrito de Huariquiña es una localidad con una superficie de 50 000 m², que integran 12 manzanas con 115 lotes de vivienda, el agua que consumen proviene de aguas superficiales y el 60% de viviendas solo cuenta con un sistema de agua y el 40% restante no cuenta con sistema de agua potable, lo cual se abastece de dos piletas o del mismo reservorio.

“El agua potable debe estar libre de cualquier microorganismo dañino para el ser humano y no tiene que contener bacterias contaminadas con restos fecales (OPS,1997)”. Por lo que en la presente investigación se construirá y Evaluara un modelo Bioarena Piloto con flujo continuo con gravas de cuarzo para poder evaluar si existe una mejora en la calidad del agua para consumo humano.



Figura 1. Vista reservorio, Huariquiña



Figura 2. Vista de receptor de agua superficial, Huariquiña.

1.2. Trabajos previos

En el 2009 se generó un proyecto de culminación de la red de agua potable y alcantarillado, Este proyecto fue dado con el objetivo principal de abastecer con agua a la población, los beneficios y autoridades locales de la zona de influencia de ese proyecto ayudaría mayoritariamente a los población en extrema pobreza.

En mayo del 2009 se realizó en Proyecto de inversión pública, para la culminación de la Red de agua potable y Alcantarillado en el Centro Poblado de Huariquiña, Distrito de Matucana, Provincia Huarochirí, Región Lima, donde beneficiaria a 690 personas lo cual el municipio de Huarochirí se comprometió a cofinanciar por la gran necesidad de la población de Huariquiña, lo cual hasta la fecha no se ha ejecutado.

Según DIRESA (2007), en las estadísticas las enfermedades que presentan la población son por infecciones respiratorias, enfermedades de cavidad bucal y enfermedades infecciosas intestinales, los cuales son atendidos por postas de salud o centros de salud con las que solo cuentan algunas localidades.

Según INEI (2007) es de 690 habitantes y cuenta con un ingreso per cápita de s/150.00 mensuales, esta población se halla en un retraso social, cultural y económico, lo cual se tomaron condiciones para que el poblador retome tareas de desarrollo.

Por otro lado según INEI (2007), la población de Huariquiña acarrear agua subterránea o superficial de ríos o quebradas con baldes, bidones o cilindros, cuya tarea lo realizan por lo general, los niños o las madres, solo algunas veces por el padre de familia, en sus viviendas acarrear el agua en baldes y latas que no tienen condiciones adecuadas, porque los mantienen sin tapas, expuesta a caída de basura, manipulado por las manos del niños.

1.3. Teorías relacionadas al tema

El Agua Potable y su Marco Legal

En la visión Mundial del agua para el 2025, dada a conocer en el Segundo Foro Mundial del Agua de la Haya (Holanda), se determinó que “Toda persona tiene el derecho a poder acceder de manera segura a la satisfacción de sus necesidades de consumo, saneamiento y producción de alimentos y energía a un costo asequible. “La forma de abastecerse de agua para la satisfacción de la necesidad debe ser lo más natural posible” (Cosgrove y Rijsberman, 2000).

Definición de Agua Potable

Según SUNASS (2007), el agua potable, es el agua que por su calidad química, física, bacteriológica y organoléptica es apta para consumo humano. Está exenta de todo elemento, organismo o sustancia que ponga en riesgos la salud de los consumidores.

La OMS y el fondo de las Naciones Unidas para la Infancia- UNICE (2004), definen el agua potable salubre como: “El agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar, cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las pautas de la OMS o los patrones nacionales sobre la calidad de agua potable”.

Parámetros del agua de importancia practica

Parámetros Microbiológicos

Las enfermedades infección son transmitidas especialmente mediante excretas de los seres humanos y animales, sobre todo de las heces. Si el agua que se usa para beber y preparar la comida se contamina produce enfermedades infecciosas. La OMS, menciona que las enfermedades más comunes que padece el ser humano son producidas por las bacterias contaminantes, virus y helmintos.

Los organismos microbiológicos que contaminan el agua frecuentemente son los siguientes:

Las bacterias

Las bacterias son importantes debido a que frecuentemente se encuentran en el agua potable y además por ser causante de un gran número de epidemias. Su origen está vinculado de manera estrecha con la contaminación del agua por heces. Las bacterias de mayor riesgo causantes de enfermedades son las siguientes:

Salmonella

La salmonela conforma el grupo más resaltante de las bacterias que dañan la salud en seres humanos y animales. Se encuentra en el agua cruda, y raras veces en el agua tratada debido a la presencia del cloro. Los síntomas característicos de una salmonelosis son la gastroenteritis, dolores abdominales, náuseas, vómitos. Cuando es grave el caso puede causar hasta la muerte.

Shigella

La Shigella provoca comúnmente en las personas enfermas diarrea. Tiene poca resistencia al cloro, por ello con una adecuada cloración del agua termina el peligro de contraer esta bacteria.

Escherichia coli

Escherichia Coli provoca gastroenteritis en los seres humanos y animales. Afecta de forma recurrente a los neonatos y menores de cinco años. La sintomatología abarca: diarreas líquidas abundantes, náuseas y deshidratación. No hay presencia de fiebre y raras veces se presenta en adultos. Igualmente, que el caso anterior con una adecuada cloración del agua se logra eliminar esta bacteria.

Vibrium cholerae

Se transmite rápidamente por el agua potable contaminada o por consumir alimentos lavados con agua infestada con esta bacteria. El cólera es una dolencia intestinal con síntomas característicos como:

diarrea repentina con copiosas heces líquidas, vómitos, supresión de la orina, rápida deshidratación, descenso de la temperatura y de la presión sanguínea y colapso completo. El cólera tiene baja resistencia al cloro, por lo que una cloración adecuada acaba con la bacteria.

Campylobacter

Los abastecimientos de agua sin clorar han sido identificados como los principales orígenes de las infecciones por grupos de *Campylobacter*. El agua se contamina tanto directamente, con aguas residuales, ricas en *campylobacter*, como indirectamente, con las heces de los animales. Se sabe que las gaviotas, portadoras de esta bacteria, pueden contaminar embalses de suministro de agua con sus deposiciones. Su síntoma más notorio es la diarrea. Una buena cloración del agua disminuye en gran medida el riesgo de contraer *Campylobacter*.

Bacterias Coliformes.

Dentro de este grupo están los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klesbsiella*, como también bacterias que fermentan lactosa. Es un grupo muy heterogéneo de bacterias que pueden hallarse tanto en las heces como en el medio ambiente. Dentro del grupo hay bacterias que rara vez tienen contacto con las heces y que pueden multiplicarse en agua potable de calidad relativamente buena.

Bacterias Coliformes totales

Antiguamente, se pensaba que este grupo estaba conformado por *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. Sin embargo, es más heterogéneo, debido a que comprende más bacterias como *Enterobacter Cloacae* y *Citrobacter freundii*, las cuales se encuentran en las heces, el medio ambiente, aguas con nutrientes, suelos, materiales vegetales en descomposición y también en el agua potable donde existe gran concentración de nutrientes. De igual forma, hay especies que no se presentan en las heces, y que se

pueden multiplicar en el agua potable, como por ejemplo la *Serratia fonticola*, *Rahnella aquetilis* y *Buttiauxella agrestes* (SUNASS,2005).

Bacterias Coliformes termo tolerantes

Son el grupo de organismos coliformes que fermentan la lactosa a 44-45°C. Pertenecen a este genero *Escherichia* y en menor grado la *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes termo tolerantes diferentes del *E.coli* provienen de las excretas, de las aguas industriales o material vegetal en descomposición. Por esta razón, el termino coliformes fecales con que se les llama es incorrecto. (SUNASS, 2005).

Los virus

Los virus no tienen la capacidad de reproducirse sin una célula huésped, pero si son capaces de sobrevivir en el medio ambiente durante mucho tiempo. Los virus entéricos humanos son generados en grandes cantidades por la persona afectada y son excretadas por las heces. Por lo general no les afecta el tratamiento de aguas residuales y logran llegar a las aguas superficiales. Los virus mas recurrentes son: el virus que causa la hepatitis, el enterovirus (causante de la poliomielitis), el virus Norwalk (cuya sintomatología son diarreas y vómitos), el reo virus (se asocia a la gastroenteritis), el rotavirus (el principal causante de la diarrea en los niños) y el adenovirus (que genera fiebre y faringo-conjuntivitis).

Los protozoarios

Los protozoarios son organismos que viven alojados en el tracto intestinal del huésped, sea este hombre o animal, y viven a expensas de lo que consumen los infectados. Existen dos tipos de protozoarios causantes de epidemias y que se hallan en el agua potable. Estos son *Cryptosporidium* y *Guardia lamblia*.

a.-Cryptosporidium. Normalmente, este parasito provoca una limitada gastroenteritis, pero entre los pacientes con sida constituyen la mayor causa de la muerte. Los principales síntomas de la Cryptosporidiosis son los dolores de estómago, nauseas, la deshidratación y los dolores de cabezas. La resistencia de este parasito al cloro es alto. El daño al hombre es considerable; la forma de prevenirlo es a través de una filtración específica para quistes durante el tratamiento del agua. Hervir el agua elimina cryptosporidium.

Los Helmintos

De la misma forma que los protozoarios, los helmintos son organismos permanecen en el tracto digestivo de las personas y se desarrollan a expensas del huésped. Los factores determinantes en la transmisión y contagio de estos parásitos se dan por la resistencia de estos a los factores del clima y su tiempo prolongado de permanencia en el agua siendo más probable su transmisión. Los helmintos se dividen en dos tipos de organismos: los gusanos de forma aplanada, que pertenecen a los platelmintos y los de forma cilíndrica que pertenecen a los Nematodos.

A pesar que en el agua potable se detecte una cantidad considerable de huevos de helmintos y larvas, la mayor fuente de estos no se encuentra en el agua sino en el suelo y la vegetación; por este motivo no se necesita un monitoreo continuo o rutinario del abastecimiento del agua. Las aguas superficiales se encuentran expuestas a la contaminación por medio de bacterias, virus, enteroparásitos y cianobacterias, comúnmente se denominan algas verdiazules que generan toxinas; estas por lo general se eliminan en un 99.9% durante el proceso convencional de tratamiento del agua en el que se incluye la sedimentación, coagulación, floculación, desinfección y filtración. La poca o nula protección de las fuentes del agua y el inadecuado mantenimiento de las plantas y déficit en las

redes de distribución son las causas principales de la aparición de brotes epidémicos a raíz de la transmisión hídrica.

Parámetros físicos-químicos

Es importante el monitoreo de tres elementos vitales en todo programa de vigilancia de la calidad del agua y estos son: el cloro residual, el pH y la turbiedad. Estos tres aspectos son considerados claves que se relacionan de forma directa con la desinfección y los dos últimos sirven sobre todo para mantener en óptimas condiciones el nivel del cloro residual en el agua.

Estos tres parámetros se caracterizan por ser muy inestable y, por ese motivo, se recomienda su análisis en el campo o en un laboratorio, pero en el lapso requerido para cada parámetro, que en promedio son dos horas después de efectuado el muestreo.(Arauzo, 2009).

Cloro residual:

La facultad desinfectante que tiene el cloro proviene de su poder oxidante que causa en las bacterias, destruyendo sus procesos bioquímicos vitales. Las condiciones del medio que favorecen esta acción desinfectante son la concentración del cloro, el pH, la temperatura y el tiempo de contacto.

La característica singular del cloro por la cual funciona muy bien como desinfectante es que se presenta en el agua como cloro residual. Según las normas que garantizan la calidad del agua sostiene que esta debe tener un mínimo de cloro residual libre o combinado.

Una alta concentración de cloro en el agua puede provocar su rechazo por parte del consumidor. No perjudica la salud, pero genera

un sabor que es desagradable y difícil de ingerir por ello no debe superar en cantidad los 0.5ppm.

Directrices de la OMS con respecto a los Coliformes Termo tolerantes.

Los valores estándar que sirven de guía para determinar la calidad microbiológica, concentran su evaluación en los organismos indicadores *Escherichia coli* (E.coli) y el grupo coliformes fecal (termo tolerantes). En el Cuadro 3 se presentan los nuevos valores guías para la evaluación de calidad microbiológica del agua de consumo humano. OMS (2004).

Tabla 1. *Valores de la guía de la OMS para verificación de la Calidad Microbiana*

Tipo de agua	Organismo	Valor guía
Todo tipo de agua de venida, así como la que se use para la preparación de hielo.	E. coli o bacterias Coliformes Termo tolerantes	No debe ser detectado en ninguna muestra de 100 mL.
Agua que entra al sistema de distribución.	E. coli o bacterias Coliformes Termo tolerantes.	No debe ser detectado en ninguna muestra de 100 mL.
Agua en el sistema de distribución	E. coli o bacterias Coliformes Termo tolerantes.	No debe ser detectado en ninguna muestra de 100mL.

Fuente: Guidelines for Drinking Water Quality.2004

- a) Se tiene que investigar de manera inmediata en caso se detecte la bacteria E. coli.
- b) El conteo de bacterias E coli o bacterias Coliformes Termo tolerantes es determinante para confirmar el nivel de contaminación. Si embargo en zonas tropicales, donde existen mayor presencia de bacterias debido al clima y al pobre mantenimiento de los acueductos, este conteo no basta en esas zonas para garantizar la calidad del agua y su consumo.
- c) Se ha recogido que la gran mayoría de acueductos de áreas rurales, especialmente de países en desarrollo, la contaminación fecal es altamente

dispersa. Bajo estas condiciones, se deben enfocar objetivos a mediano plazo para lograr un mejoramiento progresivo.

Sin embargo para zonas rurales, donde es difícil el acceso al tratamiento de agua, la OMS ha publicado las Directrices de riesgo de la calidad de agua según el número de Coliformes E. Coli encontrados en el agua.

Tabla 2. *Directrices de la OMS sobre Riesgos de la calidad de agua de consumo*

Numero de E. coli Presente(CFU/100mL)	Riesgo
0-1	Calidad razonable
11-100	Contaminadas
101-1,000	Peligrosas
>1,000	Muy peligrosas

Fuente: OMS 1997 y Harvey, 2007

Es importante resaltar que todas las normas revisadas son coincidentes en el Límite Máximo permisible (LMP) para Coliformes Termo tolerantes.

Tabla 3. *Límites Máximos permisibles sobre Coliformes Termo tolerantes (NMP/100ml) en normas nacionales.*

Parámetros analizados	Ley General de Aguas del Perú(1969)¹	DIGESA (Resolución Suprema – 1946)²	ITINTEC(1987)³	Directivas de la SUNASS(1995)⁴
Coliformes Termo tolerantes NMP/100ml. Agua	Cero	Cero	Cero	Cero
Parásitos	No indica	No indica	No indica	No indica

Fuente: Recopilación propia del autor, 2013.

1- Ley General de Aguas en el Perú LMP Límite Máximo Permisible según la Ley General de Aguas para clase I, D.L No 17752, Incluye modificatorias

de los Art.81 y 82 del Reglamento de los Títulos I, II, III, según D.S No 007-83- SA,(11 marzo 1983).

- 2- Direcciones General de Salud y Ambiente, Resolución Suprema del año 1946. Vigente hasta la actualidad.
- 3- Instituto de Investigación tecnológica Industrial y Normas técnicas (ITINTEC) ahora INDECOPI.
- 4- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS

Evaluación de calidad microbiológica del agua potable

Las guías para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud mencionan que un programa de vigilancia no es práctico ni suficiente para monitorear a todos los elementos patógenos ya que para detectarlos se requiere de múltiples procedimientos y de mucho tiempo de observación para obtener algún tipo de resultado satisfactorio (OPS,1998). Aunque es suficiente que se identifique un grupo de determinado de microorganismos ya que nos da una idea del nivel de contaminación que se presenta y con esto se puede comparar valores estableciendo una norma para la calidad del agua. A estos grupos de agentes patógenos se les considera como indicadores bacterianos de contaminación. Para el caso del agua que es consumida se realizan estudios tomando en cuenta la tecnología con que se cuenta, la población y las condiciones ambientales. (Sobsey, 2007).

El tratamiento domiciliario se desarrolla mediante el enfoque de barreras múltiples, que consiste en el cuidado del agua evitando su contaminación en el trayecto que va desde la fuente de agua hasta el consumidor final. Se divide en cuatro procesos bien definidos: Sedimentación, filtración, desinfección, y almacenamiento seguro del agua después del tratamiento.

Sedimentación

La sedimentación consiste en separar por acción de la gravedad las sólidas y líquidas de las suspensiones que se ha diluido con la finalidad de obtener una suspensión concentrada y otra líquida.

Este proceso puede suceder en menor tiempo si se usan químicos como el sulfato de aluminio, cloruro de poli aluminio y sulfato férrico. Así mismo, algunas plantas nativas, de distintos países de África y Latinoamérica, con propiedades coagulantes como la tuna y las semillas de moringas secas y trituradas, son utilizadas para este fin.

Filtración

Para la etapa de filtración actualmente se dispone de una variedad de alternativas.

a- Filtros de Cerámica

Es una tecnología antigua. Consta de una pieza con pequeños poros en la arcilla o cerámica. Cuando el agua pasa por la cerámica, los contaminantes se quedan atrapados en los poros de la misma manera que en un filtro de arena. Si está bien construido y operado, un filtro de cerámica puede ser muy eficaz en producir agua de buena calidad.

A menudo, se le añade o se aplica plata coloidal a la superficie de la cerámica, la plata en su estado iónico coloidal es un germicida o en algunos casos es bacteriostático.

Se cree que la plata puede inactivar la enzima que usan las bacterias y los hongos patógenos para metabolizar el oxígeno, sofocándolos. Otros patógenos son destruidos por carga eléctrica sobre las partículas de plata, cuando su protoplasto colapsa y otros pierden la capacidad de reproducirse. Los parásitos mueren también en su etapa de huevo. Los purificadores de agua de cerámica pueden ser eficaces (remoción de coliformes fecales en 99 a 100%), de bajo costo y fácil uso. Ceramistas por la paz es una organización que produce filtros de cerámica a bajo costo, alrededor de US\$ 1.50 por un modelo de dos recipientes.

b- Filtro Katadyn (Filtro de vela de cerámica con balde de plástico):

La pieza clave del Filtro Katadyn es un elemento de cerámica que puede retirar partículas de hasta 0.2 micrones, elimina todas las bacterias y protozoarios que pueden causar enfermedades. El filtro Katadyn es fácil de mantener y no tiene partes móviles. Rinde 4 litros por hora y su vida útil es de 39, 000 litros. Hay un indicador que advierte cuando se debe reemplazar el filtro. Peso 7.3 lb tamaño: 10” x 18” y precios US\$189.95.

c- Filtro Rápido de Arena:

En el filtro rápido de arena, el agua se empuja por gravedad o por presión a través de un lecho de arena. Los sólidos finos se quedan atrapados en el filtro. La remoción de partículas es principalmente un proceso físico. Los filtros rápidos de arena son inapropiados en países en vías de desarrollo por su costo de construcción, su complejidad y la necesidad de hacerles regularmente un “retrolavado”(o flujo rápido en sentido inverso) para limpiar el filtro.

d- Filtro Bioarena

El filtro Bioarena es una adaptación de los filtros lentos de arena tradicionales, construidos a pequeña escala. Estas modificaciones hacen que el filtro sea adecuado para uso domiciliario o para pequeños grupos.

Para su uso, se vierte un balde con agua contaminada en la parte superior del filtro bioarena. El agua pasa a través del medio filtrante conformado por arena de granulometría calibrada e inmediatamente se recoge en otro balde o recipiente adecuado (limpio) en la tubería de salida. Normalmente toma algunos minutos para que pase toda el agua vertida a través del filtro, porque está diseñado de manera que el flujo no sea mayor a 36 litros por hora. No hay válvulas o piezas móviles y el diseño asegura que haya un tirante mínimo de cinco centímetros sobre la arena cuando no está en uso. Los procesos de filtración son idénticos a los procesos del filtro lento de arena convencional. La vista transversal del filtro se aprecia.

- **Desinfección**

La desinfección involucra la destrucción de las paredes de la celular del organismo por oxidación. Esta oxidación es normalmente el resultado de la adicción de químicos como el cloro, el bromo, el yodo o el ozono o puede ser causado por la radiación ultravioleta.

Los patógenos y otros microorganismos pueden esconderse de los agentes de desinfección dentro de materia orgánica e inorgánica en el agua. La dosis de químicos necesarios para desactivar o matar a los patógenos aumenta con la cantidad de materia disuelta o suspendida. La remoción de materiales suspendidos por sedimentación y filtración mejora la eficacia de los agentes de desinfección.

- **Almacenamiento seguro del agua después del tratamiento**

El recipiente que se emplea para almacenar agua en un domicilio es muy importante debido a que la protección de esta se convierte en una defensa en contra de la transmisión de enfermedades que se transmiten por consumir agua contaminada. Los principios que tienen que cumplir estos recipientes son simples y se resumen de la siguiente manera (Gonzales, 2007).

- **Forma y tamaño apropiado:** Tienen que tener agarradera, para facilitar su transporte y una base que genere estabilidad para ser ubicado en algún lugar de la vivienda y que no haya peligro que se pueda voltear. El volumen tiene que estar entre los 10 y 30 litros.

- **Material:** Tiene que ser duradero, inoxidable, que resista las quebraduras, translucido y lo más liviano posible. No es recomendable la utilización de policarbonato o de otro material que pudiese reaccionar con el cloro.
- **Orificio de entrada (boca):** Debe facilitar el llenado del recipiente sin embargo no debe permitir la inmersión de objetos para extraer el agua.
- **Llave:** El recipiente debe tener un grifo (llave) que permita la extracción del agua. Es recomendable que se pueda abrir y cerrar sin dificultad, que sea inoxidable, fácil de limpiar, durable y sea apto para descargar un litro en 15 segundos.
- **Tapa:** tiene que impedir el ingreso de insectos, polvo u otro agente extraño, debe ser fuerte y estar sujeta al recipiente lo mas firme que se pueda. Asimismo, tiene que dejar que se limpie su interior con relativa facilidad.
- **Entrada de aire:** el recipiente debe tener un elemento que facilite el ingreso de aire en el momento de extracción del agua y asimismo un medio a través del cual se pueda agregar un desinfectante. (OPS/MOS,2004,2006).

Tratamiento de agua con fines de potabilización

El sector de agua y saneamiento se divide en urbano y rural. En los centros urbanos de mayor población se usa un modelo tradicional para proporcionar los servicios mediante un enfoque basado en la atención según la demanda. Ninguno de los modelos se puede adecuar a las pequeñas localidades, los cuales resultan muy grandes para pequeñas comunidades o muy pequeñas para despertar el interés en empresas de servicio público que se encargan del abastecimiento de agua en las zonas urbanas (Pilgrim, Roche y Kingdom, 2008). El tipo de tratamiento

de aguas con fines potables se da en base a la calidad de la fuente y la cantidad necesaria para lograr el abastecimiento de una zona poblacional específica.

- **Fuentes de agua para abastecimiento**

El agua pura es un recurso vital para la vida y salud de los seres humanos; el Perú, debido a su variada geográfica, cuenta con diferentes fuentes de agua que abastecen a poblaciones enteras. Las fuentes de aguas superficiales conformadas por ríos, lagos y lagunas, son las más usadas por su fácil acceso, pero a la vez también están expuestas a la mayor cantidad de contaminantes industriales y domésticos. De los 52 ríos de la costa peruana, ninguno lleva aguas aptas para consumo directo por la población.

Un caso diferente se presenta en las fuentes de aguas subterráneas, extraídas desde la napa freática a la superficie por medio de pozos. Si bien la contaminación es mucho menos en comparación de fuentes superficiales, no está exenta de ella, debiéndose realizar algún tipo de tratamiento para asegurar su calidad antes de consumo.

A-Proceso de potabilización del agua

Según Romero (2008), realiza una descripción del proceso de potabilización del agua que a continuación resume:

- **Captación**

La captación de agua consiste en la obtención del agua desde la fuente natural, mediante tomas de agua en los ríos o diques de fuentes superficiales, mediante pozos de bombeo o perforaciones en las fuentes subterráneas o desde los techos de las viviendas, cuando se capta agua de lluvia de fuentes atmosféricas.

- **Conducción**

Es la conducción del agua por medio de tuberías o canales abiertos, desde la captación hasta la siguiente unidad de tratamiento, que suelen ser los pre-sedimentadores.

- **Pre-sedimentación**

En esta fase se desarrollan estanques que retendrán los sólidos sedimentables (arenas), los sólidos que pesan más caen al fondo. En el interior de los estanques se hallan placas que son usadas para que realicen contacto con las partículas suspendidas. El agua pasa a la otra fase por desborde.

- **Coagulación – Floculación**

Las impurezas se presentan como materia suspendida y coloidal. Los coloides se encuentran en la arcilla, sílice, hierro, otros metales y la materia orgánica. La eliminación de estas impurezas se realiza mediante sedimentación, si embargo hay algunas que son muy pequeñas para ese caso se utilizan procesos de clarificación, concentrando los materiales en un líquido.

La coagulación y la floculación causan un incremento de tamaño del floculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de proceso se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente (sulfato de aluminio, Cloruro férrico o poli-electrolitos) que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga.

- **Decantación**

La decantación permite la eliminación de los sólidos por separación de la parte líquida. Estas unidades pueden clasificarse de acuerdo con la dirección predominante de flujo del líquido.

Tratamiento de agua a nivel domiciliario

Muchos estudios han comprobado de forma contundente que, mejorando la calidad del agua que llega al domicilio, mediante un tratamiento en el lugar almacenado y con contenedores mejorados, se reduce notablemente la presencia de enfermedades diarreicas y otras que son transmitidas por contaminación del agua.

El nivel que se reducen las enfermedades mediante mejoramiento de la calidad del agua presenta muchos factores y variantes dependiendo de la zona que aún necesita mayor estudio. Se han podido observar que los patógenos se reducen de un 6 a 90% gracias a una mejora en la calidad del agua potable en los domicilios.

Marco legal

- D.S. N° 031-2010-SA. Da la aprobación al Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, indicando que el agua es una de los bienes más importantes para el desarrollo humano y además en el Art. 14 se propone un programa de vigilancia de su calidad.
- Constitución Política del Perú (1993), representa la normal legal más importante del País en donde se establecen los derechos fundamentales de la persona, como por ejemplo el derecho al gozo de un ambiente saludable para su desarrollo.

Art. 67, Constitución Política del Perú (1993), En el capítulo II Del ambiente y los Recursos Naturales se hace mención que “El estado debe determinar la política del ambiente promoviendo la sostenibilidad de los recursos naturales”.

- Dirección General de Salud, establece la política de la calidad del agua, establece los límites máximos permisibles (Químicos, físicos y microbiológicos) que el agua debe de cumplir.
- Ley N°26842. Ley General de la Salud. Prohíbe la descarga de desechos y agentes que puedan contaminar el agua, el aire o el suelo y no adoptar medidas depurativas de acuerdo a las normas sanitarias y de protección ambiental, además insta a la autoridad de salud vigilar que se cumplan las normas respecto al abastecimiento del agua.
- Ley N°29338, Ley general de aguas, son normas que regulan la forma de manejar el agua, permitiendo distribuir las responsabilidades al Ministerio de

Agricultura como Autoridad de Aguas y al Ministerio de Salud como Autoridad Sanitaria.

- Organismo Mundial de Salud-OMS, 1995, El agua es un recurso fundamental para la vida y es indispensable contar un abastecimiento suficiente, desarrollando todo tipo de tecnología para conseguirlo. El objetivo primordial es librar al agua de cualquier agente contaminante, esto se logra protegiendo la fuente de abastecimiento antes que sea consumida.

Marco conceptual

Descripción de la localidad Huariquiña

Ubicación

a) Geográficamente

Se encuentra en la ciudad de Matucana, Provincia de Huarochirí, se ubicada en el kilómetro 74.5 de la Carretera Central, a dos horas de la ciudad de Lima, en la margen izquierda del río Rímac, en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, entre las desembocaduras de las quebradas Pahua o Llanahualla por el este y la quebrada de Chucumayo o Los Olivos al oeste.

b) Políticamente:

Región: Lima
Departamento: Lima
Provincia: Huarochirí
Distrito: Matucana
Localidad: Huariquiña

c) Hidrográficamente:

En la cuenca del río Rímac, vertiente con la cordillera de los andes y hoya hidrográfica del océano pacifico a 2389msnm.

d) Límites:

En la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, entre las desembocaduras de las quebradas Pahua o Llanahualla por el este y la quebrada de Chucumayo o Los Olivos al oeste.

e) Vías de comunicación

Altura del kilómetro 70 del carrete central, a 2 km de Matucana.

f) Lotización y N° manzanas

El área del terreno del centro poblado de Huariqueña es de 50,000 m², que integra 12 manzanas con 115 lotes de vivienda mayoritariamente unifamiliares.

g) Población total de habitantes, actividades, ingresos familiares.

Es un total de 690 habitantes que viven, la actividad que realizan es la agricultura, ganadería, crianza Según encuestas aplicadas a las familias, el ingreso promedio familiar es de S/ 150 / mes (según INEI, 2007).

h) Accesibilidad

“la vía de comunicación es por la carretera central, a la altura del kilómetro 74,5. En el recorrido se atraviesa por las localidades de Ñaña (km19), Chaclacayo (km 24), Chosica (km 34), Cocachacra (km 53) y Surco (km 67).

i) Clima

La temperatura en la zona varia de acuerdo a la altitud, siendo en las partes bajas fría y va aumentado a mayor altitud. El aire presenta poca presencia de vapor de agua, con una humedad relativa aproximadamente por debajo del 85%. La temperatura más elevada se encuentra entre los 24-25 °C y el promedio mas bajo de la temperatura baja es de 8.5 °C sobre todo en los meses de invierno (julio, agosto y septiembre). La temperatura promedio es de 18 °C.

La diferencia de altitud permite el desarrollo de microclimas muy variados, llegando a ser o muy cálidos o por el contrario fríos y hasta glaciales.

Durante los meses de diciembre hasta marzo abundan las precipitaciones ocupando el 85% del total, ya que los otros meses la presencia de las lluvias es nula. Anualmente se presentan dos épocas bien marcadas:

Húmeda: Ocurre en los meses de enero hasta marzo con el 66.5% de la lluvia anual

- **Seca:** abarca el periodo entre mayo y septiembre cubriendo un 4.4 % de la lluvia anual.

- **Transición:** Ocurre entre octubre hasta diciembre y parte del mes de abril con 29.1 % de la lluvia anual.

j) Suelos

Los suelos de la región, han derivado de un conjunto de factores entre ellos de singular importancia figuran: el clima, la geología y el tiempo para su formación. Los depósitos fluviales y los fluvio - coluviales fueron determinados por diferentes procesos de erosión y sedimentación con distintos cambios térmicos.

Calidad del agua

El sistema de agua potable tiene una antigüedad de más de 15 años operando en forma, que solo beneficia al 60% de la población, siendo afectada el 40% que consume agua del reservorio, la deficiencia de sistema de alcantarillado, no cubre la demanda actual, esta deficiencia de servicio de agua potable involucra los diversos problemas que ocasiona a la salud y a la imagen del pueblo.



Figura 3. Punto de captación del Reservorio, Huariquiña- Matucana 2013

Cloro residual

El agua debe contener 0.5mg/L de Cloro residual, según el análisis que se realizó se evidencio Coliformes Totales, lo cual comprueba que no existe inyección de cloro residual.

Control de calidad

No existe control de Calidad por parte del Municipio de Huarochirí, por lo que el reservorio se encuentra en pésimas condiciones y que afecta directamente a la salud de los pobladores de la localidad de Huariquiña.

Fuentes de Abastecimiento

Las fuentes de agua son el elemento más importante a lo hora de diseñar un sistema que permite abastecer de agua potable, por ello es necesario considerar la ubicación, cantidad y calidad de estas. Asimismo determinar el nivel de abastecimiento y aspecto de la topografía de la zona (Jorge Hugo Velasco, 2006,p. 9).

Tipos de fuentes de agua

“Según como se abastece, las fuentes se pueden dividir en tres: Aguas de lluvia, aguas superficiales y aguas del subsuelo”. (Jorge Hugo Velasco, 2006, p.9).

a. Aguas de lluvia

“El recojo de agua de lluvia se produce siempre que las aguas superficiales y subterráneas no presenten una buena calidad para el consumo, también se realiza en zonas donde llueve frecuentemente. Para obtenerlas se utilizan los techos o superficies impermeables que captan el agua y lo conducen hacia sistemas que almacenan según el requerimiento” (Jorge Hugo Velasco, 2006, p.9.).

b. Aguas superficiales

“Las aguas superficiales se encuentran en los arroyos, ríos, lagos, etc, que discurren de forma natural en la superficie del planeta. Estas fuentes no son muy solicitadas sin embargo se constituye en una alternativa cuando no se cuenta con otra. Para su uso es necesario contar con información sobre su estado y calidad” (Jorge Hugo Velasco, 2006, p 10).

c. Aguas subterráneas

“Una parte de la precipitación en la cuenca se logra filtrar en el suelo hasta un nivel de saturación, de esa forma se obtienen las aguas subterráneas. La explotación de estas aguas depende de los factores hidrológicos y geológicos de la zona. Se captan mediante la realización de manantiales, galerías filtrantes y pozos”.

d. Cantidad de agua

“La mayor parte de los sistemas de abastecimiento de agua potable en el sector urbano y rural del país, provienen de los manantiales. La falta de registros hidrológicos incita a la investigación continua para encontrar nuevas fuentes. Sería idóneo sin en los aforos se efectuarían en la temporada crítica de rendimientos que corresponde a los meses de

estiaje, con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura” (Jorge Hugo Velasco, 2006, p 10.).

Salud

La salud es el elemento principal que garantizar el bienestar y es fundamental como parte del desarrollo integral de los seres humanos.

En la sección V relacionado a La autoridad y su cumplimiento de todas las normas de salud, y en caso esto no sucediera se tendría que aplicar los principios de derecho.

En la sección IV en lo relativo al saneamiento ambiental; artículo 150° dice. El agua potable y alcantarillada, y de la misma manera los sistemas locales de abastecimiento de agua conforman parte específica del saneamiento y que se vincula estrechamente con la salud.

Finalmente, en el Reglamento de la Ley de Saneamiento Básico Rural (Ley 13997) dice en su artículo 30° Exceptuase de los reglamentos a todas aquellas poblaciones menos de 2000 habitantes cuyos servicios de agua y alcantarillado este administrado por otras instituciones.

Tratamiento de agua con filtro Bioarena (FBA)

A principios de los noventa el Dr. David Manz de la Universidad de Calgary (Canadá) desarrollo una versión domestica de los tradicionales filtros lentos de arena y lo llamo el filtro Biosand (FBS). El aspecto más notable de los FBS es que se pueden operar de manera intermitente y sencilla, solo se debe verter el agua a través de la parte superior y recolectarla en otro contenedor de almacenamiento en la base de descarga. Los patógenos y el material suspendido del agua se eliminan mediante diversos procesos físicos y biológicos que se producen de forma natural. Esta es la característica que lo hace apto para su uso en viviendas. Además se puede elaborar en cualquier parte del mundo haciendo uso de los materiales locales y la mano de obra disponibles.

Definición de FBA:

El FBA es un instrumento de tratamiento de agua para uso domiciliario. Consiste en una pequeña caja de concreto que por dentro contiene un estrato filtrante conformado por gravas de soporte y arena fina calibrada que el agua atraviesa por gravedad hasta llegar y salir a través del conducto de descarga. La remoción biológica ocurre en la superficie de la arena fina donde los organismos microscópicos y algunas bacterias desarrollan formaciones gelatinosas conocidas como schmutzdecke o capa biológica, que confiere al estrato de arena el poder de retener impurezas finas, como materias coloidales, suspensiones finas y bacterianas.

Componentes de un FBA

El Center for Affordable Water and Sanitation Technology (CAWST), propone un modelo que presenta los siguientes componentes:

a) Caja de concreto del FBA

Es un pedazo de concreto, sus paredes tienen $\frac{1}{2}$ "de espesor y contienen el medio filtrante, en la parte delantera presenta un pico por donde se descarga el agua tratada. Se recomienda el uso del concreto en proporción de 1:2:2 con 11 litros de agua limpia. Las dimensiones se definen de acuerdo a un molde de acero que presenta las siguientes medidas: 30 cm de ancho x 30 cm de largo y 100 cm de altura. Dentro de la pared frontal lleva insertado una manguera de PVC de $\frac{3}{8}$ que descarga el agua tratada. El peso aproximado es de 72 kg (170lb) sin agua y llena de agua y área puede pesar 160 kg (350lb).

b) Medio filtrante

Se conforma de agregados inertes y limpios. Presenta grava de $\frac{1}{2}$ ", y esto evita que el conducto se obstruya además se agrega también grava de $\frac{1}{4}$ ". En la cavidad superior se coloca una capa de arena fina calibrada y de esa manera obtener un flujo de 0.6 litros por minuto.

La grava de ½” es un material que se filtra por un tamiz de ½” quedando retenido por uno de ¼”. La grava sirve como drenaje por este motivo es colocado en la parte inferior del filtro. Los espacios vacíos que se forman por esta grava permiten que la salida del agua sea más fluida, también permite que el orificio de la manguera no se obstruya con grava de ¼”. Presenta una altura de 2.5 cm. La grava de ¼” es un residuo que pasa por el tamiz de ¼” y que ha quedado retenido.

“La arena fina es el material que logra pasar por el tamiz fino que se trata de una malla mosquitera metálica calibre 24(0.7mm); se conforma de agregados inertes, limpios y debe tener una granulometría definida con una medida de 0.10 mm a 0.25mm y un Coeficiente de Uniformidad entre 0.10mm a 0.25mm y 1.5 a 2.5. Esta granulometría hace posible tener un flujo de 0.6 litros por minutos”, CAWST (2008).

Las arenas y gravas de mejor calidad se obtienen al triturar la roca. La arena proveniente de la roca triturada tiene una mayor área superficial por grano lo que es mejor para recolectar los contaminantes. Además, la superficie de los granos se encuentra cargada de iones que tienen la propiedad de atraer los contaminantes.

c) Conducto de descarga

Es la única vía a través del cual se descarga el agua filtrada, utilizando para ello la ley de los vasos comunicantes. El conducto es fabricado con PVC flexible de 3/8” de diámetro externo y ¼” de diámetro interno, con una longitud de 1.00 mts. Esta colocado desde la base de la caja hasta su salida por el pico.

d) Placa difusora

Evita que la capa biológica o schmutzdecke se altere por la caída del agua al momento de verterlo al interior del FBA. Se debe construir con materiales inertes como plásticos pesados, acrílicos, plexiglás. Tiene

que tener 100 huecos con diámetro no menor de 0.3 cm (1/8") perforados con una grilla de 2.54 cm (1") x 2.54 cm (1") que permitan el paso del agua al FBA.

e) Tapa de filtro.- Es importante para evitar que la materia extraña ingrese al interior. Evita que el agua se contamine por ingreso de agentes extraños e insectos. Se debe sujetar bien a la caja. Se puede construir de diferentes materiales, aunque de manera usual se emplea la madera.

f) Depósito de recepción

Necesario para evitar la re contaminación del agua tratada. Numerosos estudios documentan que el agua recogida tratada para uso en el hogar, puede volverse a contaminar durante el almacenamiento si no se almacena en un contenedor protegido o "seguro" (teniendo generalmente una boca estrecha para relleno y limpieza y un grifo o vertedor para dispensar agua almacenada) y si no contiene un nivel protector

Operación, Funcionamiento y Mantenimiento

La operación es una actividad de fácil desarrollo para el usuario del FBA. Se trata de verter 20 litros de agua en el interior del FBA. Este volumen de agua descenderá a través del estrado de gravas de cuarzo luego de unos segundos de empezar a ingresar. El mismo volumen que ingresa se drenará dentro del FBA siguiendo el principio de los vasos comunicantes. Luego con la ayuda de un recipiente se recoge el volumen que ha sido filtrado.

Ley de Darcy

La ley de Darcy describe experimentalmente como el agua se comporta en su movimiento por medio poroso. Cuando Darcy diseñaba filtros de arena para la purificación del agua mostro interés en aquellos factores que permitían que el agua fluyera más a través de los materiales arenosos.

Cuarzo

Es el mineral más común en la tierra. Se encuentra en casi cada ambiente geológico y es por lo menos un componente de casi todos los tipos de rocas.

- Fórmula empírica: SiO₂
- Peso molecular: 60.08 g/mol
- Composición química corresponde a: Silicio=46.74 %, O =53.26 %
- Dureza: 7
- Densidad: 2.6 – 2.65, promedio = 2.62 g/cm³
- Origen: Rocas sedimentarias, metamórficas, e ígneas. Mineral muy común encontrado en todo el mundo

1.4. Formulación del problema

1.4.1.1. Problema General

¿En qué medida la construcción y el uso del filtro bioarena mejorará la calidad de agua para consumo humano en el proceso de filtración?

1.4.1.2. Problema Específico

¿Es efectivo el uso de gravas de cuarzo para la reducción de la concentración de coliformes totales y Sólidos totales en la muestra de agua tomada del reservorio de la localidad de Huariquiña antes y después?

1.5. Justificación

1.5.1.1. Económica

Para mejorar la calidad del agua potable y que pueda ser consumida por las personas del pueblo de Huariquiña, no será necesario de mucho dinero ya que el costo de un Filtro Bioarena y los cuarzos consta de un presupuesto bajo, reduciendo a un 90% las incidencias de contraer una enfermedad que genere gasto en postas médicas o tratamientos, cabe mencionar que los insumos, materiales y herramientas que se utilizara para el presente trabajo se detallaran más adelante, durante el desarrollo

del presente trabajo de investigación, teniendo en cuenta el mantenimiento y su reutilización.

1.5.1.2. Ambiental

Las condiciones insalubres que presenta el agua almacenada en los domicilios y el retiro del agua inadecuado del reservorio donde existe un riesgo ya que el agua que consumen no posee con ningún tratamiento previo; la implementación de un FBA ayudará a la protección y conservación de nuestro recurso más importante para la vida.

1.5.1.3. Social

Sin duda esta Tesis ayudará a la población, a tener mayores conocimientos, sobre la tecnología fácil y económica, que permitirá la adquisición de conocimientos sobre la importancia de la conservación adecuada del agua para su consumo, permitiendo un desarrollo de la vida humana, esto ayudara a la réplica en muchas comunidades semi-rurales que no cuenten con sistema de agua potable o campamentos, puede ser un buen programa por parte de la Provincia de Huarochirí, para hacerle llegar a la familias que lo necesiten.

1.6. Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

La construcción del filtro bioarena mejorará la calidad de agua para consumo humano en el proceso de filtración.

1.6.2 Hipótesis Especifica

El uso de las gravas de cuarzo para la reducción de la concentración de Coliformes totales, Sólitos Totales Sedimentables y conductividad en la muestra de agua tomada del reservorio de la localidad de Huariquiña antes y después del proceso de filtración utilizando el FBA es muy efectivo.

1.7. Objetivos

1.7.1 General

Evaluar la construcción y el uso del filtro bioarena (FBA) para mejorar la calidad de agua para consumo humano en el proceso de filtración.

1.7.2 Específico

Determinar la efectividad de las proporciones de las gravas de cuarzo para la reducción de la concentración de Coliformes totales, Sólidos totales sedimentables y conductividad en la muestra de agua del reservorio de la localidad de Huariquiña antes y después.

II. Método

2.1. Diseño de investigación

Para obtener la información deseada, en la presente investigación se utilizó un diseño experimental con pre pruebas y post pruebas a solo un grupo.

Se caracterizó la muestra obtenida en el tanque de agua de obtenida del reservorio(pre prueba) de la localidad de Huariquiña, luego se sometió al proceso de filtración en el FBA construido, donde se manipuló la variable independiente (Filtro Bioarena) y las variables dependiente(calidad del agua) donde intervinieron las variables(Flujo y Tiempo), finalmente se analizó el producto obtenido (concentración) y se calculó el porcentaje de efectividad del filtro, para una mejor comprensión del experimento se presenta en un diagrama de flujo:

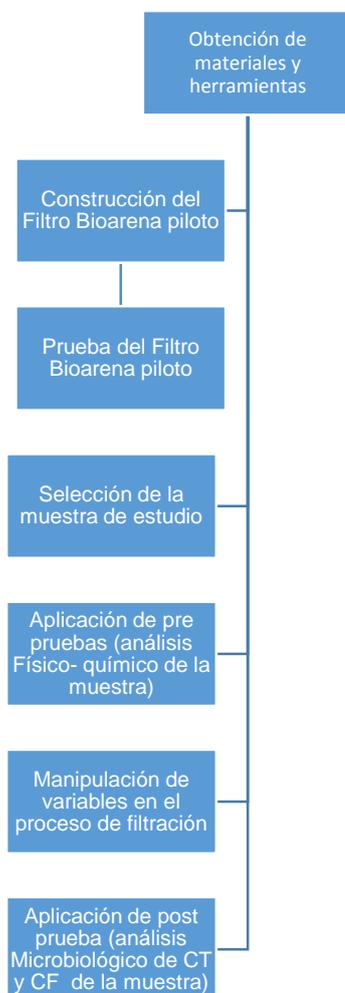


Figura 4. Modelo del Diseño de investigación

Tipo de estudio

Según el paradigma: Investigación cuantitativa

Según su finalidad: Investigación aplicada

Según la fuente de datos: Investigación experimental

El alcance de la presente investigación es de tipo Hipotético – Inductivo, ya que mediante un experimento Filtro Bioarena se realizara observación, análisis y clasificación de los hecho y buscando como resultado o respuesta una conclusión que resulte general para todos los mismos elementos.

También se recopilo información con ayuda del internet, manuales y fuentes bibliográficas que serán descritas con precisión a la entrega del documento.

Los métodos que se utilizaron en la presente investigación es cuantitativo ya que será secuencial y probatorio, no se podrá eludir los pasos el orden será riguroso. Inductivos porque se partirá de información obtenida del método cuantitativo para que posteriormente se obtengan datos generales los cuales serán analizados para probar las hipótesis.

“Este método emplea el razonamiento para llegar a sus conclusiones partiendo de casos particulares con cierta validez obteniendo conclusiones que presentan aplicación general. El método parte con un análisis individual de cada hecho, formulándose conclusiones de carácter universal que se consideran leyes o principios de una teoría” (Bernal, 2006, p.56).

Método de investigación:

Se utilizará el método experimental. El método consta de 2 etapas:

Para la recolección de datos se utilizaran los resultados de las muestras tomadas del filtro bioarena y entregados por el laboratorio analizando la eficiencia de reducción de microorganismo como coliformes totales, determinando si se recomienda o no su implementación.

Por parte del proyecto se contó con un equipo de profesionales compuesto por un Jefe Ing. Industrial, un supervisor y operarios calificados lo cual apoyaron en la mano de obra para la construcción del molde del filtro bioarena.

Construcción e Instalación

El FBA es un sistema que contiene varios componentes, cada cual cumple una función específica, la caja de concreto es un envase rígido de concreto que contiene el medio filtrante compuesto por grava y arena de granulometría específica. El agua que ingresa a su vez pasara hasta salir purificada por el conducto de descarga. Si falla uno o más componentes, sido seguida con la minuciosidad que se expone a continuación.

Sub etapas: cuenta con 9 sub etapas.

a) Obtener las herramientas y los materiales

- Hoja o plancha de acero gruesa de 3 mm (1/8")
- Ángulo de metal de 38 mm (1 1/2") x 38 mm (1 1/2") x 3.2 mm (1/8")
- Tornillos de 10 mm (3/8") de diámetro – 19 mm (3/4") de longitud.
- Tamices.- Mallas de acero de 1/4", 1/2" y 1/8".

b) Construir el cuerpo del filtro

Molde de Acero.- El molde de acero de los FBA, es una estructura metálica basada en láminas, ángulos y uniones de acero, con apoyo del Ing. Salvador Dávila de la empresa Msteel S.A.C, mejorando las versiones por CAWST, 2009.

El molde de acero está conformado por cuatro piezas principales, la primera es la base del molde que tiene forma de cono truncado de sección cuadrangular, la segunda es la placa triple que cubre que cubre la parte posterior y las dos laterales del filtro, la tercera es una placa frontal que incluye el molde para el pico de descarga.



Figura 5. Molde de acero galvanizado.

La caja del FBA debe presentar paredes y bases impermeables para su buen funcionamiento, es decir sin grietas ni rajaduras para evitar la fuga de agua después de instalado; de igual importancia que es el conducto de descarga que va insertado dentro de la pared frontal del filtro este de obstrucciones. Para lograr estas características se verifico a partir de inspección ocular y la prueba hidráulica respectivamente.

c) Preparación de concreto

El concreto requerido para la construcción de las cajas de los FBAs fue concreto simple, mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. Su resistencia y trabajabilidad fue definida principalmente por la dosificación de estos elementos en una mezcla de proporción de 1:2:2 (cemento, agregado fino y agregado grueso) para alcanzar una resistencia de 210 Kg/cm².



Figura 6. Material para preparación de mezcla para FBA

El cemento utilizado fue el cemento Portland Tipo I, que según las especificaciones técnicas descritas en su envase cumple con la norma ASTM – C-150. Este cemento está destinado al uso común y corriente en construcciones de concreto. Y trabajos de albañilería.

El agregado fino, para mezcla del concreto, fue arena limpia, bien graduada. El agregado grueso fue menos a 12.7 mm (Piedra chancada de 1/2”) consiste en piedra triturada. El agua para la preparación del concreto fue limpia y fresca obtenida a través del pozo. Para el mezclado del concreto se utilizaron: 10 litros de cemento portland, 20 litros de arena cernida y 18 litros de grava cernida de 1/2”. El mezclado fue manual, hasta alcanzar una masa uniforme y consistente.



Figura 7. Cernido de piedra chancada de 1/2".



Figura 8. Cernido de hormigón 0.03".

d) Llenado del molde

La mezcla de concreto obtenida en el paso anterior se vertió dentro del molde (previamente armado) en 4 tiempos. Después de cada tiempo se usó una vara de acero de $\frac{1}{2}$ " x 1.5m) para chucear, y un martillo de goma para golpear las paredes del molde, con el propósito de asegurar que salgan las burbujas del aire atrapadas durante el vaciado y luego se esperó 24 horas.



Figura 9. Mezcla de piedra chancada de $\frac{1}{2}$ " (20L), cemento (10Litros) yHormigón cernido (20L).



Figura 10. Consistencia del hormigón apropiado (Uso 10 Litros de agua).



Figura 11. Ayudo a mezclar el concreto para sacar el aire acumulado.

e) Desmolde del FFBA

El desmolde se realizó después de 24 horas del vaciado de concreto, para ello se retiró la placa de la nariz aflojando el perno que la sujeta. Luego se volteo el molde 180° usando un neumático en de uso como punto de apoyo y amortización para sostener su peso. Sobre el peso del molde y luego se desenroscó los pernos, haciendo coincidir sus cuatro cabos en los espacios marcados en el molde. Se retiró el cono invertido interno de la caja de concreto, con ayuda de 4 pernos se retiró el cono interno levantándolo lentamente hasta que salga por completo y bajándolo lentamente hasta el piso.

Posteriormente se aflojaron y quitaron los restantes diez pernos y tuercas que unen las placas lateral y frontal del molde y se golpeó las paredes con el martillo de goma para despegar el concreto aunque fresco adherido al acero del molde. Para mantener un buen estado y evitar que se oxide las paredes interiores del molde se limpió y lubricó después de cada uno.



Figura 12. Desencofrado del Filtro Bioarena.

f) Prueba hidráulica y curado

La prueba hidráulica se realizó para detectar obstrucciones en el conducto de descarga causadas durante el llenado del concreto. Esta prueba consistió en llenar con agua la capacidad total de la caja del FBA e inmediatamente medir el tiempo que tardó en llenar un recipiente de 1 litro. Se estableció un caudal de descarga de 1 litro/25 segundos aproximadamente para asegurar que el conducto estaba libre de obstrucción. Esta prueba fue imprescindible para continuar con la fabricación del filtro, al realizar la prueba Hidráulica

El curado se inició tan pronto como el concreto hubo endurecido, es decir a las 24 horas del vaciado, para ellos se llenó la caja con agua durante 2 días.

En este tiempo se detectaron grietas y/o poros en las paredes y bases del filtro por donde hubo fuga de agua, lo cual no se encontraron.



Figura 13. Curado con Sika y cemento.

Se procedió al curado de agujeros provocado por el aire, lo cual se curó con sika (1/8 kg), cemento (1/4Kg) y Agua (100ml), y se esperó su secado 16 horas.



Figura 14. Pintado con antioxidante color rojo oxido.

Se procedió al pintado del filtro, utilizando rojo oxido en esmalte, para tener un mejor acabado y sellar mejor.

g) Construcción de la placa difusora

Se utilizó acrílico y para los agujeros un clavo de 1 pulg. Dibujándose 100 cuadrantes de 24.7cm*24.7cm, encima de un plástico plegable.



Figura 15. Perforación del Acrílico 8 mm de espesor.



Figura 16. Perforación de los agujeros de la placa difusora.

h) Colocación del medio filtrante y pruebas de caudal

El material filtrante estuvo conformado por tres capas de grava de cuarzo de granulometría específica de 4 medidas ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{32}$ y $\frac{1}{16}$ pulgadas). Las actividades desarrolladas para conseguir un óptimo funcionamiento del medio filtrante fueron:

El lavado permitió que el flujo del agua sea mejor ya que si se considera un mal lavado no permitirá el flujo del agua.

Tabla 4. Experimento con diferentes tipos de grava y flujos

1er Experimento	Se realizaran a pruebas para un caudal optimo con un flujo de 15L/min y 7.5L/ min.	A: Gravas de $\frac{1}{32}$.	Parámetro a evaluar: -Coliformes totales -Sólidos Totales -Conductividad - pH
		*B: Gravas de $\frac{1}{8}$" .	
		C: Gravas de $\frac{1}{2}$ ".	
2do Experimento	Se realizaran a pruebas para un caudal optimo con un flujo de 15L/min y 7.5L/ min.	A: Gravas de $\frac{1}{32}$.	Parámetro a evaluar: -Coliformes totales -Sólidos Totales -Conductividad -pH
		*D: Gravas de $\frac{1}{16}$" .	
		C:Gravas de $\frac{1}{2}$ " , 5 cm	

*Son las gravas que se cambiaron, para verificar la mejor calidad del agua.

i) Calculo del caudal

Se utilizó una probeta de 250mL y un cronometro para medir el flujo de entrada y de salida del Filtro Bioarena.

$$Q \text{ Caudal } ([L^3T^{-1}]; m^3/s)$$

Obtención de muestras

La muestra tomada se almaceno en un cilindro de 150 Litros, fue tomada del reservorio de la localidad de Huariquiña con permiso de los pobladores, donde se trasladó en una camioneta, para luego probar en el experimento con el Filtro Bioarena.

Procedimiento experimental de los parámetros adecuados, para la reducción de Coliformes totales, Sólitos Totales Sedimentables y conductividad.

Se realizaron 4 experiencias en el Filtro Bioarena, controlando la variable independiente (concentración de la muestra) y las variables intervinientes (flujo y tiempo), la muestra se almaceno en un tanque de 150 Litros siendo esta bombeada por una bomba de $\frac{1}{2}$ hp y para manipulación del flujo se colocaron dos válvulas en las tuberías, verificando que no exista fuga de agua, se realizaron las pruebas como se observa en la figura 18. Pruebas del Flujo óptimo.

Se calculó los 20 Litros de agua para ser tratada con las gravas de $\frac{1}{2}$ " (3.50Litros), $\frac{1}{8}$ " (3.50Litros) y $\frac{1}{32}$ " (20Litros)" con dos caudales diferentes (0.06 L/min y 0.03 L/min) a la entrada del FBA.



* Gravas $\frac{1}{2}$ "

Gravas $\frac{1}{8}$ "

*Gravas $\frac{1}{32}$ "

Figura 175. Granulometría utilizada en el 1er experimento



* Gravas 1/2"

Gravas 1/16"

*Gravas 1/32"

Figura 18. Granulometría utilizada en el 2do experimento

*Las gravas de 1/2" no se pudieron variar ya que a mayor escala provocaría obstrucción de la boquilla de la manguera del fondo del FBA y la grava de cuarzo de 1/32" fueron la más pequeña y la que cumple la función de la formación de la biocapa.



Figura 19. Resultado de la muestra de agua

Método de análisis

a) Temperatura (Método de Temperatura)

Se procede a introducir el termómetro previamente calibrado a temperatura ambiente, en la muestra del agua de la comunidad, variando según las pruebas realizadas.

b) Conductividad (Método conductométrico)

Tipo de electrodo de platino. Este tipo de cedula se presenta en forma de pipeta o de inmersión. La elección de la cedula depende de la amplitud esperada de la conductividad y de la amplitud de la resistencia del instrumento.

c) Coliformes Totales (Filtración por Membrana - SM 9221 B)

Se tomó la muestra, para ser entregadas a laboratorio Envirotest S.AC.

d) Sólitos Totales Sedimentables (Medidor Tipo Pluma y Método gravimétrico).

1ero. Se utilizó un TSD tipo pluma calibrado para hacer un seguimiento a las pruebas.

2do. Para comprobar los resultados se llevó las muestras al laboratorio de Envirotest S.A.C. estos son los resultados filtrados del agua, desecado a la temperatura normalizada, y el aumento de peso en el papel del filtro son los sólidos suspendidos

2.2. Operacionalización de variables,

Definición conceptual

Variable independiente

- Filtro Bioarena

Variable dependiente

- Calidad del agua

Variables Intervinientes:

- Flujo.
- Tiempo

Definición operacional

Tabla 5. *Definición de Variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Filtro bioarena	Estructura sólida de concreto armado con tamices de gravas de cuarzo de diferente granulometría utilizados como medio filtrante.	Cantidad de agua de la muestra.	Cantidad de agua filtrada	Litros
Calidad del agua	Concentración en relación de peso por unidad de volumen de los parámetros físico-químicos y biológicos.	Eficiencia en la reducción de la concentración de los parámetros Conductividad, STD, Coliformes Totales, pH y Temperatura.	% de Eficiencia con relación al filtro bioarena.	Intervalo/ Razón

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población de estudio de esta investigación lo constituye el total de descarga de agua que proviene de los manantiales al reservorio que tiene por capacidad 80m³. Teniendo como un gasto mínimo diario de 47lts/seg.

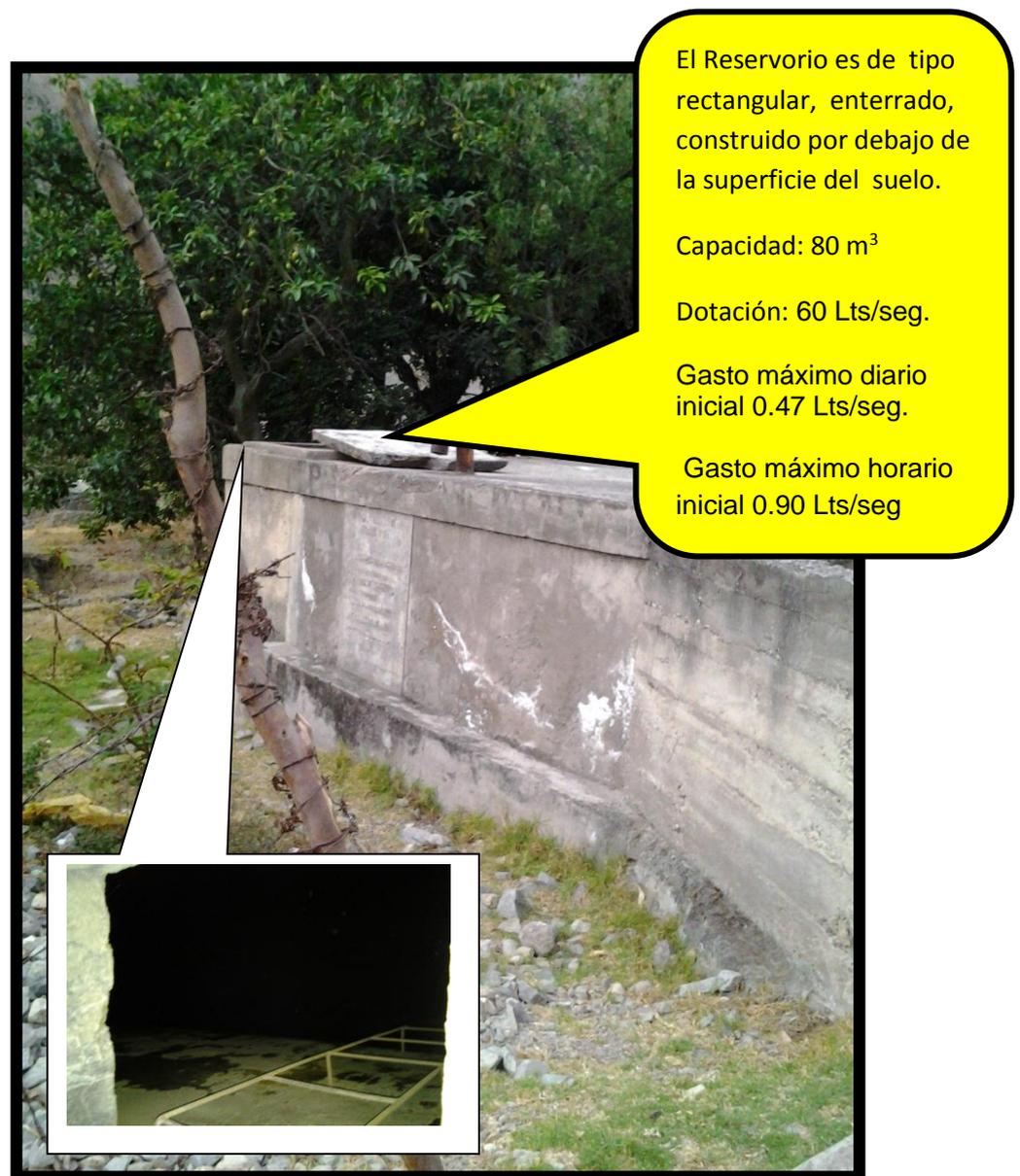


Figura 20. Reservorio de agua para consumo Humano, Huariquiña-2013

2.3.2. Muestra

Para el presente estudio se consideró recolectar una muestra de 150 litros de agua del reservorio para las 4 pruebas en el Filtro Bio arena piloto, con las diferentes granulometrías de gravas de cuarzo.

Para la recolección de la muestra, se almaceno en un balde de 150 litros de capacidad, lo cual previo a ello se removió y se tomó una

muestra de agua antes de su vertimiento al filtro para su caracterización físico química y microbiología, que se tomaron como parámetros Sólitos Totales Sedimentables, Conductividad, temperatura, pH y Coliformes totales.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnica

La técnica que se utilizara en la investigación es:

La observación, para obtener los datos de los parámetros utilizados durante el proceso de filtración con el FBA, así como también de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio Envirotest S.A.C.

2.4.1.1. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaran en el presente estudio de investigación son:

2.4.1.2. Instrumentos de medición

- Cronometro.
- Conductimetro.
- Medidor de Sólitos Totales Sedimentables (TDS).
- Termómetro digital.
- Probeta 205mL.

2.5. Método de análisis de datos

En la presente investigación se realizó el análisis descriptivo de datos cuantitativos, a través del software Excel para analizar los datos de los parámetros de operación y los resultados de mejor calidad de agua.

La observación, para obtener los datos de los parámetros utilizados durante el proceso de filtración, así como también de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio.

2.6. Aspectos éticos

Los datos indicados en esta investigación fueron recogidos del grupo de investigación y se procesaron de forma adecuada sin adulteraciones, pues estos datos están cimentados en el instrumento aplicado. Asimismo, se ha cumplido con respetar la autoría de la información bibliográfica, por ello se hace referencia de los autores con sus respectivos datos de editorial y la parte ética que éste conlleva.

III.Resultados

3.1 Descripción de resultados

A continuación se muestran cuadros y gráficos donde se presenta los resultados de las experiencias realizadas con el FBA diseñado y las gravas de cuarzo para mejorar la calidad del agua para consumo humano. Asimismo se presenta los análisis de regresión para relacionar las variables de conductividad y tiempo, que permitieron guiar las experiencias.

Concentración inicial y antes de su funcionamiento

Tabla 6. *Numero de Lavadas y volumen según la granulometría*

Granulometría	Nro. Lavadas	Volumen	Altura
1/2"	2	3.5Lts	5cm
1/8"	4	3.5Lts	5cm
1/16"	8	3.5Lts	5cm
1/32"	16	20Lts	21cm

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6. Se determinó el número de lavadas por tamaño de gravas, el volumen de gravas de cuarzo y la altura que se necesitaría para utilizar en el FBA tomando como referencia el volumen según el manual de CAWST 2009.

Resultados de flujo de Entrada

Tabla 7. *Parámetros de entrada al Filtro*

Gravas	Pruebas	Flujo (L/min)	TDS	Conductividad us/cm	Temperatura (C°)	COLIFORMES TOTALES NMP/100ML	pH
			PPM(mg/l)				
Cuarzo 1/8"	P1	15	1300	1580	21.7	>23	7.57
	P2	7.5	1310	1511	21.7		
Cuarzo 1/16"	P3	15	1320	1525	21.7		
	P4	7.5	1320	1524	21.7		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7. Son los resultados antes de someterse a la prueba del experimento en el Filtro Bioarena lo cual se detallan en la tabla 6, para determinar sus concentraciones y comparar la mayor efectividad.

Eficiencia del filtro en función al tiempo de retención.

Se define como eficiencia a:

$$\% \text{Eficiencia} = \frac{V \text{ no filtrado} - V \text{ filtrado}}{V \text{ no filtrado}} * 100$$

Esta fórmula ayudo en determinar la efectividad del Filtro Bioarena.

Primera Prueba

En la primera prueba, se utilizó las gravas de 1/2", 1/8" y 1/32, graduando el caudal de entrada a **15 L/min** obteniendo:

Tabla 8. Resultados de la 1ra Prueba

	Tiempo	Sólidos Disueltos Totales (SDT2) PPM	Conductividad us/cm
15L/min	00:00	700	754
	00:10	678	784
	00:20	689	664
	00:30	545	591
	00:40	567	525
	00:50	593	552
	01:00	567	551
Promedio		619.86	631.57
Eficiencia		53%	60%

Fuente: Elaboración propia

$$\% \text{ de remoción Primera Prueba} = \frac{1300 - 619.86}{1300} * 100$$

% de Remoción Primera Prueba = 53

Segunda prueba

En la segunda prueba, se utilizó las gravas de ½”, 1/8” y 1/32”, ingresando con un caudal de **7.5L/min** obteniendo:

Tabla 9. Resultados 2da Prueba

	Tiempo	Sólidos Disueltos Totales (SDT) PPM	Conductividad us/cm
7.5L/min	00:00	560	689
	00:10	600	687
	00:20	700	488
	00:30	400	563
	00:40	450	503
	00:50	500	498
	01:00	460	525
	Promedio		524.29
Eficiencia		60%	63%

Fuente: Elaboración propia

Tercera prueba

En la tercera prueba, se cambió de gravas se utilizó las gravas de ½”, 1/16” y 1/32, ingresando con un caudal de **15 L/min** al FBA obteniendo:

Tabla 10. Resultados 3era Prueba

	Tiempo	Sólidos Disueltos Totales (SDT3) PPM	Conductividad us/cm
15L/min	00:00	673	711
	00:10	732	748
	00:20	728	689
	00:30	728	658
	00:40	728	655
	00:50	728	620
	01:00	732	590
	Promedio		721.29
Eficiencia		45%	56%

Fuente: Elaboración propia

Cuarta prueba

En la cuarta prueba, se cambió el flujo utilizando las gravas de ½", 1/16" y 1/32", ingresando con un caudal de **7.5L/min** al FBA obteniendo:

Tabla 11. Resultados 4ta Prueba

	Tiempo	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	Conductividad us/cm
7.5L/min	00:00	723	780
	00:10	723	821
	00:20	728	795
	00:30	723	781
	00:40	728	790
	00:50	728	785
	01:00	728	782
Promedio		725.86	790.57
Eficiencia		45%	48%

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinada los resultados, el promedio y el porcentaje de eficiencia, se procede a graficar, para tener una variación de los parámetros con respecto al tiempo de retención del filtro Bioarena de los 4 experimentos realizados con las diferentes gravas y flujos como se muestra en la tabla 11.

Tabla 12. Temperatura vs Tiempo

	Tiempo	00:00	00:10	00:20	00:30	00:40	00:50	01:00	Promedio
P1	Temperatura (°C)	21.7	22.9	22.2	22.3	22.1	22.1	22.1	22.20
P2		21.7	22.9	22.2	22.3	22.1	22.1	22.2	22.21
P3		21.9	22.1	22.1	22.1	22	22	21.9	22.01
P4		21.9	21.9	21.9	22.1	22.1	22.1	22	22

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos en las tablas se procede a graficar, para obtener la variación de los parámetros con respecto a la temperatura.

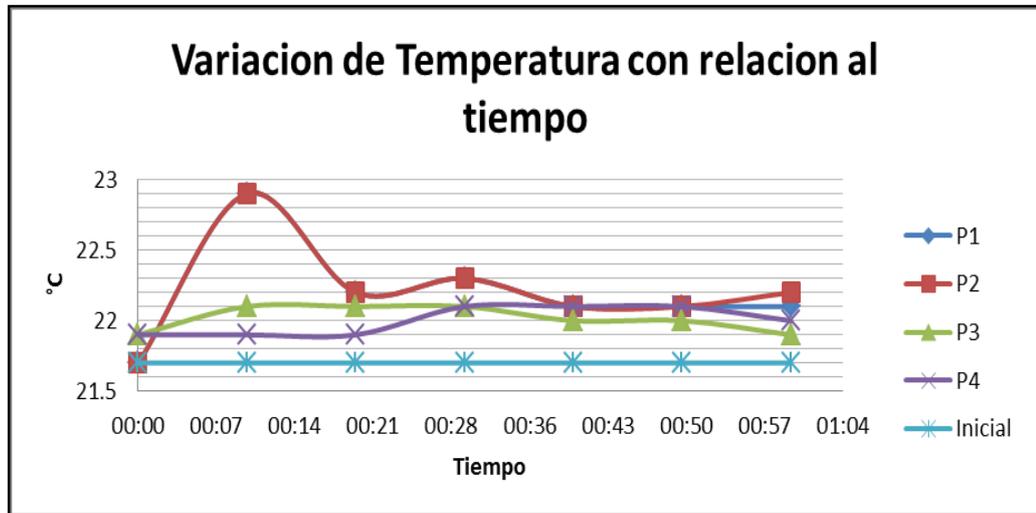


Figura 21. Variación de temperatura con relación al tiempo

Fuente: Elaboración propia

El aumento de temperatura con respecto al uso de gravas en el filtro bioarena nos indica que hubo energía y un trabajo, se observó también que se mantiene constante la temperatura del agua filtrada y una diferencia con relación al agua inicial.

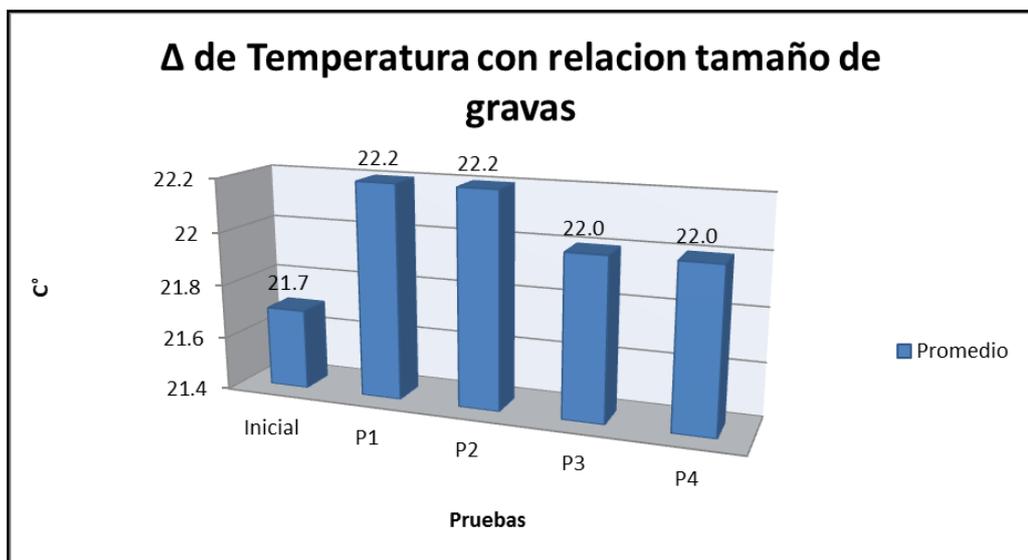


Figura 22. Variación de promedio de temperatura

Fuente: Elaboración propia

En esta grafica podemos observar que existe un aumento mayor de la temperatura en las pruebas P3 y P4, esto se debe a que hay una mayor fricción gracias a la energía que provocada por la Termodinámica del agua con respecto a las gravas y a su mayor tamaño con relación a las pruebas P3 y P4.

Tabla 13. Flujo vs Tiempo

	Tiempo	00:00	00:10	00:20	00:30	00:40	00:50	01:00	Promedio
P1	Flujo de salida (L/min)	0.88	0.88	0.82	0.86	0.88	0.84	0.83	0.86
P2		0.66	0.66	0.64	0.63	0.65	0.62	0.6	
P3		1.56	1.56	1.54	1.53	1.52	1.51	1.51	
P4		1.1	1.09	1.08	1.05	1.06	1.04	1.02	

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos en las tablas se procede a graficar, para obtener la variación de los parámetros con respecto al flujo.

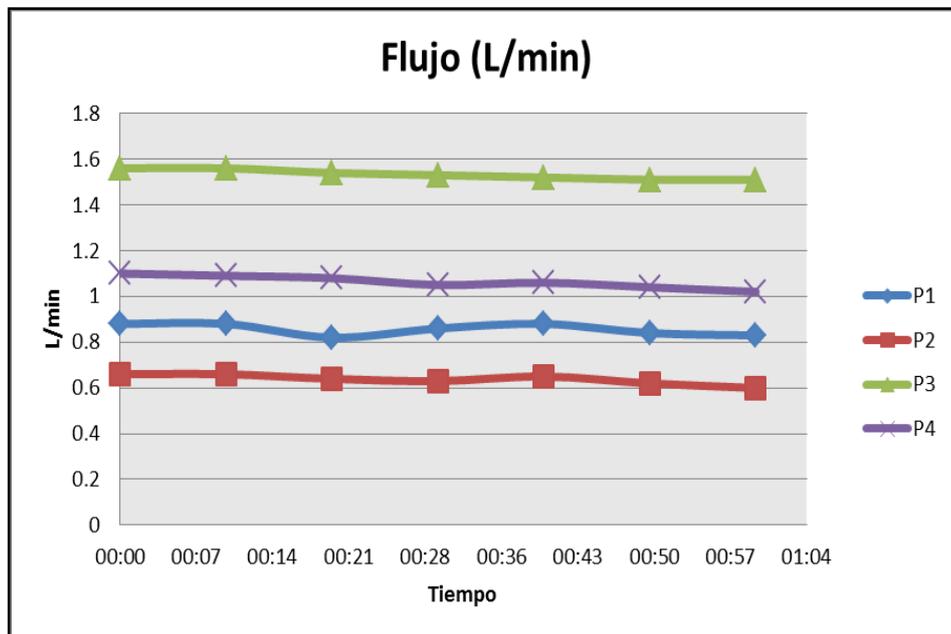


Figura 23. Variación del Flujo de salida con relación al tiempo

Fuente: Elaboración propia

La calidad de la filtración depende de varios parámetros, entre otros, la forma del filtro, la altura del lecho filtrante, características y granulometría de la masa filtrante, velocidad de la filtración, etc.

Cuando los filtros se cargan con las partículas, la dirección del flujo es intervenida por las diferentes gravas que se usó, lo cual se buscó un caudal óptimo de consumo, como se muestra en la tabla 3.

Se observa que el menor flujo lo tiene la prueba #2, siendo este el mejor flujo ya que retira los contaminantes y existe un mejor tratamiento

La velocidad de ingreso que fue de 15L/min en las pruebas P1 y P3 como fue mayor al de las pruebas P2 y P4, es por lo que también influyó en que sus flujos sean mayores, se observa que su flujo en las diferentes pruebas se mantiene, esto y siempre cuando su columna de agua se mantenga.

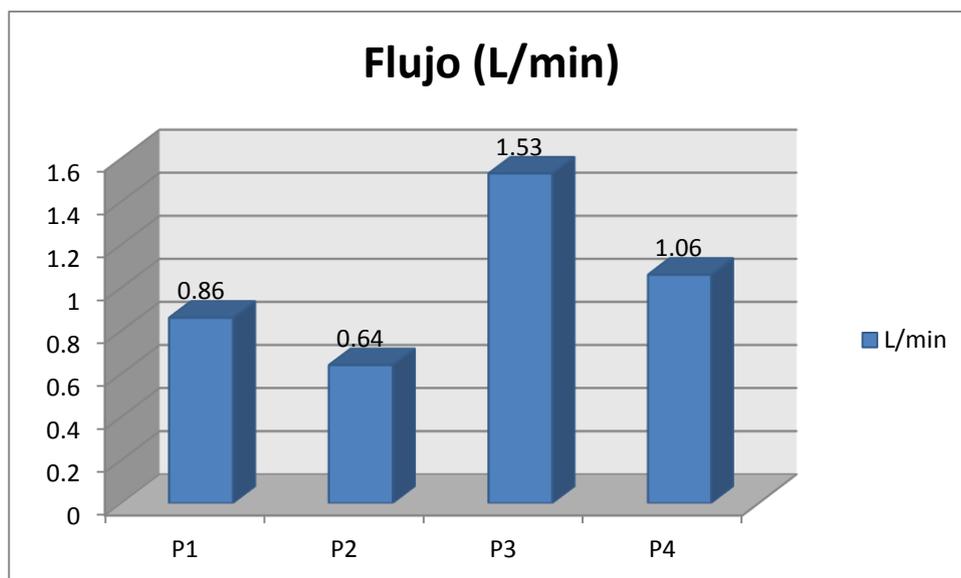


Figura 24. Variación del Flujo en las 4 experiencias

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente Gráfico se muestra que el flujo en las pruebas P1 y P2 son menores a las pruebas P3 y P4, tomando como el flujo más óptimo el de la prueba P2.

Tabla 14. Sólitos Totales Sedimentables vs Tiempo

	Tiempo	00:00	00:10	00:20	00:30	00:40	00:50	01:00	Promedio
P1	Sólitos Totales Sedimentables (ppm)	700	678	689	545	567	593	567	619.86
P2		560	600	700	400	450	500	460	524.29
P3		673	732	728	728	728	728	732	721.29
P4		723	723	728	723	728	728	728	725.86

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, los valores obtenidos en las tablas se procede a graficar, para obtener la variación de los parámetros con respecto a la disminución de Sólitos Totales Sedimentables (ppm) con respecto al tiempo de uso en el Filtro Bioarena (FBA).

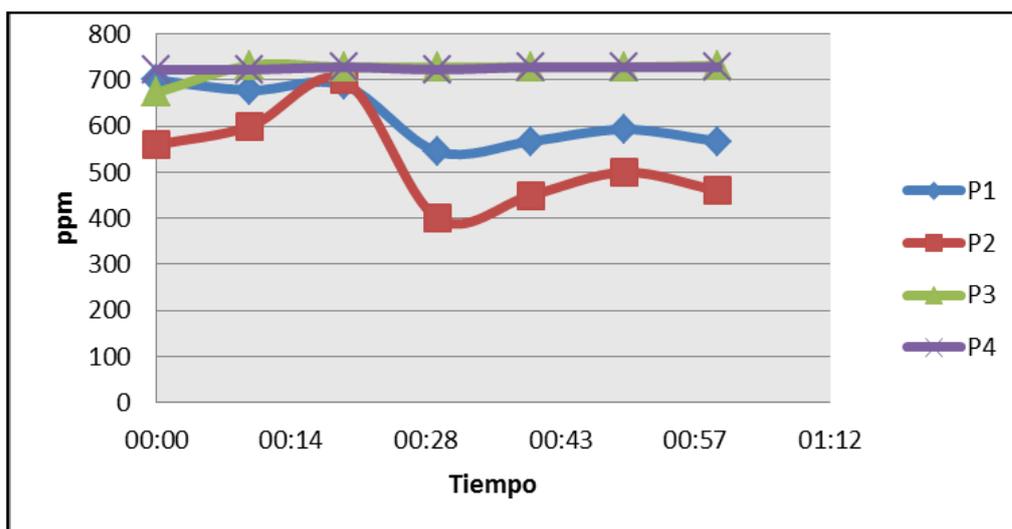


Figura 25. Variación Sólitos Totales Sedimentables con relación al tiempo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 25 de acuerdo a lo mencionado en el parámetro anterior, existe una gran eficiencia del filtro con respecto a los Sólidos disueltos totales en las 4 pruebas, esta eficiencia se mantiene a través del tiempo sin existir decrecimientos o retenciones de concentraciones bruscas.

Las partículas retenidas inicialmente hacen de colectoras con otras partículas suspendidas y a través del tiempo la curva será más acentuada, teniendo una mayor eficiencia.

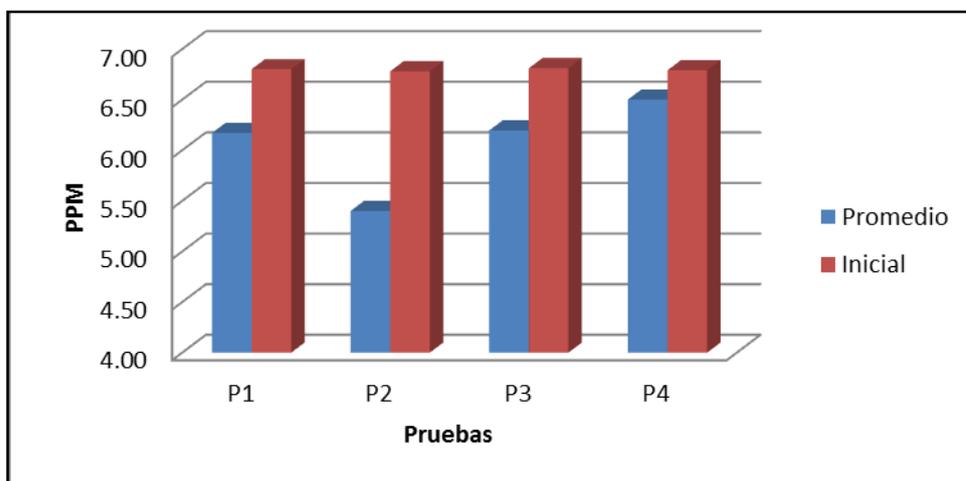


Figura 26. Variación de Sólitos Totales Sedimentables

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, se puede mostrar la reducción de Solidos totales sedimentables con relación a la concentración inicial y las 4 pruebas realizadas

Observando que en casi todas las pruebas hay una reducción casi de la mitad de STD, pero existe una gran diferencia en la prueba 2, ya que esto se debe a que ingresa con un menor flujo al FBA y hay una mejor eficiencia.

Tabla 15. Conductividad vs Tiempo

	Tiempo	00:00	00:10	00:20	00:30	00:40	00:50	01:00	PROMEDIO
P1	Conductividad (us/cm)	754	784	664	591	525	552	551	631.57
P2		689	687	488	563	503	498	525	564.71
P3		711	748	689	658	655	620	590	667.29
P4		780	821	795	781	790	785	782	790.57

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 con los valores obtenidos en las tablas se procede a graficar, para obtener la variación de los parámetros con respecto a la disminución de Conductividad (**us/cm**) con respecto al tiempo de uso en el Filtro Bioarena (FBA).

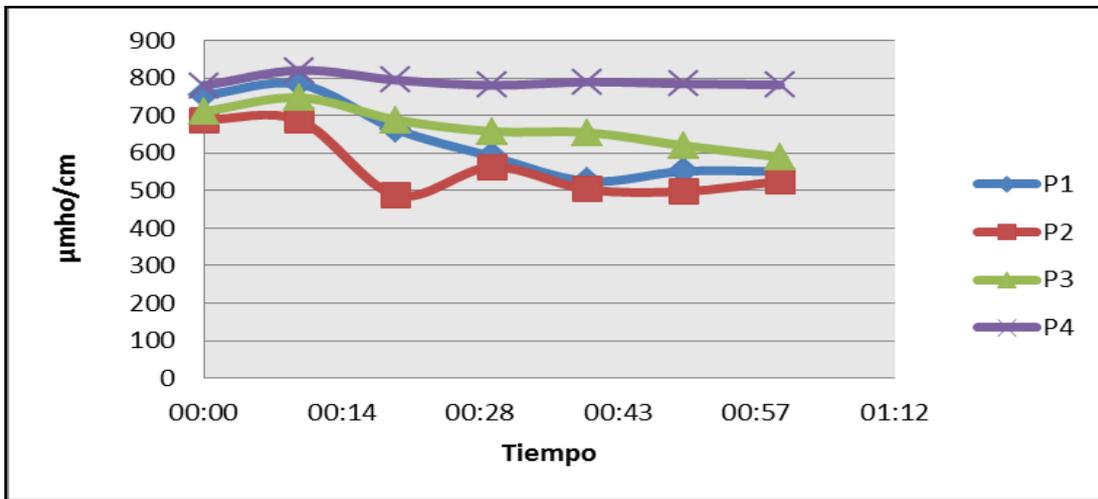


Figura 27. Variación de Conductividad con relación al tiempo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27. Se observa que la conductividad disminuye más cuando el flujo es más lento como se observa en la prueba 2, tiene una mayor efectividad.

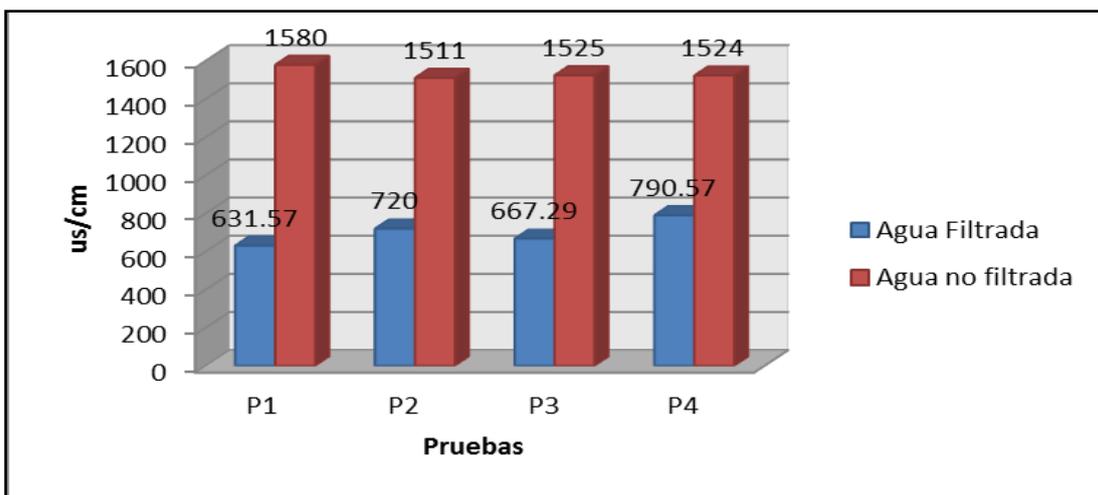


Figura 28. Variación de la conductividad con relación a la concentración inicial.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28, se puede observar mejor la disminución de la conductividad en las cuatro pruebas realizadas, teniendo una buena efectividad el FBA con gravas de cuarzo, ya que se mantiene dentro de los LMP, para agua apta para consumo humano.

3.2 Resumen de Eficiencia del Filtro Bioarena

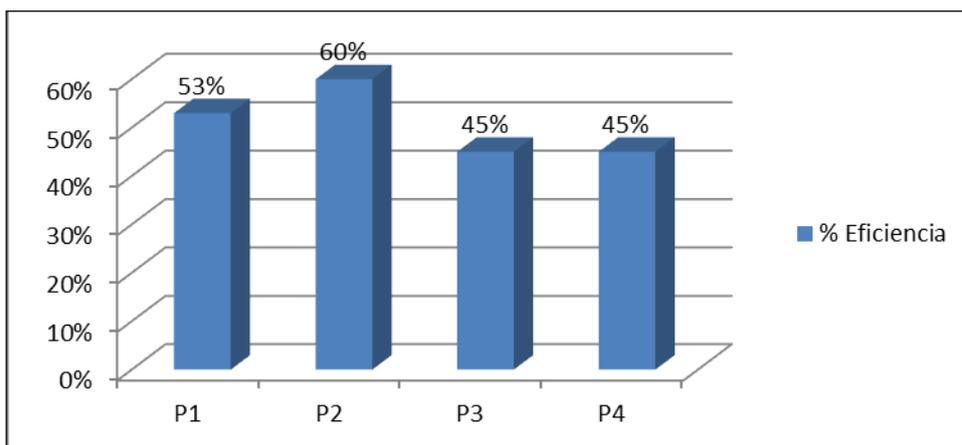


Figura 29. Eficiencia del FBA con relación Sólidos totales sedimentables

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29, La mayor efectividad de Sólidos totales sedimentables lo tiene la Prueba 2 con un 60% de efectividad, teniendo un flujo promedio de salida de 0.62 L/min.

De acuerdo a lo mencionado en el parámetro anterior, la eficiencia del Filtro Bioarena dentro de los 0.62 L por minuto removi6 alrededor de 60% de s6lidos totales sedimentables, mientras que la remoci6n de 0.86 L/min, 1.53L/min y 1.06L/min es menor.

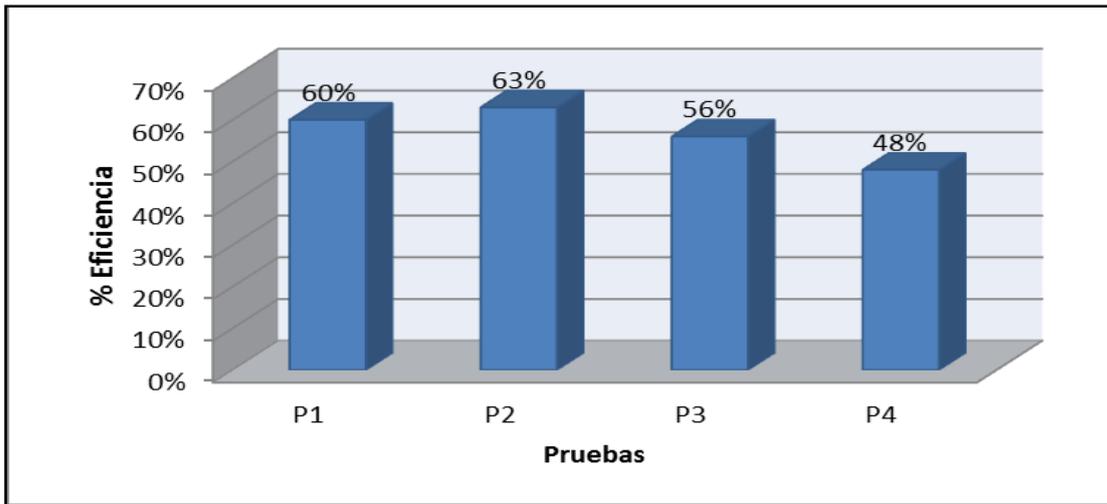


Figura 30. Eficiencia del FBA con relación a la Conductividad

Fuente: Elaboración propia

En la figura 30, se observa que hay una mejor efectividad en la prueba 2 con 63%, con el uso de gravas de 1/2", 1/18" y 1/32" con un flujo de entrada de 7L/min, teniendo un flujo de salida promedio de 0.64L/min.

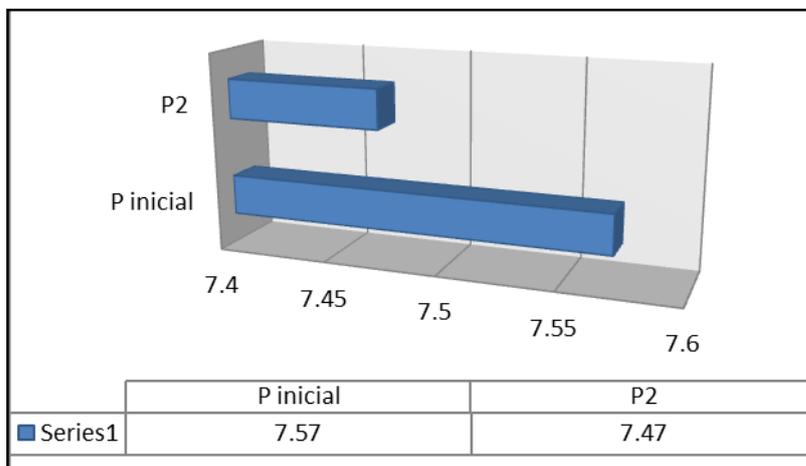


Figura 31. Variación de pH con la prueba inicial

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 31, se observa que el pH de la muestra del agua filtrada de la prueba 2 es de 7.47, reduciendo 0.10 a la prueba inicial, según los resultados brindados por el laboratorio Evironmental Testing Laboratory S.A.C.

Coliformes Totales

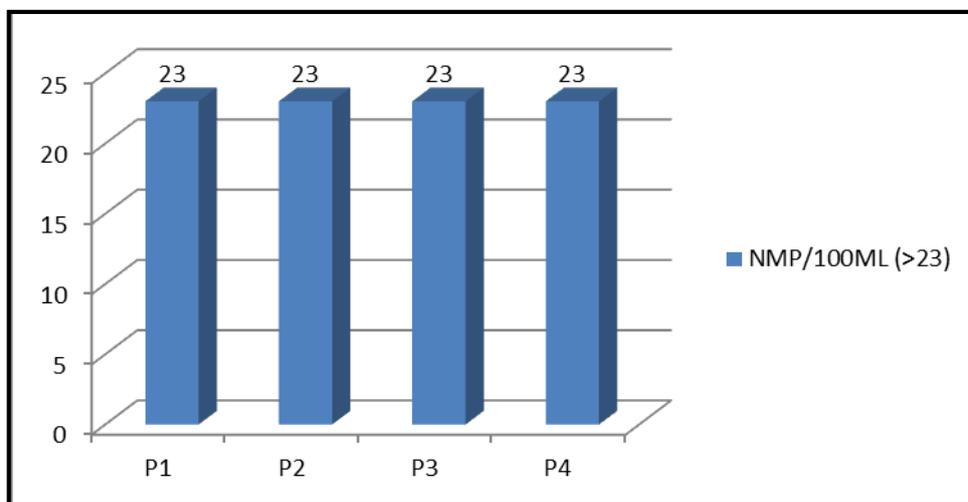


Figura 32. Variación de Coliformes Totales

En la figura 32. Se observa que no hubo reducción de Coliformes Totales, según los resultados obtenidos por Environmental Testing Laboratory S.A.C.

IV. Discusión

Según los resultados de las pruebas realizadas con respecto a la conductividad y el flujo son directamente proporcional, ya que a menor flujo la conductividad disminuye, mejorando su calidad del agua.

Para el porcentaje de efectividad con respecto a los Sólidos totales sedimentables, analizamos los resultados obtenidos en las 4 pruebas, anotando que todas se realizaron en un tiempo de 1 hora cada 10 minutos.

- Primer prueba: la concentración inicial de Sólidos Totales Sedimentables fue 1300ppm, superando el Límite máximo permisible que es de 1000ppm y al ser filtrada fue de 619.86ppm y porcentaje de eficiencia 53%.
- Segunda prueba: la concentración inicial de Sólidos Totales Sedimentables fue 1310ppm, superando el Límite máximo permisible que es de 1000ppm y al ser filtrada fue de 524.29ppm y porcentaje de eficiencia 60%.
- Tercera prueba: la concentración inicial de Sólidos Totales Sedimentables fue 1320ppm, superando el Límite máximo permisible que es de 1000ppm y al ser filtrada fue de 721.29ppm y porcentaje de eficiencia 45%.
- Cuarta prueba: la concentración inicial de Sólidos Totales Sedimentables fue 1320ppm, superando el Límite máximo permisible que es de 1000ppm y al ser filtrada fue de 725.86ppm y porcentaje de eficiencia 45%.

Para el porcentaje de efectividad con respecto a la Conductividad, analizamos los resultados obtenidos en las 4 pruebas, anotando que todas se realizaron en un tiempo de 1 hora cada 10 minutos.

- Primer prueba: la concentración inicial de conductividad fue 1580 μ s/cm, superando el Límite máximo permisible que es de 1500 μ s/cm y al ser filtrada fue de 631.57 μ s/cm y porcentaje de eficiencia 60%.

- Segunda prueba: la concentración inicial de Conductividad fue $1511\mu\text{s}/\text{cm}$, superando el Límite máximo permisible que es de $1500\mu\text{s}/\text{cm}$ y al ser filtrada fue de $720.00\mu\text{s}/\text{cm}$ y porcentaje de eficiencia 52%.
- Tercera prueba: la concentración inicial de Conductividad fue $1525\mu\text{s}/\text{cm}$, superando el Límite máximo permisible que es de $1500\mu\text{s}/\text{cm}$ y al ser filtrada fue de $667.29\mu\text{s}/\text{cm}$ y porcentaje de eficiencia 56%.
- Cuarta prueba: la concentración inicial de Conductividad fue $1524\mu\text{s}/\text{cm}$, superando el Límite máximo permisible que es de $1000\mu\text{s}/\text{cm}$ y al ser filtrada fue de $790.57\mu\text{s}/\text{cm}$ y porcentaje de remoción 48%.

Los valores obtenidos de la conductividad y de sólidos totales sedimentables de las pruebas que se realizaron permitieron orientar las experiencias con el equipo construido, evaluar el proceso de filtración, y su eficiencia del FBA puede que también fue posible, realizar las mediciones y poder seguir comprobando la efectividad del uso de las gravas de cuarzo, de manera que la eficiencia va aumentando a través del tiempo siempre va ir disminuyendo y aumentando la calidad a través del tiempo, aunque va llegar un punto de su saturación por la cantidad de partículas retenidas, en el cual se tendrá que dar un mantenimiento al tubo de salida removiendo y botando gravas, para seguir utilizando el filtro con una buena eficiencia, esto siempre y cuando se observe que el flujo sea menor al sugerido $0.64\text{L}/\text{min}$, según como se observa en la prueba 2.

Los análisis realizados de coliformes Totales como mejores pruebas se tomaron la P2 y la P4 comparando con la concentración inicial, según los resultados de laboratorio de Envirotest S.A.C, no se logra disminuir la concentración de coliformes totales.

V. Conclusiones

- Con las 4 pruebas que se realizaron en el proceso de filtración con el FBA tuvo una efectividad promedio de 53%, lo cual mejora la calidad del agua en algunos parámetros cumplimiento con los límites máximos permisibles del Decreto Supremo DS N° 031-2010-SA.
- Los parámetros que han sido reducidos son Conductividad, Solidos totales sedimentables y pH.
- En la prueba 2 hubo una mayor reducción de Solidos totales sedimentables, aumentando su eficiente según hiba aumentando el tiempo.
- El mayor porcentaje de eficiencia lo tienen la prueba 2 con STD (60%) y Conductividad (52%), teniendo un flujo mejor 0.64L/min, ya que a un menor flujo hay un mejor tratamiento.
- Se demostró que el Filtro Bioarena utilizando gravas de cuarzo de las granulometrías de ½", 1/8", 1/16" y 1/32", según como se muestra en el cuadro N° 6, hay efectividad en la reducción de Solidos totales sedimentables y conductividad.
- Obtenidos todos los resultados con el agua filtrada con el agua de la comunidad de Huariquiña, el diseño del filtro propuesto utilizando gravas de cuarzo como material filtrante mejora la calidad del agua, pero requiere de otros tratamientos para ser eficiente a un 100%.
- El uso del Filtro Bioarena es una tecnología limpia y fácil de usar y de un costo bajo puede ser utilizado por la poblaciones rurales y que no cuentan con un sistema de agua potable, esta tecnología es considerada como un filtro lento, se puede instalar en el domicilio.
- Únicamente el Filtro bioarena sirve para tratar el agua antes de su consumo, utilizando luego un reservorio o recipiente para añadir Cloro 0.05mg/L y que se mantenga protegido de una re contaminación.
- A pesar que el FBA reduce y mejora la calidad del agua, no la mejora en un 100% por lo que recomiendo el uso de otro métodos para eliminar por completo patógenos existentes con el método de desinfección por cloro, hervido.

VI. Recomendaciones

- Se sugiere la implementación de este filtro Bioarena solo para reducir la concentración de Sólidos totales sedimentables, conductividad y pH.
- Para reducir al 99% los coliformes totales se recomienda realizar un tratamiento con Cloro para que contenga un 0.5mg/L como Cloro residual, y realizar un tratamiento previo para evitar que se vuelva a contaminar.
- Mantener los recipientes del agua filtrada bien limpios y que sean de un material que no reaccionen con el Cloro.
- Se recomienda realizar un buen lavado a las gravas de cuarzos, antes de utilizarlo como material filtrante en el FBA y realizar las mediciones con un balde de 20 litros.
- Realizar un monitorio para controlar el flujo de salida del FBA, si se verifica una disminución del flujo, quiere decir que hay una obstrucción por partículas.
- Se recomienda a la población realizar un programa de limpieza, para asegurar una mejor calidad del agua.
- La implementación del Filtro bioarena es una tecnología limpia que realizando un análisis de costo beneficio, se podría aplicar a todas las zonas rurales, siendo este un proyecto financiado por los municipios competentes de las localidades más vulnerables al acceso de sistemas de agua potable.

VII. Referencias

- Art. 10, Los sistemas que comprenden los servicios: Sistema de distribución, Ley General de Servicios de Saneamiento Ley N° 26338, 15 de Julio de 1995. Recuperado: http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/ssaneamiento/ds09_95pres.pdf.
- D.S N° 09-95 RES. Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 28 de Agosto de 1995. Recuperado: http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/ssaneamiento/ds09_95pres.pdf
- Saavedra De La Barra, C., (2009) Implementación de Filtros Bioarena utilizando como medio filtrante material de construcción, para evaluar la mejora en la calidad de agua en Huachipa, (Tesis de Titulación). Universidad Nacional Agraria La Molina. 41 pág.
- Villota Urbina, G, 2008, “Diseño de un filtro con Piroclasto gruesos para la purificación del agua de la Comunidad de Vizcaya, Baños-Tungurahua” (Tesis de Titulación), Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería en Biotecnología Ambiental, 27 pág. Riobamba, Ecuador.
- D.S N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano, Dirección General de Salud- Ministerio de Salud (MINSA), Lima Perú 2010. Recuperado de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, pilar. Metodología de la investigación 4.a ed. México, D.F.: Mc Graw Hill, 2010,849 pp. Recuperado de:
- Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 22 st Ed. 2012.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 15 de octubre del 2005. Consultado en: http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_docman&task...%E2%80%8E

- Procedimiento para el Monitoreo y Evaluación de las Intervenciones Sanitarias. MINSA-DGE – 2008. Consultado en <http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/1656.pdf>.
- Ley N° 29383, Ley General de Recursos Hídricos. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 20 de Junio del 2009. Consultado en: http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/asuntos/docs/ley_29338.html
- MINSA. Análisis de la Situación de Salud Hospitalaria. Dirección de Salud IV Lima Este. Hospital José Agurto Tello de Chosica. Unidad de Epidemiología y Salud Ambiental. Lima, Perú. 2010.
- OBLITAS DE RUIZ, LIDIA. Servicio de Agua Potable y Saneamiento en el Perú. COMISION ECONOMICA PARA América latina y el caribe (CEPAL-ONU). 2010
- (2010, 05). Análisis Del Método Hipotético Deductivo. BuenasTareas.com. Recuperado 05, 2010, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Analisis-Del-Metodo-Hipotetico-Deductivo/292845.html>.
- Ficha, Cuarzo. Dra. Ingrid Garcés M. Recuperado <http://www.uantof.cl/salares/Fichas/Cuarzo.pdf>.

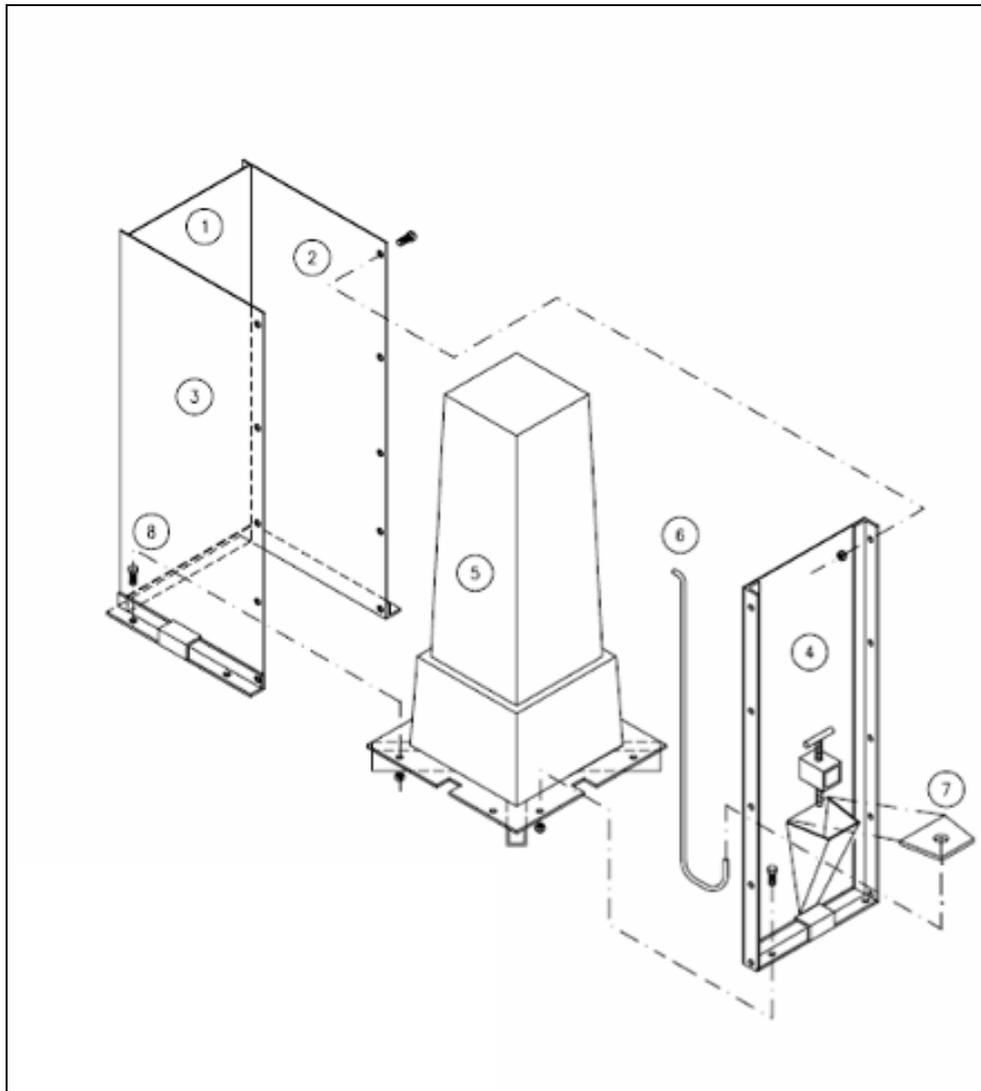
Anexos

Anexos 1: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MEDICIÓN DE VARIABLES
<p>Por lo expuesto planteamos la siguiente interrogante:</p> <p style="text-align: center;">General</p> <p>¿En qué medida la construcción y el uso del filtro bioarena mejorará la calidad de agua para consumo humano en el proceso de filtración?</p> <p style="text-align: center;">Específicos</p> <p>¿Es efectivo el uso de gravas de cuarzo para la reducción de la concentración de coliformes totales, sólidos totales sedimentables y conductividad de la muestra de agua tomada del reservorio de la localidad de Huariquiña antes y después?</p>	<p style="text-align: center;">General</p> <p>Evaluar la construcción y el uso del filtro bioarena para mejorar la calidad de agua para consumo humano en el proceso de filtración.</p> <p style="text-align: center;">Específico</p> <p>Determinar la efectividad de las proporciones de las gravas de cuarzo para la reducción de la concentración de coliformes totales, Sólidos totales sedimentables y conductividad de la muestra de agua del reservorio de la localidad de Huariquiña antes y después del proceso de filtración con el Filtro Bioarena (FBA).</p>	<p>H: La construcción del filtro bioarena mejora la calidad de agua para consumo humano en el proceso de filtración.</p> <p style="text-align: center;">Específico</p> <p>H: Es posible la efectividad del uso de las gravas de cuarzo y arena fina para la reducción de la concentración de coliformes totales, Sólidos totales sedimentables y conductividad en la muestra de agua del reservorio de la localidad de Huariquiña antes y después del proceso de filtración con el Filtro Bioarena(FBA).</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Filtro Bioarena</p> <p>Tipo de variable:</p> <p>Cuantitativa Continúa.</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Calidad del agua</p> <p>Tipo de variable:</p> <p>Cuantitativa Continua.</p>	<p>-Cantidad de agua filtrada</p> <p>-% Eficiencia con relación al Filtro Bioarena</p>	<p style="text-align: center;">Intervalo/ Razón</p>

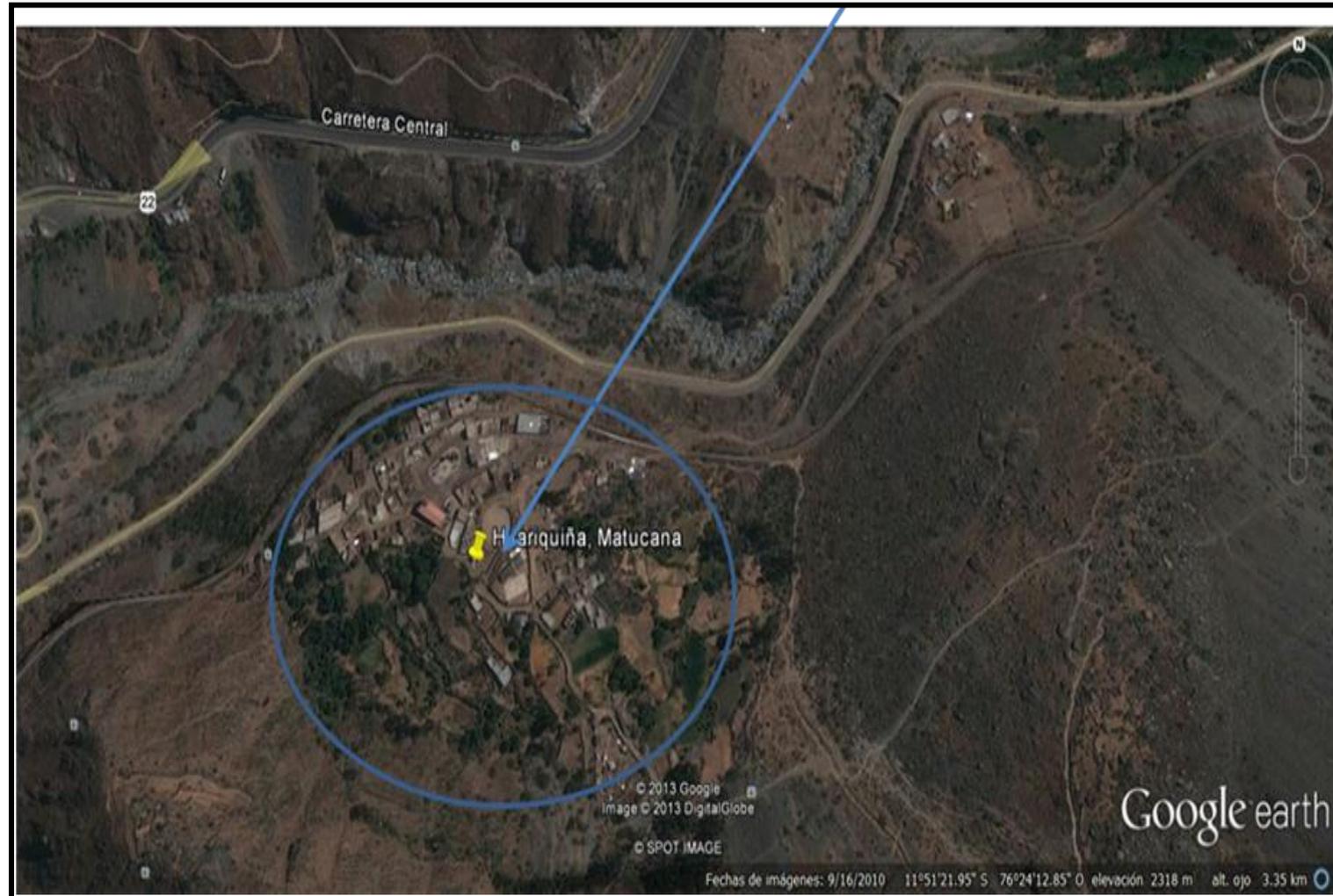
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Partes del molde del filtro



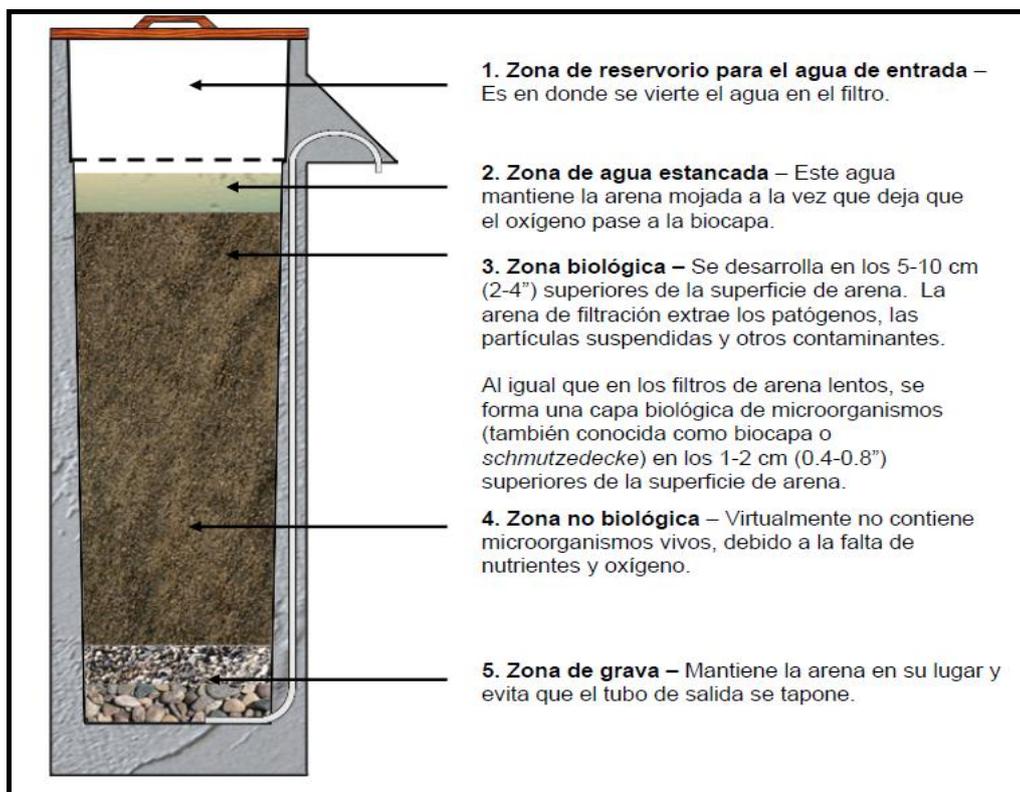
1. Panel posterior
2. Panel derecho
3. Panel izquierdo
4. Panel frontal
5. Molde interior
6. Tubo vertical(Tubería)
7. Placa de cubierta
8. tornillos y tuercas, se necesita 18, se muestran 3

Anexo 3: Mapa de ubicación del reservorio



Fuente: Google earth.

Anexo 04: Composición de un filtro Bioarena



Fuente: Manual de capacitación CAWST - 2009)

Anexo 5: Panel fotográfico



Entrega del molde de acero galvanizado por empresa Msteel SAC



Colocación de la manguera de vinilo de diámetro de 3/8"



Medida de piedra chancada de 1/2"



Medida de hormigón cernido



Mezcla de hormigón fino con piedra chancada de ½"



Termino de vaciado del hormigón en placa de acero



Filtro Bioarena Culinado



Prueba Hidráulica, curación del filtro con agua por 3 días



Pruebas de flujo de entrada



Lavado óptimo de gravas



Vertido de gravas en el FBA



Materiales y equipos utilizados



Muestras para laboratorio



Resultado de muestra de Coliformes Totales



Presentación del Filtro Bioarena

Anexo 6: Cuadro de Costo del FBA

Costo de Construcción de FBA

N°	Material	Unidad	Cantidad	P. Unidad	Total
1	Cemento Andino tipo portland	Lts	1	S/. 16.50	S/. 16.50
2	Lamina de Acero	m ²	1	S/. 139.00	S/. 139.00
3	Ángulos de Acero	mts	1	S/. 26.00	S/. 26.00
4	Grava 3 tipos	Lts	10	S/. 5.00	S/. 5.00
5	Arena de 1mm(0.04")	Lts	24	S/. 0.50	S/. 12.00
6	Grava de 12 mm (½")	Lts	12	S/. 0.50	S/. 6.00
7	Tubos de plástico de 6 mm (¼") de diámetro interno y 9 mm (3/8") de diámetro externo	mts	1	S/. 2.00	S/. 2.00
8	Grava de 6 mm (¼")	Lts	12	S/. 0.50	S/. 6.00
9	Tamiz ½"	mm	12	S/. 0.60	S/. 7.20
10	Tamiz ¼"	mm	6	S/. 0.60	S/. 3.60
11	Tamiz 0.04"	mm	1	S/. 0.60	S/. 0.60
12	Tamiz 0.03"	mm	0.7	S/. 0.60	S/. 0.42
13	Mano de Obra	h-h	2	S/. 15.00	S/. 30.00
				TOTAL	S/. 254.32

Anexo 7. Límites máximos permisibles

Parámetros	Indicadores	
	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Conductividad (25°C)	µmho/cm	<1 500
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Sólitos Totales Sedimentables	mgL-1	<1 000
LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS		
Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)

Fuente: DS N° 031-2010-SA.

ANEXO 8

No 004411 / 10.000 / 2011

No 2 - 7

CADENA DE CUSTODIA

Instituto de Medicina Legal y Forense

Código	Descripción	Fecha	Hora	Firma	Cargo
01	OT 0104	19-07-11	11:11		OT 0104
02	OT 0101	19-07-11	11:30		OT 0101
03	OT 0103	19-07-11	11:38		OT 0103
04	OT 0105	19-07-11	11:40		OT 0105
05	OT 0102	19-07-11	11:45		OT 0102
06	OT 0103	19-07-11	11:46		OT 0103

Firma: *[Signature]* Cargo: *[Cargo]*

Firma: *[Signature]* Cargo: *[Cargo]*

ANEXO 9



Environmental Testing Laboratory S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INDECOPI - SNA
CON REGISTRO N° LE-056



Registro N° LE-056

INFORME DE ENSAYO N° 132020 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	132020-01	132020-02	132020-03	132020-04	132020-05	132020-06
Código de Cliente	STD 1	STD 2	STD 3	CT 1	CT 2	CT 3
Fecha de Muestreo	15/11/2013	16/11/2013	19/11/2013	20/11/2013	19/11/2013	16/11/2013
Hora de Muestreo (h)	13:28	14:35	15:30	13:23	14:40	15:46
Tipo de Producto	Agua de Consumo					

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados			
Físicoquímicas						
Sólidos Totales Suspensibles	mg/L	8	<8	<8	<8	---
pH	Unid. pH	8.85 ND	7.67	7.47	7.66	---
Microbiológicas						
Coliformos Totales	NMP/100 mL	1.1	---	---	---	>23

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, ND = Resolución cuantitativa, "—" = No Analizado,
ND = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado, ND = Límite de detección de Método.

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el OMA-INDECOPI.

APENDICE 1 - MUESTRA RECEPCIONADA:

Condición de la Muestra : En buenas condiciones, con el volumen, tipo de frasco y preservación según metodología

Plan/procedimiento de muestreo : Reservado por el Cliente

APENDICE 2 - MÉTODOS Y REFERENCIAS

Tipo Ensayo	Norma Referencial	Título
Físicoquímicas		
pH	SM 4500 H+ B	pH Value Electrode Method
Sólidos Totales Suspensibles	SM 2540 D	Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C
Microbiológicas		
Coliformos Totales (MMP)	SM 9221 B	Fermentation Technique

BGLAB: "SM" Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, WWA, WEF 22nd Ed. 2012

APENDICE 3 - COMENTARIOS

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
- Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
- El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde la toma de la muestra y dependiendo del parámetro a ser analizado.

Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

** FIN DEL INFORME **

Calle Francisco Balleza 2601 - Lima 14, Teléfono (511) 422-3145 (511) 442-7873 RPM : #542512 RPC : 969114647 Nextel : 835*4146
 E-mail : info@envirotest.com.pe | ventas@envirotest.com.pe
 Pág. Web : www.envirotest.com.pe

FUENTE: Laboratorio ENVIROTES

ANEXO 10

Resumen de coincidencias

23 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

- 1 www.sunass.gob.pe
Fuente de Internet 4 %
- 2 Entregado a Universida...
Trabajo del estudiante 3 %
- 3 dspace.espoch.edu.ec
Fuente de Internet 2 %



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

Título

Construcción y evaluación de un filtro bioarena piloto para mejorar la calidad de agua para consumo humano en la localidad de Huariqueña, distrito de Matucana-Provincia Huarochiri, Lima-2013.

AUTORA:

Katherine Cecilia Cacho Miranda

ASESOR:

 <p>UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p>	<p>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</p>	<p>Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1</p>
---	---	--

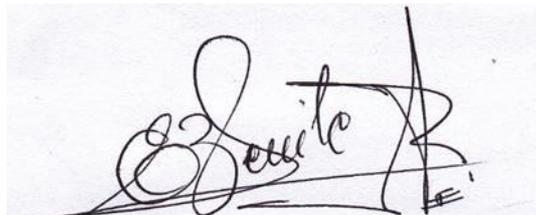
Yo, ELMER BENITES ALFARO, docente de la Facultad de INGENIERIA y Escuela Profesional de ING. AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo - LN revisor (a) de la tesis titulada:

“Construcción y evaluación de un filtro bioarena piloto para mejorar la calidad de agua para consumo humano en la localidad de Huariquiña, distrito de Matucana-Provincia Huarochirí, Lima-2013”

De Katherine Cecilia Cachay Miranda, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, ...14 octubre.. 2018



.....
Firma Docente

DNI: ...07867259.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

1.1.1 AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

« Katherine Cecilia Cachay Miranda »

INFORME TÍTULADO:

« Construcción y evaluación de un filtro bioarena piloto para mejorar la calidad de agua para consumo humano en la localidad de Huariquiña, distrito de Matucana-Provincia Huarochirí, Lima-2013 »

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

1.1.1.1 INGENIERA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: « 5 DE DICIEMBRE 2013 »

NOTA O MENCIÓN: «NOTA 13_»

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro

 <p>UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p>	<p>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</p>	<p>Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 105 de 106</p>
---	---	--

Yo **Katherine Cecilia Cachay Miranda**, identificado con DNI N° 46158407,

Egresado(a) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL. De la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"Construcción y evaluación de un filtro bioarena piloto para mejorar la calidad de agua para consumo humano en la localidad de Huariquiña, distrito de Matucana-Provincia Huarochirí, Lima-2013"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....



FIRMA

DNI: 46158407

FECHA: Los Olivos 10 de octubre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------