



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Sistema de filtración como tratamiento de aguas grises para  
riego de áreas verdes, viviendas del A.H. Sánchez Cerro - Sullana  
2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Pupuche Quispe, César Alberto (ORCID: 0000-0002-0375-7194)

Rivera Reto, Juan Carlos (ORCID: 0000-0003-3482-5329)

**ASESOR:**

Dr. López Carranza, Atilio Rubén (ORCID: 0000-0002-3631-2001)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y de saneamiento

Piura – Perú

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes y a mis hijos por haberme incentivado a culminar mis estudios entre los que se le incluye mi tesis. Me formaron con valores y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos y convertirme con mucho esfuerzo en un buen profesional y también agradezco a mi gran amigo Rubén por apoyarme a lograr mi meta.

César Alberto Pupuche Quispe

A la memoria de mis padres quienes con su esfuerzo y amor me hicieron una persona íntegra hasta llegar a ser un profesional, a mis hijos que son mi motivación y darles ejemplo de perseverancia para lograr las metas que nos trazamos, a mis hermanos que están siempre apoyándome y dándome ánimo, para llegar a esta parte importante de mi vida.

Juan Carlos Rivera Reto

## **AGRADECIMIENTOS**

A todas las instituciones y personas que influyeron para lograr nuestras respectivas metas:

A la universidad que nos dio la oportunidad para estudiar en sus aulas y lograr nuestra titulación.

A nuestros maestros que nos transmitieron sus conocimientos de la ingeniería civil.

A nuestro asesor quien nos guío de manera satisfactoria a culminar nuestra tesis.

A nuestros compañeros de aula, con quienes compartimos muchas experiencias y aprendizajes

César Alberto Pupuche Quispe

Juan Carlos Rivera Reto

## Índice de contenidos

|  |      |
|--|------|
| CARÁTULA.....  | i    |
| DEDICATORIA.....   | ii   |
| AGRADECIMIENTOS .....                                      | iii  |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS.....                                  | iv   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                      | v    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                     | vi   |
| RESUMEN .....  | viii |
| ABSTRACT .....   | ix   |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                       | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO:.....                                    | 4    |
| III. METODOLOGÍA.....                                      | 16   |
| 3.1. Tipo y Diseño de investigación .....                  | 16   |
| 3.2. Variables y operacionalización .....                  | 16   |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                   | 17   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... | 17   |
| 3.5. Procedimientos .....                                  | 18   |
| 3.6. Método de análisis de datos .....                     | 18   |
| 3.7. Aspectos éticos.....                                  | 18   |
| IV. RESULTADOS .....                                       | 19   |
| V. DISCUSIÓN.....  | 41   |
| VI. CONCLUSIONES.....                                      | 45   |
| VII. RECOMENDACIONES .....                                 | 47   |
| REFERENCIAS.....   | 48   |
| ANEXOS.....  | 53   |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Límites Máximos Permisibles para agua destinada a riego de vegetales no restringido.....         | 10 |
| Tabla 2: Determinación de parámetros de diseño para el sistema de filtración ...                          | 19 |
| Tabla 3: Determinación de los espesores de las capas y de las características del material granular ..... | 20 |
| Tabla 4: Accesorios empleados para la fabricación del sistema de filtración .....                         | 21 |
| Tabla 5: Resultados del estudio de caracterización de agua – Vivienda 1.....                              | 25 |
| Tabla 6: Resultados del estudio de caracterización de agua – Vivienda 2.....                              | 28 |
| Tabla 7: Influencia del sistema de tratamiento de aguas grises – Vivienda 1 .....                         | 29 |
| Tabla 8: Influencia del sistema de tratamiento de aguas grises – Vivienda 2 .....                         | 35 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Filtro lento de arena de concreto armado.....   | 13 |
| Figura 2: Filtro lento de arena compuesto por un tanque .....   | 14 |
| Figura 3: Hoja de cálculo para determinar el diámetro del filtro .....  | 19 |
| Figura 4: Plano del sistema de filtración propuesto.....  | 22 |
| Figura 5: Procedimiento de construcción del sistema de filtración. ....   | 23 |
| Figura 6: Sistema de filtración concluido.....  | 24 |
| Figura 7: Investigadores con el Sistema de filtración concluido .....   | 24 |
| Figura 8: A la izquierda: muestreo de agua gris sin tratar. A la derecha: muestreo de agua gris tratada – Vivienda 1.....                 | 25 |
| Figura 9: Comparativo entre muestras de agua antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1.....                            | 25 |
| Figura 10: A la izquierda: muestreo de agua gris sin tratar. A la derecha: muestreo de agua gris tratada – Vivienda 2.....                | 27 |
| Figura 11: Comparativo entre muestras de agua antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2.....                           | 27 |
| Figura 12: Comparativo de nivel de aceites y grasas (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1 .....             | 30 |
| Figura 13: Comparativo de nivel de cloruros (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1 .....                     | 30 |
| Figura 14: Comparativo de nivel de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1..... | 31 |
| Figura 15: Comparativo de nivel de Demanda Química de Oxígeno (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1.....    | 31 |
| Figura 16: Comparativo de nivel de nitratos (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1 .....                     | 32 |
| Figura 17: Comparativo de nivel de nitritos (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1 .....                     | 32 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 18: Comparativo de nivel de pH antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1.....                                      | 33 |
| Figura 19: Comparativo de nivel de coliformes termo tolerantes (NMP/100mL) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1..... | 33 |
| Figura 20: Comparativo de nivel de aceites y grasas (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2 .....                | 36 |
| Figura 21: Comparativo de nivel de cloruros (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2.....                         | 36 |
| Figura 22: Comparativo de nivel de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2.....    | 37 |
| Figura 23: Comparativo de nivel de Demanda Química de Oxígeno (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2.....       | 37 |
| Figura 24: Comparativo de nivel de nitratos (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2.....                         | 38 |
| Figura 25: Comparativo de nivel de nitritos (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2.....                         | 38 |
| Figura 26: Comparativo de nivel de pH antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2.....                                      | 39 |
| Figura 27: Comparativo de nivel de coliformes termo tolerantes (NMP/200mL) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2..... | 39 |

## RESUMEN

El propósito principal de esta investigación fue realizar un sistema de filtración como tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021. El estudio fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y diseño experimental. Se trabajó con una muestra de 2 viviendas ubicadas en la mencionada zona de las cuales se extrajeron muestras de agua gris producto de las diferentes actividades diarias. Se evaluaron parámetros como aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno DBO, demanda química de oxígeno DQO, cloruros, nitratos y nitritos, pH y coliformes Termo tolerantes. Entre los principales resultados se propone un filtro con lecho filtrante con capas de 10cm de grava, 5cm de arena gruesa y 50cm de arena fina. También se evidenció una disminución considerable en el contenido de contaminantes de las muestras de agua gris después de pasar por el sistema de filtración. Se concluyó que el sistema de filtración propuesto impacta considerablemente en el tratamiento de aguas grises reduciendo la cantidad de contaminantes y purificando el agua, sin embargo, este impacto dependerá del uso que se le dio al agua gris antes de su disposición final.

**Palabras clave:** Agua gris, sistema de filtración, tratamiento de aguas residuales



## **ABSTRACT**

The main purpose of this research was to develop a filtration system for the treatment of gray water for irrigation of green areas in houses of the human settlement Sanchez Cerro, Sullana 2021. The study had a quantitative approach, applied and experimental design. We worked with a sample of 2 houses located in the aforementioned area from which gray water samples were extracted from the different daily activities. Parameters such as oil and grease, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), chlorides, nitrates and nitrites, pH and thermotolerant coliforms were evaluated. Among the main results, a filter with a filter bed with layers of 10 cm of gravel, 5 cm of coarse sand and 50 cm of fine sand was proposed. There was also evidence of a considerable decrease in the contaminant content of the gray water samples after passing through the filtration system. It was concluded that the proposed filtration system has a considerable impact on graywater treatment by reducing the amount of contaminants and purifying the water; however, this impact will depend on the use given to the graywater before its final disposal.

**Keywords:** Gray water, filtration system, wastewater treatment.

## I. INTRODUCCIÓN

Muy pocas personas tienen en cuenta que la disponibilidad de agua dulce en el mundo es muy baja pues de toda el agua en el mundo, esta representa solo el 2%, y sobre este valor un 30% es aprovechable en irrigación, en industria y para el consumo doméstico (García, Carreón, Hernández, Montero, & Bustos, 2013). La escasez de agua en el mundo se debe a una combinación de crecimiento de la población, desarrollo económico con un uso extensivo del agua en la agricultura y la industria, aumento del nivel de vida, cambios en la dieta y cambio climático (Kummu, Ward, & Varis, 2010). Es por eso que en los últimos años se ha generado diversas campañas para implantar en la población una cultura del buen uso del agua, ya que, si no se controla su consumo, en los próximos años existirá escasez del recurso a niveles inimaginables. Para tener en cuenta solamente en Piura la cuarta parte de la población no recibe agua potable, sobre todo quienes viven en asentamientos humanos y pueblos jóvenes de la región (Echevarria, 2016).

En Sullana, un estudio realizado por Amaningo y Santin (2020) hallaron que la dotación de agua potable en las ciudades de Sullana y Bellavista está por debajo de lo normado, lo que se traduce en falta de agua y discontinuidad en el servicio. Dado a estas razones, es necesario que las futuras generaciones tengan en cuenta que el agua es un elemento que se le debe sacar el mayor de los provechos. Con el paso del tiempo se han ido implementando estrategias para reducir el consumo de agua potable en viviendas como lo es la actividad de reutilizar las aguas grises. Esta estrategia de ahorro supone un gran impacto ambiental positivo ya que no solo se estaría reduciendo el consumo de agua potable, sino que al ser reutilizada se estaría aprovechando al máximo el recurso hídrico. En las ciudades calurosas es importante tener una cultura de ahorro del agua, sobre todo en aquellas donde la población ha ido creciendo y expandiéndose como lo es el caso de Sullana ya que la cantidad disponible de agua ahora tiene que garantizar una oferta continua y sin interrupciones, y así mismo de calidad.

El crecimiento poblacional no solo afectará al consumo de agua potable sino también con el desecho de aguas servidas el cual crecerá

exponencialmente en unos años. Además, se debe considerar que eliminar agua servida sin tratar perjudica al medio ambiente y trae consigo varios efectos nocivos (Riffat, 2012). La reutilización de aguas grises también supone un gran impacto económico en las familias ya que no emplearían utilizar agua potable para algunas actividades que no requieren su uso como lo es el riego de las áreas verdes, motivo por el cual en esta investigación se diseñó un sistema de filtración de bajo costo y se estudió su eficacia en el tratamiento de aguas grises considerando que la disposición final de esta será el riego de áreas verdes. Para ello se tomaron como referencia las recomendaciones del Ministerio del Ambiente en cuanto a los límites máximos permisibles de parámetros fisicoquímicos que el agua para riego de áreas verdes debe cumplir.

Por ello, se planteó como problema general ¿Cómo realizar un sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021?, y como problemas específicos se plantearon: ¿Cuáles serán las características del sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021?, ¿Cuál será la caracterización de las aguas grises sin tratar y tratadas para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021?, y ¿Cómo impacta el sistema de filtración en el tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021?

Se planteó como objetivo general: realizar un sistema de filtración como tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021; y como objetivos específicos se planteó: determinar las características del sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021, determinar la caracterización de las aguas grises sin tratar y tratadas para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021; y determinar el impacto del sistema de filtración en el tratamiento de aguas grises

para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021.

Como hipótesis general se planteó: el sistema de filtración trataría las aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021; y como hipótesis específicas se planteó: las características del sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, estaría compuesta por arena fina, arena gruesa y grava; la caracterización de las aguas grises sin tratar y tratadas para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana demostrarían que el agua sin tratar es de mala calidad y el agua tratada sería de buena calidad; y el sistema de filtración impactaría considerablemente en el tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021.

Esta investigación es importante, porque pretende diseñar un sistema de filtración de aguas grises que servirá para tratar el agua en mención y esta pueda ser utilizada en riego de áreas verdes de las viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, lo que también supone un gran impacto ambiental positivo como un impacto económico positivo en sus habitantes ya que el agua potable que se estaba empleando anteriormente para regar jardines puede ser reemplazada por agua tratada; además de promover el uso de sistemas de tratamiento domésticos que casi nunca son tomados en cuenta a la hora de construir una vivienda, razón por la cual la presente investigación tiene justificación social y ambiental. Asimismo, los métodos empleados en la presente investigación pueden ser utilizados por futuros investigadores que quieran realizar estudios similares, o por estudiantes o docentes universitarios, por lo que presenta justificación metodológica.

## II. MARCO TEÓRICO:

Antecedentes internacionales: Daives et al (2019) en su investigación “Reutilización de aguas grises mediante sistema tecnológico alternativo: evaluación bacteriológica de las mismas” tuvieron como objetivo principal proponer un sistema que permita reutilizar el agua potable usada mediante tratamientos de filtrado, descontaminación y clarificación. Para ello plantearon una investigación de tipo aplicada, de diseño pre experimental. Los resultados obtenidos fueron que el sistema planteado fue capaz de tratar el agua proveniente del lavabo del baño, generalmente agua con jabón ya que en cada proceso se realizaron análisis bacteriológicos al agua, antes del tratamiento y después del tratamiento. En los procesos de desinfección y claridad de agua emplearon cantidades mínimas de aditivos como sulfato de aluminio y cloro los cuales ayudaron a disminuir el grado de turbidez en agua y la cantidad de bacterias. Concluyeron que el sistema desarrollado es adaptable y asequible, convirtiéndolo en un producto adoptable en diferentes tipos de objetos arquitectónicos y, sustentables posibilitando el cuidado del ambiente.

Meléndez, et al (2019) en su investigación “Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal” tuvieron como objetivo principal determinar la aceptación que la población tiene con respecto a los sistemas de tratamiento de agua residual (que en este caso es agua gris) y evaluar el impacto que se genera en el ámbito financiero. Para ello la investigación planteada se trabajó con una muestra de 72 departamentos de la ciudad de Matosinhos en Porto. El estudio reveló que el 80% de las personas que fueron encuestadas están dispuestos a reutilizar las aguas grises ya que piensan que esta es una manera para proteger al medio ambiente y optimizar el cuidado del agua ya que disminuye considerablemente el consumo de agua potable. También se determinó que la implementación de un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises es financieramente viable.

Ortega (2016) en su investigación “Sistema alternativo para reutilizar aguas grises en una vivienda de la ciudad de Machala” tuvo como objetivo implementar un sistema de reutilización de aguas grises en el diseño de

instalaciones sanitarias de una vivienda, específicamente en el reuso para tanques de inodoro con la finalidad de generar una reducción en el consumo diario de agua potable. Para ello, planteó una investigación de tipo aplicada con un diseño pre experimental. La muestra estuvo conformada por el agua gris de una vivienda medida en metros cúbicos, y empleó la técnica de la observación y el análisis documental. Concluyó que, al implementar el sistema propuesto de tratamiento y reutilización de aguas grises, se estaría logrando una reducción del 27% sobre el consumo diario de agua potable; además indica que la implementación de estos sistemas debe darse sobre todo en construcciones nuevas. Sugiere que las autoridades competentes incluyan en sus agendas ordenanzas de implementación de este tipo de sistemas.

Quintero, Moreno & Villegas (2015) en su investigación titulada “Reutilización de agua en construcciones verticales” tuvieron como objetivo realizar un prototipo de sistema de tratamiento, una red independiente y asimismo crear un manual para el uso correcto del agua en duchas. Se diseñaron la red y el sistema y también se analizó el impacto económico y ambiental. Se trabajó una muestra de 50 habitantes a quienes se les aplicó una encuesta sanitaria con la finalidad de conocer sus hábitos de consumo de agua potable y el grado de conocimiento que tienen sobre la reutilización de agua. También se empleó el análisis de muestras de agua a nivel de ensayos de caracterización. Concluyeron que el comenzar a utilizar este sistema de reutilización de agua en una ciudad, no solo sería beneficioso para los habitantes porque se reduce el costo de sus recibos mensuales, sino que también, las ampliaciones de las plantas de tratamiento serán requeridas en un tiempo superior al planteado inicialmente.

Antecedentes Nacionales: Azabache et al (2020) en su investigación “Propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises que disminuiría el consumo de agua potable en viviendas familiares” tuvieron como objetivo principal realizar la propuesta del diseño y aplicación de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises, para disminuir el consumo de agua potable en viviendas familiares. Para ello se planteó una investigación de tipo aplicado y de diseño pre experimental donde se trabajó con el agua gris

separada que se generó en una vivienda, el cual tuvo un valor de 0.75m<sup>3</sup>/día y como muestra 16 litros. Concluyeron el diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises cuyas unidades de tratamiento fueron una cámara de pre - recolección, un tanque sedimentador, un tanque filtro y un tanque de almacenamiento, y que el agua ha sido descargada al inodoro; lo cual generó una disminución de hasta más de 10 litros diarios sobre el consumo de agua potable.

Paucar & Iturregui (2020) en su investigación “Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú” tuvieron como objetivo resolver una serie de interrogantes en cuanto a soluciones legislativas que se han implementado en el país con respecto al tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico y que se ha hecho en cuanto a su empleo como una fuente de agua alternativa, llegando a la conclusión que la principal fuente de contaminación de las aguas superficiales del país es generada por el vertimiento de aguas residuales domesticas no tratadas lo que ha quedado demostrado con los resultados deplorables de caracterización de aguas de la costa peruana, sus ríos y el mar adyacente, lo cual es de calidad deficiente debido al continuo aumento de los efluentes de las aglomeraciones urbanas. Sin embargo, pese al notable incremento del tratamiento de las aguas residuales urbanas a un 50 %, aún persisten las deficiencias en cuanto a la infraestructura y ausencia de políticas públicas efectivas en la gestión de dichas aguas, lo cual implica un gran reto para el Perú.

Chavez & Mayhua (2019) en su investigación “Diseño de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas pluviales para un proyecto urbanístico de 12 hectáreas ubicado en el distrito de Pimentel - Chiclayo - Lambayeque” tuvieron como objetivo general demostrar la influencia del sistema en la reducción del gasto indiscriminado de agua potable en las viviendas de toda una urbanización. Se trabajó como muestra un proyecto urbanístico de 12 hectáreas ubicado en el distrito de Pimentel - Chiclayo - Lambayeque. Se empleó la técnica de la observación al estudiar los volúmenes de agua gris obtenidos, producto de la actividad doméstica, y de aguas pluviales, los cuales tienen usos potenciales en el riego de áreas verdes, lavado de pisos

y descarga del inodoro. Para demostrar técnicamente la reducción del gasto de agua potable, se realizaron cálculos de la demanda diaria de agua potable frente al uso de la misma, en actividades donde no requiere tal calidad de agua, para ello se realizan mediciones aproximadas, y tomando en consideración teorías de investigaciones predecesoras. Concluyeron que la propuesta logrará reducir en 39 % el gasto de agua potable en las viviendas.

Madueño, Meza & Rashta (2017) en su tesis “Tratamiento y reuso de aguas grises mediante un filtro lento de arena” tuvieron como objetivo principal diseñar un sistema de reutilización de las aguas grises obtenidas de los lavaderos corridos ubicados fuera de los servicios higiénicos mediante la implementación de un sistema el cual consiste en una captación, tanque de almacenamiento y sedimentación, tanque de filtración, tanque de almacenamiento para su posterior distribución para el riego. El lugar de la implementación del sistema fue un centro educativo que empleaba agua potable para el riego de sus huertos y jardines para lo cual la conducción del agua gris tratada hacia su punto de salida se propuso mediante sistemas de riego implementados por goteo y por gravedad. Se concluyó que el sistema de tratamiento propuesto logró el riego de manera eficiente con un agua que presenta un menor grado de contaminación al salir del tanque de filtración.

Antecedentes Locales: Saba & Trelles (2020) en su investigación “Diseño del sistema de reciclado de aguas grises en los conjuntos habitacionales del distrito 26 de octubre, Piura-2020” tuvieron como objetivo general realizar el diseño del sistema de reciclado de aguas grises en el bloque 3C, Los Parques de Piura, a través de la reutilización de las aguas residuales domésticas generadas de las duchas, lavamanos, lavandería; las cuales sirvieron para abastecer el tanque del inodoro, para limpieza y también para el riego de las áreas verdes del bloque 3C de Los Parques de Piura. El tipo de investigación aplicada y de diseño no experimental descriptivo. La muestra estuvo conformada por 24 viviendas del bloque 3c de los Parques de Piura, en quienes aplicaron la técnica del análisis documental y de la observación. Concluyeron que se puede reutilizar el 55% del consumo medio diario de agua potable y de ese porcentaje



se podría aprovechar en los tanques de inodoro, limpieza y áreas verdes un 82.2%.

Zapata (2018) en su investigación “Eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas grises para su reutilización en el regado de áreas verdes en la IE. N°15509- Talara - Piura” tuvo como objetivo general determinar eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas grises para su reutilización en el regado de áreas verdes propuesto en la LE. N° 15509-Talara - Piura. Para ello, planteó una investigación de diseño no experimental, transversal, utilizando encuestas y análisis de laboratorio para lograr obtener la eficiencia de sanitización de aguas grises por parte del prototipo elaborado. Como muestra trabajó con las aguas grises generadas en la institución educativa, específicamente con 5 litros. Concluyó que el prototipo del sistema de tratamiento de aguas residuales fue capaz de reducir los niveles de contaminantes del agua sin tratar y que los costos del sistema de tratamiento de aguas grises para su reutilización en el regado de áreas verdes propuesto en la IE. N° 15509-Talara - Piura fueron de 700.00 nuevos soles.

El término agua gris se utiliza para definir a aquella agua residual proveniente de las actividades de limpieza del hogar (exceptuando al inodoro), y cuyo volumen de producción es considerado abundante especialmente en casas, residencias y establecimientos comerciales (Brain, Lynch, & Kopp, 2015). Al Jayyousi (2010) define al agua gris como las aguas recogidas de los vertidos de lavadoras de ropa, bañeras, duchas y fregaderos, excluyendo las aguas residuales de los inodoros. La reutilización de las aguas grises es una opción atractiva cuando los suministros de agua disponibles son limitados, y puede reducir la demanda de suministros de agua y proporcionar un recurso hídrico adicional (Al-Zou'by, Alzboon, & Al-tabbal, 2017).

El reciclaje o reutilización de agua gris se refiere al tratamiento que se le da al agua que ha sido utilizada previamente, y darle un “nuevo uso”, o sea transformarla, procesarla y dejarla apta para ser utilizada en otras actividades que no requieren del uso de agua potable. Aproximadamente el 45% del agua que tiene como finalidad el uso doméstico necesita ser potable, mientras que el otro porcentaje puede emplear agua no potable (Cosín, 2017). El reciclaje de las

aguas grises no sólo reduce las necesidades de agua de un edificio, sino que también puede reducir significativamente el volumen de los efluentes que se envían al alcantarillado o al sistema séptico. Por tanto, es económico y vital, especialmente para los residentes de regiones con escasez de agua (Finley, Barrington, & Lyew, 2008). La reutilización de aguas grises tiene muchas aplicaciones siendo el riego de jardines el uso más común que se le puede dar, dando excelentes resultados en el cultivo de áreas verdes ya que al contener un grado alto de nutrientes potencia la belleza de los mismos y consigue un tratamiento ecológico en donde no intervienen ningún proceso químico. Las plantas que reciben estas aguas son capaces de consumir los nutrientes orgánicos y las bacterias contenidas en estas (Lancaster, 2010). Estos contaminantes presentes en el agua gris varían de acuerdo a las condiciones de uso que se le dio al agua, a las prácticas de uso y al tipo de detergente empleado. También influye el clima y el estilo de vida (Oteng, Agbesi, & deVries, 2018)

La práctica de reutilizar el agua gris es más común de lo que aparenta, y se viene aplicando desde hace años atrás especialmente en zonas con poca disponibilidad de agua. Contribuye asimismo a no depender del agua dulce que para algunas actividades no sería necesaria utilizarse, lo cual es un gran impacto en cuanto al cuidado y ahorro de agua y también reduce la contaminación de fuentes naturales dado que al ser tratada la descarga de esta agua hacia estas fuentes no contamina como sí lo haría si esta agua no estuviese tratada. Algunas de las aplicaciones del agua gris reciclada son para descarga de inodoros y agricultura (Vigneswaran & Sundaravadivel, 2004).

Según algunos investigadores, el volumen de producción de agua gris en una vivienda es de 15 litros por habitante como mínimo, valor que está condicionado a la ubicación geográfica, a los hábitos diarios, el clima, cantidad de habitantes en la casa, el tipo de casa, la economía, la cultura, etcétera. Estas representan las tres cuartas partes de toda el agua residual producida en una vivienda (Hernandez, Temmink, Zeeman, & Buisman, 2010). En el Perú, según un informe elaborado por Aquino (2017) al año se producen aproximadamente 2.5hm<sup>3</sup> de agua residual doméstica. Por otro lado, la publicación Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales de la OEFA (2014) ha dado un informe que, en

el Perú, una persona que vive en la costa genera hasta 145 L diarios de agua residual.

Para reutilizar aguas grises se debe considerar que esta práctica no dañe o ponga en riesgo la salud o el medio ambiente. En el Perú, el Ministerio del Ambiente o MINAM (2017) ha regulado mediante el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) los niveles de concentración de elementos presentes en el agua en el decreto supremo N°004-2017-MINAM. Para la reutilización del agua gris es el empleo en áreas verdes, se debe considerar que la calidad del agua residual sea considerada “apta” para ser reutilizada en riego de áreas verdes no restringido, o sea para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido. Estos parámetros se exponen en la siguiente tabla de límites máximos permisibles:

*Tabla 1:* Límites Máximos Permisibles para agua destinada a riego de vegetales no restringido

| Parámetros                          | Unidad de medida | Límite Máximo Permissible |
|-------------------------------------|------------------|---------------------------|
| <b>FÍSICO-QUÍMICOS</b>              |                  |                           |
| Aceites y Grasas                    | mg/L             | 5                         |
| Bicarbonatos                        | mg/L             | 518                       |
| Cianuro wad                         | mg/L             | 0,1                       |
| Cloruros                            | mg/L             | 500                       |
| Color                               | mg/L             | 100 (a)                   |
| Conductividad                       | Pt/Co            | 2500                      |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) | μS/cm            | 15                        |
| Demanda química de oxígeno (DQO)    | mg/L             | 40                        |
| Detergentes (SAAM)                  | mg/L             | 0,2                       |
| Fenoles                             | mg/L             | 0,002                     |
| Fluoruros                           | mg/L             | 1                         |
| Nitratos y Nitritos                 | mg/L             | 100                       |
| Oxígeno disuelto                    | mg/L             | Mayor o igual a 4         |
| Potencial de hidrogeno              | mg/L             | 6,5 - 8,5                 |
| Sulfatos                            | pH               | 1000                      |
| Temperatura                         | mg/L             | 3                         |

| Parámetros                              | Unidad de medida | Límite Máximo Permissible |
|---|------------------|---------------------------|
| <b>INORGÁNICO</b>                       |                  |                           |
| Aluminio                                | mg/L             | 5                         |
| Arsénico                                | mg/L             | 0,1                       |
| Bario                                   | mg/L             | 0,7                       |
| Berilio                                 | mg/L             | 0,1                       |
| Boro                                    | mg/L             | 1                         |
| Cadmio                                  | mg/L             | 0,01                      |
| Cobre                                   | mg/L             | 0,2                       |
| Cobalto                                 | mg/L             | 0,05                      |
| Cromo Total                             | mg/L             | 0,1                       |
| Hierro                                  | mg/L             | 5                         |
| Litio                                   | mg/L             | 2,5                       |
| Magnesio                                | mg/L             | 250                       |
| Manganeso                               | mg/L             | 0,2                       |
| Mercurio                                | mg/L             | 0,001                     |
| Níquel                                  | mg/L             | 0,2                       |
| Plomo                                   | mg/L             | 0,05                      |
| Selenio                                 | mg/L             | 0,02                      |
| Zinc                                    | mg/L             | 2                         |
| <b>ORGÁNICO</b>                         |                  |                           |
| Bifenilos Policlorados                  |                  |                           |
| Bifenilos Policlorados (PCB)            | µg/L             | 0,04                      |
| <b>PLAGUICIDAS</b>                      |                  |                           |
| Paratión                                | µg/L             | 35                        |
| Organoclorados                          |                  |                           |
| Aldrín                                  | µg/L             | 0.004                     |
| Clordano                                | µg/L             | 0.006                     |
| Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)     | µg/L             | 0,001                     |
| Dieldrin                                | µg/L             | 0,5                       |
| Endosulfán                              | µg/L             | 0,01                      |
| Endrin                                  | µg/L             | 0.004                     |
| Heptacloro y Heptacloro Epóxido         | µg/L             | 0,01                      |
| Lindano                                 | µg/L             | 4                         |
| Carbamato                               |                  |                           |
| Aldicarb                                | µg/L             | 1                         |
| <b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b> |                  |                           |

| Parámetros                 | Unidad de medida | Límite Máximo Permissible |
|----------------------------|------------------|---------------------------|
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml       | 1000                      |
| Escherichia coli           | NMP/100 ml       | 1000                      |
| Huevos de Helmintos        | Huevo/L          | 1                         |

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Los parámetros físico-químicos del agua son valores característicos que describen la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco, Pérez, Gonzáles, Rodríguez, & Alfayate, 2005). Samboni, Carvajal y Escobar (2007) mencionan que los parámetros fisicoquímicos que más se tienen en cuenta en los estudios de caracterización de agua son pH, oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), nitrógeno, fosfatos y sólidos totales (ST). Según Quiong (2009), la DQO y la DBO son importantes en el control del contenido total de la contaminación y la gestión del medio acuático. Ambas reflejan el grado de contaminación del agua, y son el índice global del contenido relativo de sustancias orgánicas. Los parámetros microbiológicos, según el Ministerio de Salud MINSA (2010) son los grupos de microorganismos que contaminan al agua, son agentes patógenos para el consumo humano. Se destacan los coliformes totales, termo tolerantes, protozoarios, helmintos, virus, etc.

Hay infinidad de técnicas de tratamiento para aguas grises, y la selección de estos dependerá de varios factores como cantidad de agua gris producida, contenido de materia orgánica, aplicación final o uso que se le dará al agua gris tratada, entre otros. Aun así, no existe un sistema convencional diseñado y estandarizado mundialmente para el tratamiento de agua gris (Edwin, Gopalsamy, & Muthu, 2014); sin embargo, si se resalta que el tratamiento de agua gris preferiblemente debe ser eco-amigable, y en su proceso se debería evitar la intervención de algún aditivo químico o productos considerados nocivos.

El tratamiento deberá estar enfocado a la remoción y/o disminución de sólidos suspendidos (SS), a mejorar la turbidez del agua gris, y asimismo disminuir los niveles de coliformes totales y fecales, así como el contenido de metales como fósforo, nitrógeno, TSS, aluminio, zinc y presencia de bacterias. Algunos autores indican que un sistema de filtración supone una excelente alternativa para el tratamiento de aguas grises y que, al ser instalada en la salida de cada casa, se reducirá en consecuencia la contaminación ambiental, protegiendo la salud pública e incentivando al cuidado y ahorro del agua (Mohamed, Al-Gheethi, Jackson, & Amir, 2016).

El filtro es un componente en donde el fluido (como el agua gris) pasa mediante un lecho poroso que es capaz de retener agentes contaminantes y/o partículas suspendidas, con la finalidad de mejorar sus propiedades fisicoquímicas. Para ello se emplea mayormente la arena o el carbón activado. La arena que se utiliza generalmente tiene un tamaño de 1 a 3 mm, mientras que el carbón activado puede obtenerse de la carbonización de cascaras de coco, de madera, de caña de azúcar, de semillas de frutas entre otros ya que tienen capacidades absorbentes. Este es capaz de absorber moléculas orgánicas y el tamaño oscila entre 0,595 y 2,38 mm (Visbal & Rozo, 2018).

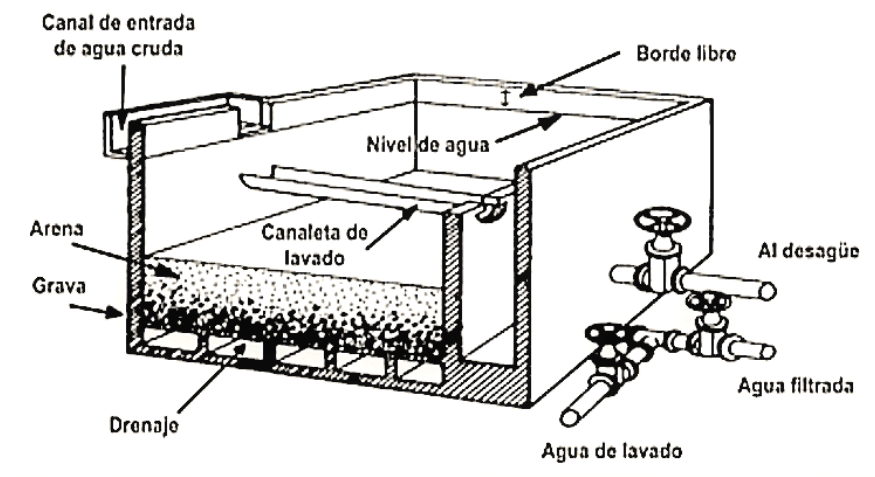


Figura 1: Filtro lento de arena de concreto armado



Figura 2: Filtro lento de arena compuesto por un tanque

Según la norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del Ministerio de Vivienda (MVCS - Perú, 2018) durante el proceso de filtración se retienen los agentes o partículas contaminantes en la parte superior del lecho filtrante, formando una capa llamada Schmutzdeke. Los componentes que conforman al lecho filtrante son: capas de grava que deberá ser de un espesor de 10cm a 15cm si el tamaño de la grava es de 10mm a 40mm, o de un espesor de 5cm si el tamaño de la grava es de 2mm a 9mm. Posteriormente sigue una capa de arena gruesa de un espesor de 5cm con arena de un tamaño de 4 a 15mm y finalmente una capa de arena fina de 50cm a 80cm de espesor, cuya arena tenga un tamaño de 1,5mm a 4mm y esté libre de materia arcillosa y orgánica. Entre otros criterios de diseño que la norma recomienda, es una velocidad de filtración mayor a 0.1 y menor a 0.3 m/h. Para dimensionar un filtro, se emplean las siguientes ecuaciones:

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

Ecuación 1: Determinación del área de filtración, donde  $Q_{md}$  es igual al caudal a tratar ( $m^3/h$ ),  $N$  es la cantidad de filtros, y  $V_f$  es la velocidad de filtración que no debe ser mayor a 0.3 m/h ni menor a 0.1m/h (MVCS - Perú, 2018).

$$D = \sqrt{\frac{Ax4}{\pi}}$$

Ecuación 2: Diámetro del filtro: para el presente estudio se empleará un filtro cilíndrico, por lo que su geometría se basará en la fórmula de la circunferencia (MVCS - Perú, 2018).

Con el funcionamiento del filtro, se desarrolla en la superficie una capa biológica por acumulación de material orgánico e inorgánico. Ello motiva el incremento de la mayor pérdida de carga durante el funcionamiento del filtro, por lo cual se requiere periódicamente la limpieza de esta, mediante el retiro o raspado de uno a dos cm. de la parte superior del medio filtrante, dependiendo de factores tales como la turbiedad del agua y la velocidad de filtración.

La reutilización de las aguas grises es una forma potencial de reducir el consumo de agua potable en los edificios y, por tanto, de reducir las aguas residuales que se vierten en las instalaciones públicas de alcantarillado y tratamiento (Hosam & Mohamed, 2020). Esto coincide con lo dicho por Revitt et al (2011) quienes mencionan que el reciclaje de las aguas grises puede ahorrar importantes volúmenes de agua potable.



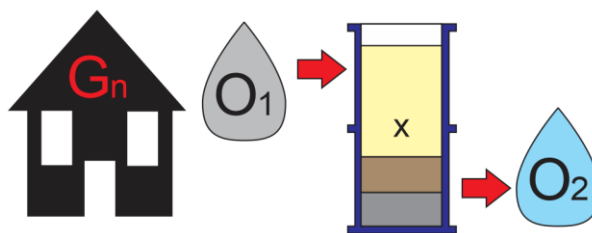
### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Aplicada. De acuerdo a CONCYTEC (2018), la investigación aplicada es aquella donde las teorías y fundamentos científicos existentes se emplean para solucionar una problemática existente.

**Diseño de investigación:** Experimental, de tipo cuasi experimental. Según Carrasco (2005) y Hernandez, Fernandez, & Baptista (2014) este diseño se debe a que se analizará la variable dependiente (tratamiento de aguas grises) en su estado natural, describiendo sus cualidades y características; luego se procederá a manipularse (mediante la aplicación del sistema de filtración); lo que hará que las características iniciales varíen y posteriormente se observará el comportamiento final. El solo hecho que se manipule una variable hace de la investigación algo experimental.

El esquema empleado es el siguiente:



Dónde:

$G_n$ : es el grupo de control (Se trabajaron con 2 grupos de control)

$O_1$ : observación del agua gris antes de pasar por el tratamiento

$X$ : Tratamiento (sistema de filtración)

$O_2$ : observación del agua gris después de pasar por el sistema de reutilización.

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Sistema de filtración; es un componente en donde el fluido (como el agua gris) pasa mediante un lecho poroso que es capaz de retener agentes contaminantes y/o partículas suspendidas, con la

finalidad de mejorar sus propiedades fisicoquímicas (Visbal & Rozo, 2018). **Operacionalización:** Componentes del sistema de filtración. **Indicadores:** Dimensionamiento del tanque, dimensionamiento del lecho filtrante, Materiales empleados y procedimientos empleados. **Escala de medición:** Razón.

**Variable dependiente:** Tratamiento de aguas grises; es la acción de tratar a aquellas aguas libres de materia fecal que han sido utilizadas para efectos de limpieza, higiene, lavado, entre otros de una vivienda. A diferencia de las aguas negras, el agua gris no contiene coliformes fecales (Brain, Lynch, & Kopp, 2015). **Operacionalización:** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. **Indicadores:** Aceites y Grasas, Cloruros, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitratos, Nitritos, pH, Temperatura y coliformes Termo tolerantes. **Escala de medición:** Razón.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** estuvo constituidas por todas las viviendas que conforman el A.H. Sánchez Cerro – Sullana, en un número de 3000 viviendas.

**Muestra:** se trabajó una muestra no probabilística e intencional. Se escogieron dos viviendas de las cuales se recolectaron muestras de agua gris para ser tratadas mediante el sistema de filtración y en el cual se extrajeron sub-muestras de agua gris sin tratar y agua gris tratada, mismas que fueron enviadas al laboratorio para que den los resultados de caracterización de agua.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnica:** Se empleó la técnica de la observación, misma que consiste en estudiar las características y cualidades de la variable (agua gris).

**Instrumentos de investigación:** Se emplearon instrumentos como depósitos esterilizados en donde se almacenó el agua gris, etiquetándolos cuidadosa y correctamente para ser enviados a laboratorio. Los resultados fueron expresados en documentos que consisten en fichas de registro de

datos otorgados por el laboratorio en donde se registró la información sobre los parámetros Aceites y Grasas, Cloruros, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitratos, Nitritos, pH, Temperatura y coliformes Termo tolerantes.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento empleado fue el siguiente: Se procedió a construir el sistema de tratamiento de aguas grises. Para ello se emplearon tanques reciclados de plástico, se empleó material granular, arena, piedra chancada, accesorios de PVC que sirvieron como implementos del sistema. Una vez construido se realizó el muestreo de agua gris la cual fue separada de la siguiente manera: una muestra de agua gris sin tratar y otra muestra de agua gris que pasó a través del sistema de tratamiento. El muestreo se realizó el día 21 de setiembre del 2021, a las 11:00am en el Asentamiento Humano Sánchez Cerro, y se extrajo agua gris proveniente de dos viviendas ubicadas en la calle Santa Isabel (#511 Vivienda 1 y #352 vivienda 2), misma que fue almacenada en depósitos correctamente codificados y proporcionados por el laboratorio EQUAS S.A. quienes fueron los encargados de realizar los ensayos de caracterización de agua. Las muestras fueron transportadas en *coolers* de poliestireno expandido hacia el laboratorio.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Una vez recopilada la información de campo, se expresaron los resultados en tablas descriptivas comparativas de simple entrada y en gráficos de tipo barra. Para ello se empleó el software Excel 2016.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se consideró lo estipulado en el Código de Ética para la investigación de la Universidad Cesar Vallejo (2017) respetando en todo momento el principio de propiedad intelectual. Los autores declaran que el contenido es netamente autentico y no presenta plagio en ninguna de sus hojas. También se respetó el principio de beneficencia ya que la presente investigación no se realizó de manera malintencionada ni mucho menos se perjudicó a nadie durante el proceso de desarrollo.

#### IV. RESULTADOS

Con respecto al primer objetivo específico: determinar las características del sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021. Los resultados fueron:

Dimensionamiento del tanque: para dimensionar el tanque, se tomó en cuenta el valor de producción de aguas residuales estipulado en la publicación Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales de la OEFA (2014) quienes indican que en la zona costa, una persona al día genera al día 145 L de agua residual. En cada vivienda evaluada viven 4 personas por vivienda por lo que la densidad poblacional es de 4 Hab/vivienda. Con estos valores se procedió a dimensionar el tanque:

Tabla 2: *Determinación de parámetros de diseño para el sistema de filtración*

| Vivienda | Ubicación               | Habitantes | Agua residual generada (L/Hab/día) | Total de agua residual generada (L/día) |
|----------|-------------------------|------------|------------------------------------|---|
| 1        | Calle Santa Isabel #511 | 4          | 145                                | 580                                     |
| 2        | Calle Santa Isabel #352 | 4          | 145                                | 580                                     |

Elaboración: Propia

Con estos parámetros y la Ecuación 1 y 2 se determinó el área del lecho filtrante, empleando como valores un  $Q_{md}$  de 0.024m<sup>3</sup>/h y una velocidad de filtración de 0.20 m/h, obteniéndose un área de 0.12m<sup>2</sup> y un diámetro del tanque de 0.39m el cual se redondeará a 0.40m por efectos de diseño.

|                                      |                                |      |                   |             |
|--------------------------------------|--------------------------------|------|-------------------|-------------|
| <b>DATOS:</b>                        |                                |      |                   |             |
| DOTACION DE VIVIENDA (L/hab/día)     |                                |      |                   | 880         |
| NUMERO DE HABITANTES (hab)           |                                |      |                   | 4           |
| VOLUMEN DE AGUA GRIS (L/día)         |                                |      |                   | 580         |
| CAUDAL DE DISEÑO (m <sup>3</sup> /h) |                                |      |                   | 0.024166667 |
| VELOCIDAD DE FILTRACION (m/h)        |                                |      |                   | 0.20        |
| NUMERO DE UNIDADES                   |                                |      |                   | 1           |
| <b>RESULTADOS</b>                    |                                |      |                   |             |
| AREA LECHO                           | $A_f = \frac{Q_{md}}{N * V_f}$ | 0.12 | (m <sup>2</sup> ) |             |
| DIÁMETRO DEL FILTRO                  | $D = \sqrt{\frac{Ax^4}{\pi}}$  | 0.39 | m                 | Usar: 0.40m |

Figura 3: Hoja de cálculo para determinar el diámetro del filtro

Dimensionamiento del Lecho Filtrante: Para determinar estas características se tuvo en cuenta lo expuesto en la norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del Ministerio de Vivienda (MVCS - Perú, 2018), adoptando las siguientes dimensiones del lecho filtrante:

Tabla 3: *Determinación de los espesores de las capas y de las características del material granular*

| Lecho filtrante             | MVCS – Perú, 2018  | Dimensión adoptada                                 |
|-----------------------------|--|--|
| <b>Capa de grava</b>        | Espesor: 10 – 15cm<br>Tamaño del material: 10mm a 40mm<br>(O de un espesor de 5cm si el tamaño de la grava es de 2mm a 9mm). | Espesor: 10cm<br>Tamaño del material: 10mm a 40mm. |
| <b>Capa de arena gruesa</b> | Espesor: 5cm<br>Tamaño del material: 4 -15mm   | Espesor: 5cm<br>Tamaño del material: 10mm          |
| <b>Capa de arena fina</b>   | Espesor: de 50cm hasta 80cm de espesor.<br>Tamaño del material: 1,5mm a 4mm.   | Espesor: 50cm.<br>Tamaño del material: 2mm.        |

Fuente: MVCS – Perú, 2018

La Tabla 3: Determinación de los espesores de las capas y de las características del material granular indica los espesores y los tamaños del material granular adoptados en esta investigación para determinar las características del lecho filtrante. Se compone de una capa de grava de 10cm de espesor con material de tamaño variable de 10mm a 40mm situado en la parte inferior del tanque; encima se colocó una capa de arena gruesa de 5cm de espesor, con material de tamaño promedio de 10mm y encima de ella se colocó una capa de arena fina de 50cm de espesor y con material de tamaño 2mm de

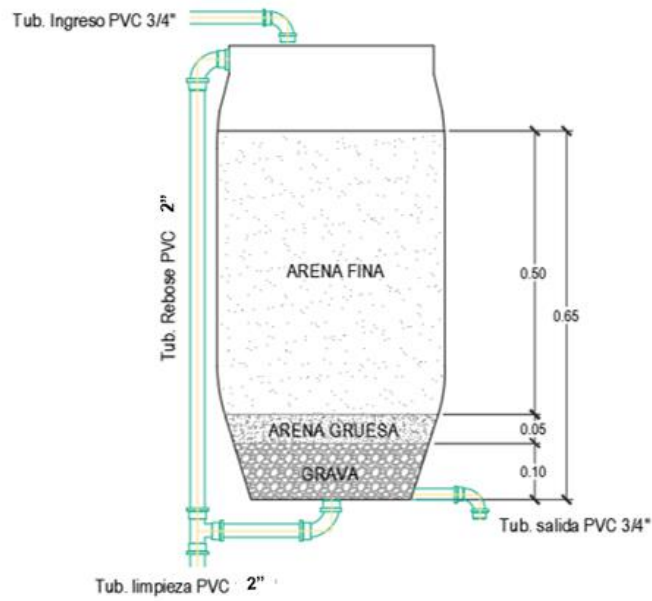
espesor, libre de agentes orgánicos y/o arcilla. La altura del lecho filtrante es de 65cm.

Materiales empleados: En la Tabla 4: Accesorios empleados para la fabricación del sistema de filtración se presentan los materiales empleados en la construcción del sistema de filtración. Se usó una tanqueta de uso industrial de 25 galones de 80cm de altura y de 40cm de diámetro, se adquirió tuberías y accesorios de PVC de 2" para el sistema de rebose y de limpia del tanque, tuberías y accesorios de PVC de ¾" que fueron empleados para el sistema de entrada y de salida del agua gris. Adicionalmente se adquirieron llaves y/o válvulas de control.

Tabla 4: *Accesorios empleados para la fabricación del sistema de filtración*

| Descripción                      | Und. | Cantidad |
|----------------------------------|------|----------|
| Tanqueta de uso industrial 25gln | u    | 01       |
| Tubería PVC 2" x 6m              | u    | 6        |
| Codo PVC 2"                      | u    | 2        |
| Tee PVC 2"                       | u    | 1        |
| Válvula globo PVC 2"             | u    | 1        |
| Tub PVC ¾" x 6m                  | u    | 1        |
| Llave de control ¾"              | u    | 1        |
| Codo PVC ¾"                      | u    | 2        |

Elaboración: Propia



*Figura 4:* Plano del sistema de filtración propuesto

En la Figura 4 se observa el plano del sistema de filtración propuesto con las características y accesorios ya mencionados previamente. El sistema se compone del lecho de filtración que incluye capas de grava (10cm), arena gruesa (5cm) y arena fina (50cm), de una tubería de ingreso de agua gris no tratada, de una tubería de rebose, de una tubería de limpieza y de una tubería de salida de agua gris tratada.





*Figura 5:* Procedimiento de construcción del sistema de filtración. A la izquierda superior se observa la perforación del tanque para acoplar las tuberías y accesorios. A la derecha superior se observa la perforación inferior del tanque que tiene como finalidad ser la tubería de limpia, y desaguar las aguas de manera más rápida para efectos de mantenimiento. A la izquierda inferior, se observa la estructura del filtro terminada con la instalación de los accesorios, las válvulas y tuberías de PVC. A la derecha inferior se observa el llenado del filtro con el material granular de acuerdo a lo estipulado en los planos.





*Figura 6: Sistema de filtración concluido*



*Figura 7: Investigadores con el Sistema de filtración concluido*

Con respecto al segundo objetivo específico: Determinar la caracterización de las aguas grises para el riego de áreas verdes de viviendas del Asentamiento Humano Sánchez Cerro. La toma de muestras de caracterización de agua se realizó el día 21 de setiembre del 2021, a las

11:00am. Se muestreó el agua gris obtenida de dos viviendas diferentes, y el agua tratada correspondiente a cada vivienda. En total se evaluaron 4 muestras de agua por cada parámetro estudiado. Los parámetros que se evaluaron correspondieron a Aceites y Grasas, Cloruros, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitratos, Nitritos, pH y Temperatura. Los resultados fueron los siguientes:



*Figura 8: A la izquierda: muestreo de agua gris sin tratar. A la derecha: muestreo de agua gris tratada – Vivienda 1*



*Figura 9: Comparativo entre muestras de agua antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1*

*Tabla 5: Resultados del estudio de caracterización de agua – Vivienda 1*

| PARÁMETROS                       | 1303 - 1 <sup>(a)</sup>                              | 1303 - 2 <sup>(a)</sup>                              | Expresado en:           | METODOS DE ENSAYO           |
|----------------------------------|--|--|-------------------------|-----------------------------|
|                                  | M 1 <sup>(b)</sup><br>Ingreso al filtro<br>(11:20 h) | M 2 <sup>(b)</sup><br>Salida del filtro<br>(11:50 h) |                         |                             |
| Aceites y Grasas                 | 1,8  | < 0,5  | mg/L                    | APHA 5520 D                 |
| Cloruros                         | 35   | 31   | mg Cl/L                 | APHA 4500-Cl C (*)          |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno    | 46   | 14   | mg DBO/L                | APHA 5210 B                 |
| Demanda Química de Oxígeno       | 116  | 35   | mg DQO/L                | APHA 5220 D                 |
| Nitratos                         | 17,102   | 1,004  | mg N-NO <sub>3</sub> /L | APHA 4500-NO <sub>3</sub> B |
| Nitritos                         | 0,024  | 0,007  | mg N-NO <sub>2</sub> /L | EPA 354.1                   |
| pH                               | 7,37   | 6,94   | Unidad de pH            | APHA 4500-H+ B (***)(*)     |
| Temperatura                      | 19,8   | 19,8   | C°                      | APHA 2550 B (***)(*)        |
| <b>Microbiológicos</b>           |  |  |                         |                             |
| Coliformes Termotolerantes (NMP) | 4,5  | 23   | NMP/100 mL              | APHA 9221 E (Ítem 1)        |

(<sup>a</sup>) Código de Laboratorio

(<sup>b</sup>) Código del Solicitante y hora de muestreo

Fuente: Laboratorio EQUAS S.A.

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos en laboratorio con respecto al agua gris proveniente de la vivienda 1, tanto sin tratar como tratada. Se observa que antes de ingresar al filtro (Agua sin tratar), el nivel de Aceites y Grasas fue 1.8mg/L y a la salida del filtro (Agua tratada), el nivel fue de < 0.5mg/L. Con respecto a Cloruros, el nivel antes de entrar al filtro fue 35mg Cl-/L y a la salida del filtro fue de 31mg Cl-/L. Con respecto a Demanda Bioquímica de Oxígeno, el nivel antes de entrar al filtro fue 46mg DBO/L y a la salida del filtro fue de 14mg DBO/L. Con respecto a Demanda Química de Oxígeno, el nivel antes de entrar al filtro fue 116mg DQO/L y a la salida del filtro fue de 35mg DQO/L. Con respecto a Nitratos, el nivel antes de entrar al filtro fue 17.102mg N-NO<sub>3</sub> -/L y a la salida del filtro fue de 1.004mg N-NO<sub>3</sub> -/L. Con respecto a Nitritos, el nivel antes de entrar al filtro fue 0.024mg N-NO<sub>2</sub> -/L y a la salida del filtro fue de 0.007mg N-NO<sub>2</sub> -/L. Con respecto a pH, el nivel antes de entrar al filtro fue 7.37 unidad de pH y a la salida del filtro fue de 6.94Unidad de pH. Con respecto a Coliformes Termo tolerantes (NMP), el nivel antes de entrar al filtro fue 4.5NMP/100 mL y a la salida del filtro fue de 23NMP/100 mL.





*Figura 10: A la izquierda: muestreo de agua gris sin tratar. A la derecha: muestreo de agua gris tratada – Vivienda 2*



*Figura 11: Comparativo entre muestras de agua antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2*

Tabla 6: Resultados del estudio de caracterización de agua – Vivienda 2

| PARÁMETROS                       | 1304 - 1 <sup>(a)</sup>                              | 1304 - 2 <sup>(a)</sup>                              | Expresado en:           | MÉTODOS DE ENSAYO           |
|----------------------------------|--|--|-------------------------|-----------------------------|
|                                  | M 3 <sup>(b)</sup><br>Ingreso al filtro<br>(12:40 h) | M 4 <sup>(b)</sup><br>Salida del filtro<br>(13:00 h) |                         |                             |
| Aceites y Grasas                 | 1,4  | < 0,5  | mg/L                    | APHA 5520 D                 |
| Cloruros                         | 36   | 33   | mg Cl/L                 | APHA 4500-Cl C (*)          |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno    | 58   | 36   | mg DBO/L                | APHA 5210 B                 |
| Demanda Química de Oxígeno       | 145  | 87   | mg DQO/L                | APHA 5220 D                 |
| Nitratos                         | 16,907   | 5,488  | mg N-NO <sub>3</sub> /L | APHA 4500-NO <sub>3</sub> B |
| Nitritos                         | 0,022  | 0,014  | mg N-NO <sub>2</sub> /L | EPA 354.1                   |
| pH                               | 7,59   | 6,50   | Unidad de pH            | APHA 4500-H+ B (***)(*)     |
| Temperatura                      | 20,0   | 20,2   | C°                      | APHA 2550 B (***)(*)        |
| <b>Microbiológicos</b>           |  |  |                         |                             |
| Coliformes Termotolerantes (NMP) | 7,8  | 49   | NMP/100 mL              | APHA 9221 E (Ítem 1)        |

(<sup>a</sup>) Código de Laboratorio

(<sup>b</sup>) Código del Solicitante y hora de muestreo

Fuente: Laboratorio EQUAS S.A.

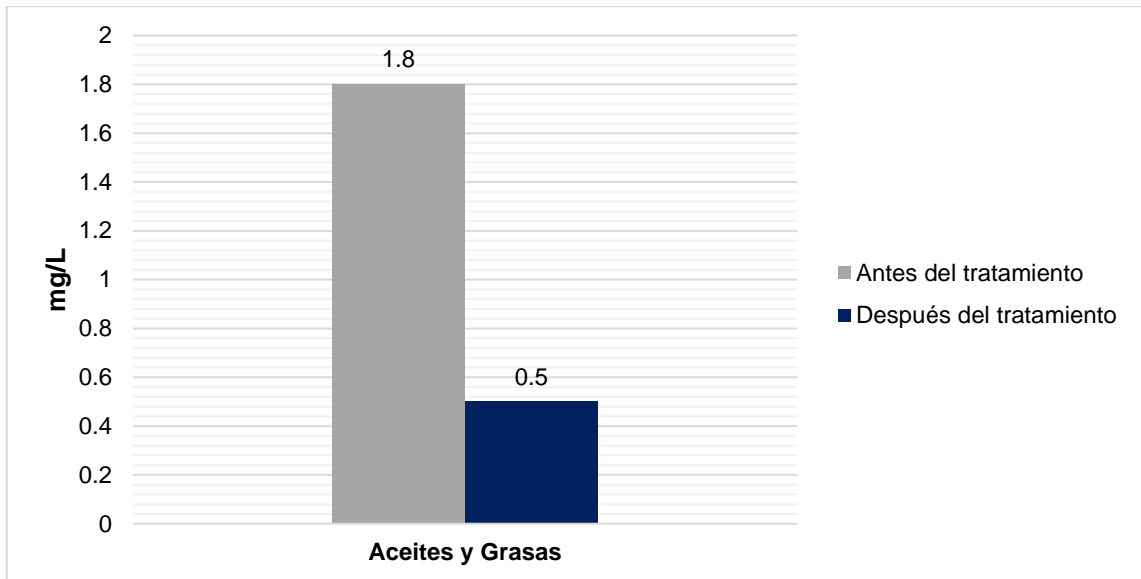
La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos en laboratorio con respecto al agua gris proveniente de la vivienda 2, tanto sin tratar como tratada. Se observa que antes de ingresar al filtro (agua sin tratar), el nivel de Aceites y Grasas fue 1.4mg/L y a la salida del filtro (agua tratada), el nivel fue de < 0.5mg/L. Con respecto a Cloruros, el nivel antes de entrar al filtro fue 36mg Cl-/L y a la salida del filtro fue de 33mg Cl-/L. Con respecto a Demanda Bioquímica de Oxígeno, el nivel antes de entrar al filtro fue 58mg DBO/L y a la salida del filtro fue de 36mg DBO/L. Con respecto a Demanda Química de Oxígeno, el nivel antes de entrar al filtro fue 145mg DQO/L y a la salida del filtro fue de 87mg DQO/L. Con respecto a Nitratos, el nivel antes de entrar al filtro fue 16.907mg N-NO<sub>3</sub> -/L y a la salida del filtro fue de 5.488mg N-NO<sub>3</sub> -/L. Con respecto a Nitritos, el nivel antes de entrar al filtro fue 0.022mg N-NO<sub>2</sub>-/L y a la salida del filtro fue de 0.014mg N-NO<sub>2</sub>-/L. Con respecto a pH, el nivel antes de entrar al filtro fue 7.59 unidad de pH y a la salida del filtro fue de 6.5Unidad de pH. Con respecto a Coliformes Termo tolerantes (NMP), el nivel antes de entrar al filtro fue 7.8NMP/100 mL y a la salida del filtro fue de 49NMP/100 mL.

Con respecto al tercer objetivo específico: determinar el impacto del sistema de filtración en el tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes de viviendas del Asentamiento Humano Sánchez Cerro, Sullana, se obtuvieron los siguientes resultados:

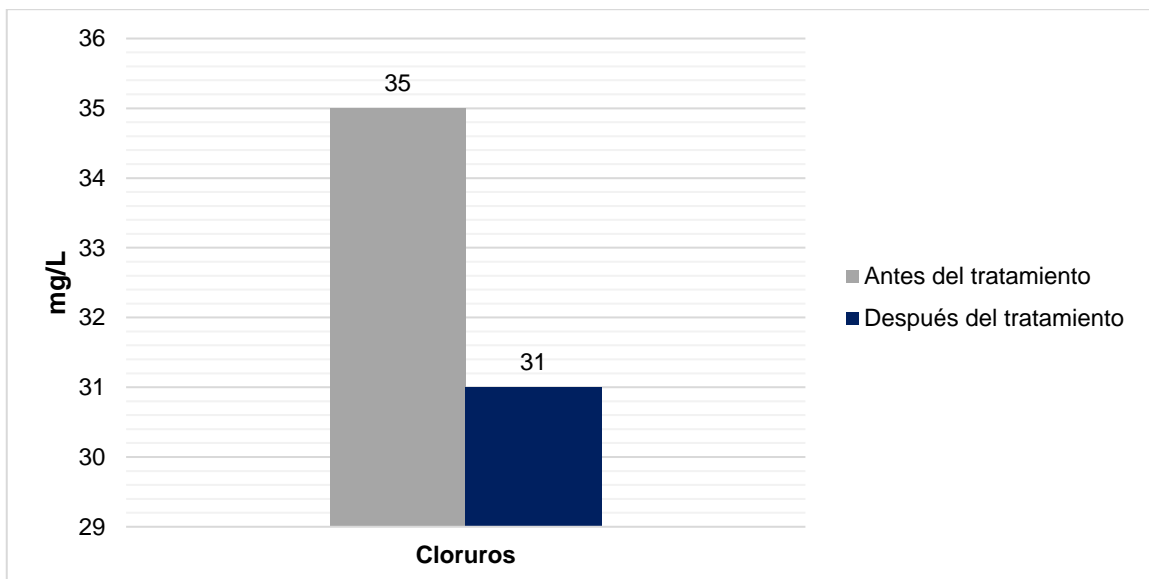
Tabla 7: Influencia del sistema de tratamiento de aguas grises – Vivienda 1

| PARÁMETROS                               | Antes del tratamiento | Después del tratamiento | Variación Porcentual (%) | Unidad de medida          | LMP       | Condición |
|--|-----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------|
| <b>FISICOQUÍMICOS</b>                    |                       |                         |                          |                           |           |           |
| Aceites y Grasas                         | 1.8                   | < 0.5                   | 72.22%                   | mg/L                      | 5         | Cumple    |
| Cloruros                                 | 35                    | 31                      | 11.43%                   | mg Cl-/L                  | 500       | Cumple    |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno            | 46                    | 14                      | 69.57%                   | mg DBO/L                  | 15        | Cumple    |
| Demanda Química de Oxígeno               | 116                   | 35                      | 69.83%                   | mg DQO/L                  | 40        | Cumple    |
| Nitratos                                 | 17.102                | 1.004                   | 94.13%                   | mg N-NO <sub>3</sub> - /L | 100       | Cumple    |
| Nitritos                                 | 0.024                 | 0.007                   | 70.83%                   | mg N-NO <sub>2</sub> - /L | 10        | Cumple    |
| pH                                       | 7.37                  | 6.94                    | 5.83%                    | Unidad de pH              | 6,5 – 8,5 | Cumple    |
| Temperatura                              | 19,8                  | 19,8                    | -                        | C°                        | Δ 3       | Cumple    |
| <b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b> |                       |                         |                          |                           |           |           |
| Coliformes Termo tolerantes (NMP)        | 4.5                   | 23                      | -80.43%                  | NMP/100 mL                | 1000      | Cumple    |

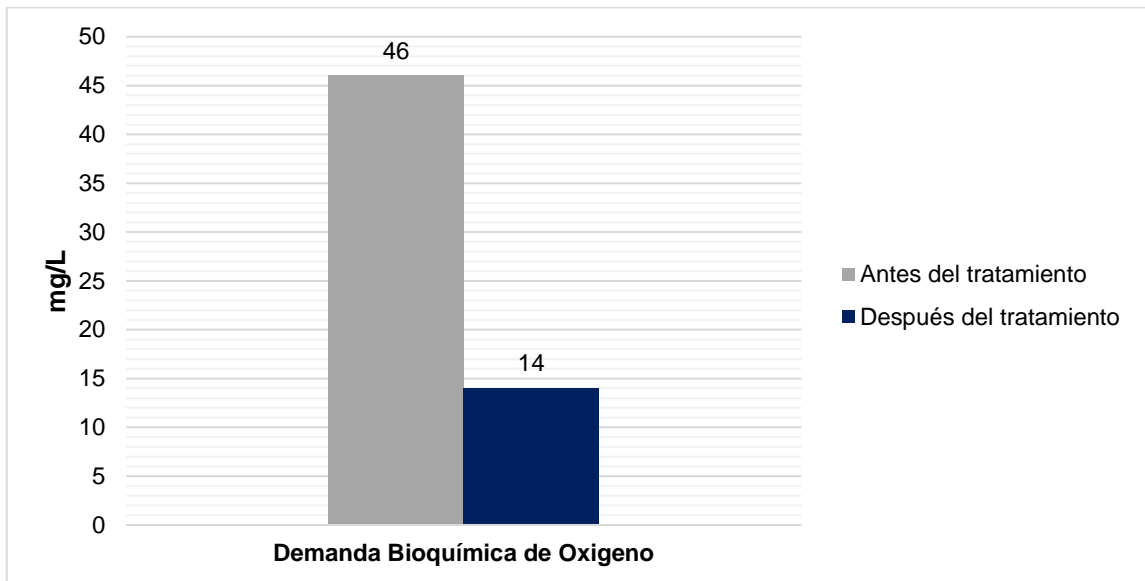
Fuente: Laboratorio EQUAS S.A.



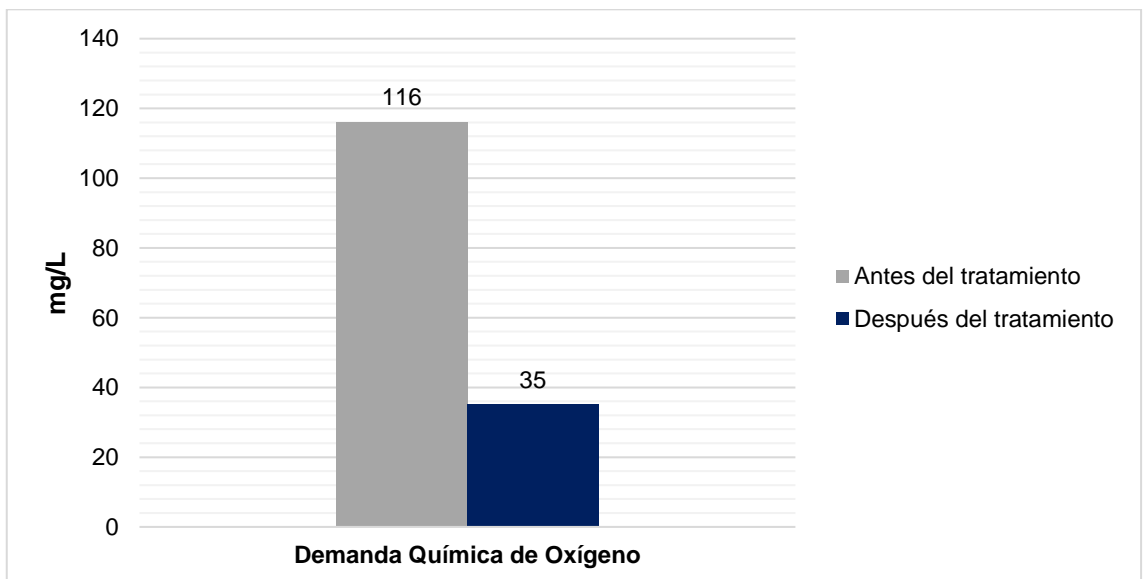
*Figura 12: Comparativo de nivel de aceites y grasas (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1*



*Figura 13: Comparativo de nivel de cloruros (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1*



*Figura 14: Comparativo de nivel de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1*



*Figura 15: Comparativo de nivel de Demanda Química de Oxígeno (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1*



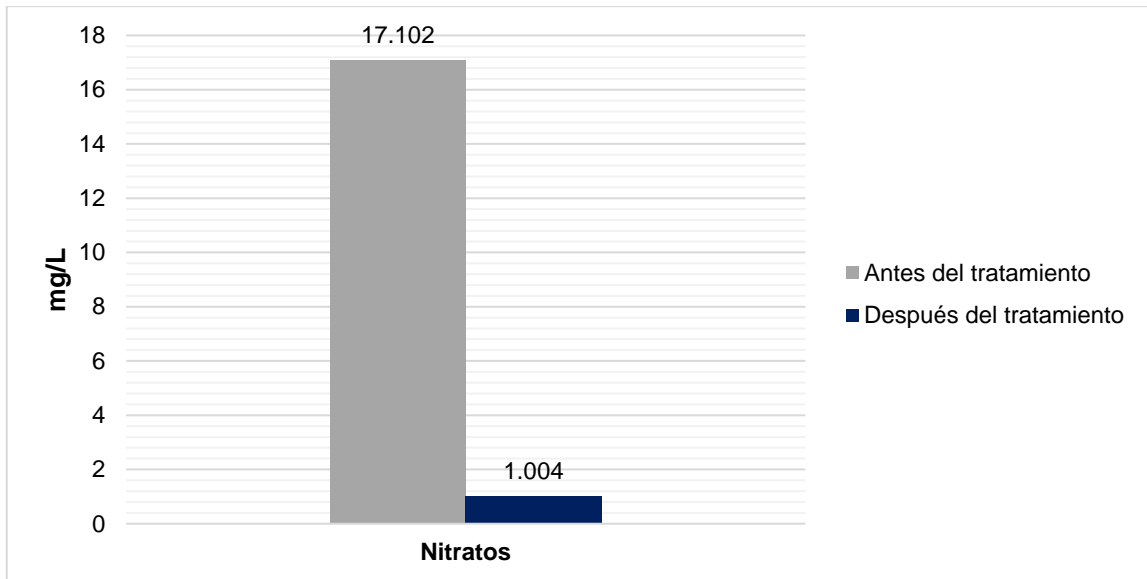


Figura 16: Comparativo de nivel de nitratos (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1

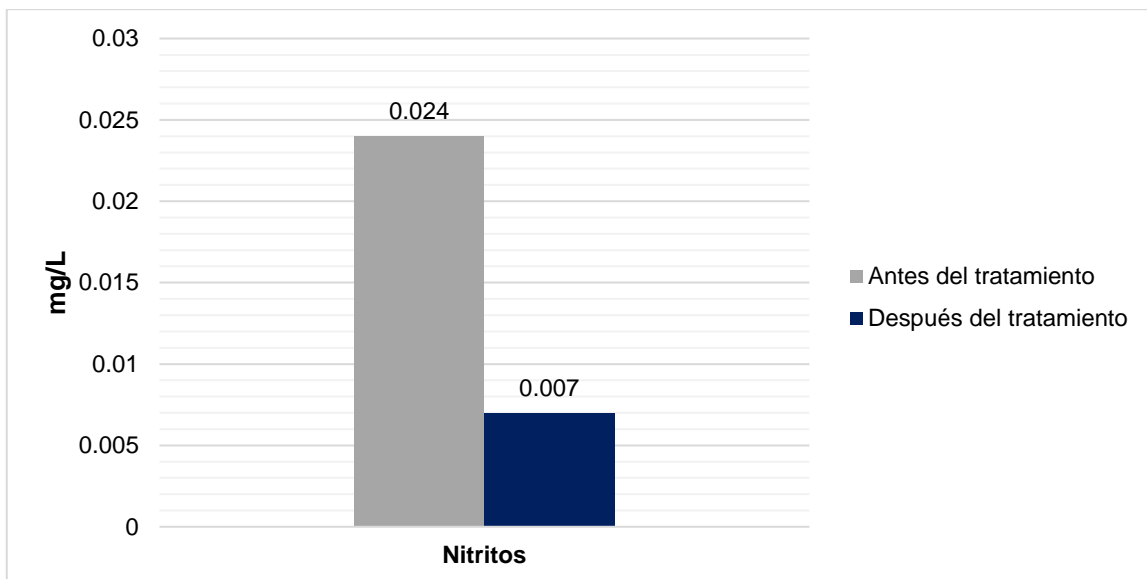
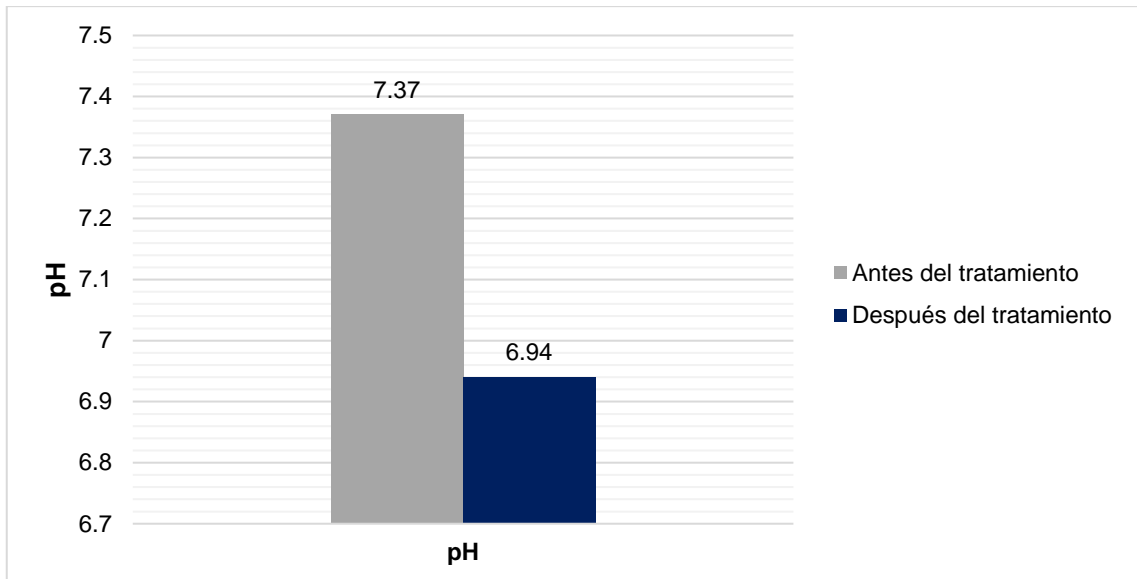
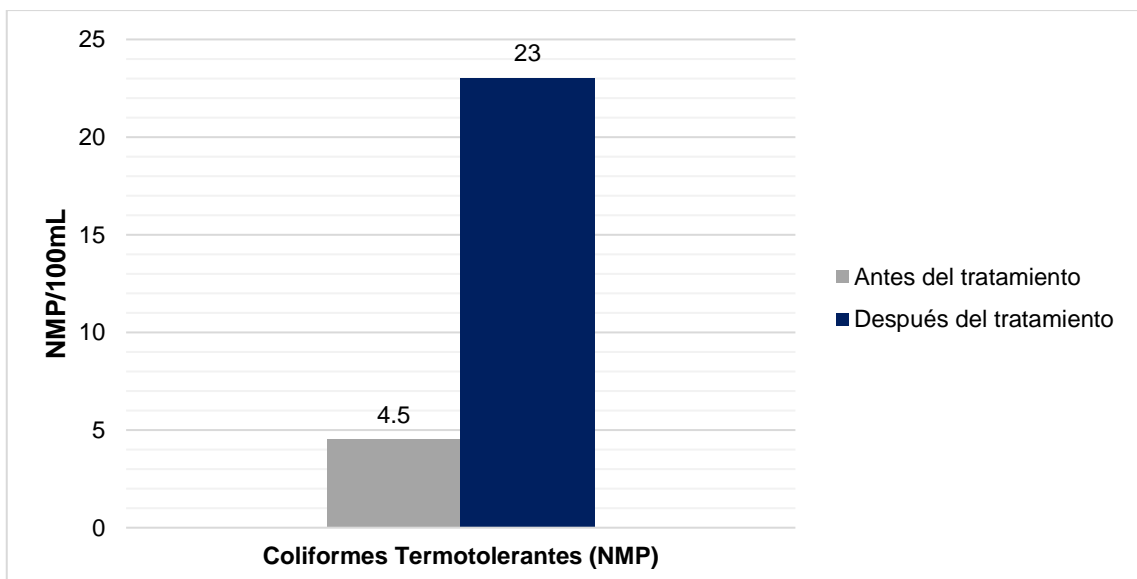


Figura 17: Comparativo de nivel de nitritos (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1



*Figura 18: Comparativo de nivel de pH antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1*



*Figura 19: Comparativo de nivel de coliformes termo tolerantes (NMP/100mL) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 1*

La Tabla 7 muestra el comparativo de los resultados con respecto a cada parámetro evaluado para la vivienda 1, tanto agua gris sin tratar como agua gris tratada. Se observa que el nivel de Aceites y Grasas disminuyó en 72%, el nivel de Cloruros disminuyó en 11%, el nivel de Demanda Bioquímica de Oxígeno disminuyó en 70%, el nivel de Demanda Química de Oxígeno disminuyó en 70%, el nivel de Nitratos disminuyó en 94%, el nivel de Nitritos disminuyó en 71%, el nivel de pH disminuyó en 6%, el nivel de Coliformes Termo tolerantes (NMP) aumentó en 80%.

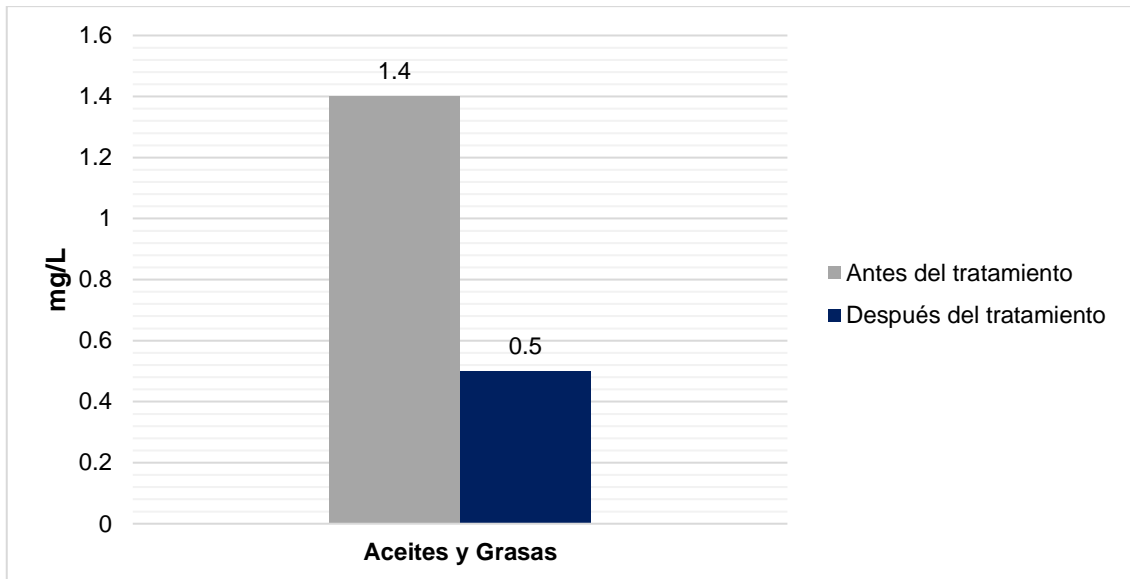
Con respecto a la evaluación de límites máximos permisibles, el agua tratada Cumple en el parámetro de Aceites y Grasas, cumple en el parámetro de Cloruros, cumple en el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno, cumple en el parámetro de Demanda Química de Oxígeno, cumple en el parámetro de Nitratos, cumple en el parámetro de Nitritos, cumple en el parámetro de pH, y cumple en el parámetro de Coliformes Termo tolerantes (NMP).

Puede verse en los resultados anteriores que existe impacto del sistema de tratamiento en las características fisicoquímicas, microbiológicas y parasitológicas del agua gris proveniente de la vivienda 1 ubicada en la calle Santa Isabel 512 del Asentamiento Humano Sánchez Cerro y todos los parámetros de salida del filtro cumplen con lo reglamentado en los ECAS aprobados por el MINAM, por lo que se puede concluir que el agua gris tratada proveniente de la vivienda 1 es apta para su uso en riego de áreas verdes no restringidas.

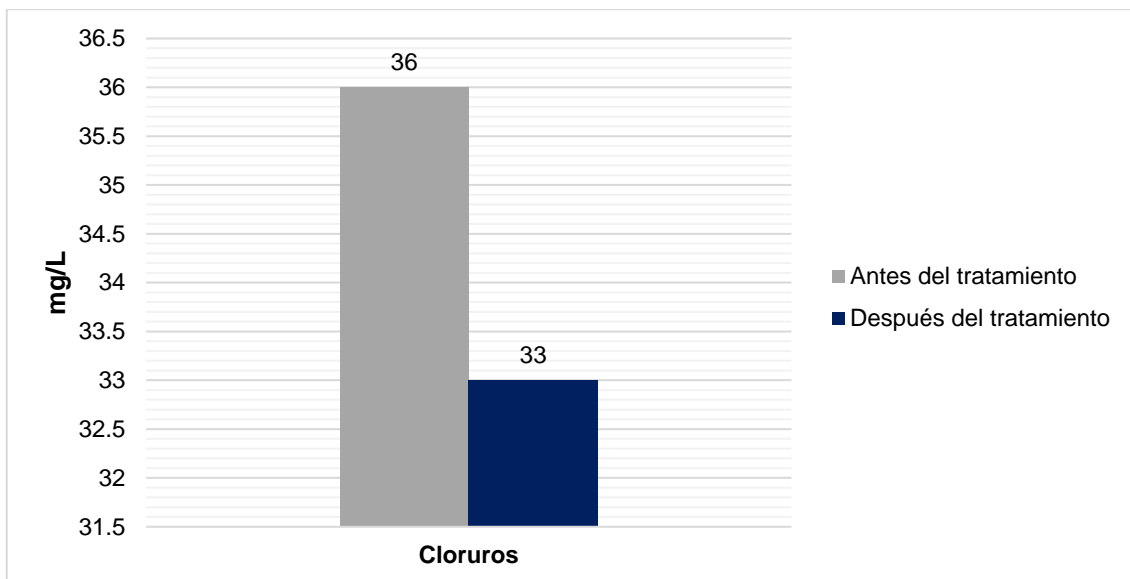
Tabla 8: Influencia del sistema de tratamiento de aguas grises – Vivienda 2

| PARÁMETROS                               | Antes del tratamiento | Después del tratamiento | Variación Porcentual (%) | Unidad de medida          | LMP       | Condición |
|--|-----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------|
| <b>FISICOQUÍMICOS</b>                    |                       |                         |                          |                           |           |           |
| Aceites y Grasas                         | 1.4                   | < 0.5                   | 64.29%                   | mg/L                      | 5         | Cumple    |
| Cloruros                                 | 36                    | 33                      | 8.33%                    | mg Cl-/L                  | 500       | Cumple    |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno            | 58                    | 36                      | 37.93%                   | mg DBO/L                  | 15        | No Cumple |
| Demanda Química de Oxígeno               | 145                   | 87                      | 40.00%                   | mg DQO/L                  | 40        | No Cumple |
| Nitratos                                 | 16.907                | 5.488                   | 67.54%                   | mg N-NO <sub>3</sub> - /L | 100       | Cumple    |
| Nitritos                                 | 0.022                 | 0.014                   | 36.36%                   | mg N-NO <sub>2</sub> - /L | 10        | Cumple    |
| pH                                       | 7.59                  | 6.5                     | 14.36%                   | Unidad de pH              | 6,5 – 8,5 | Cumple    |
| Temperatura                              | 20                    | 20.2                    | -                        | C°                        | Δ 3       | Cumple    |
| <b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b> |                       |                         |                          |                           |           |           |
| Coliformes Termo tolerantes (NMP)        | 7.8                   | 49                      | -84.08%                  | NMP/100 mL                | 1000      | Cumple    |

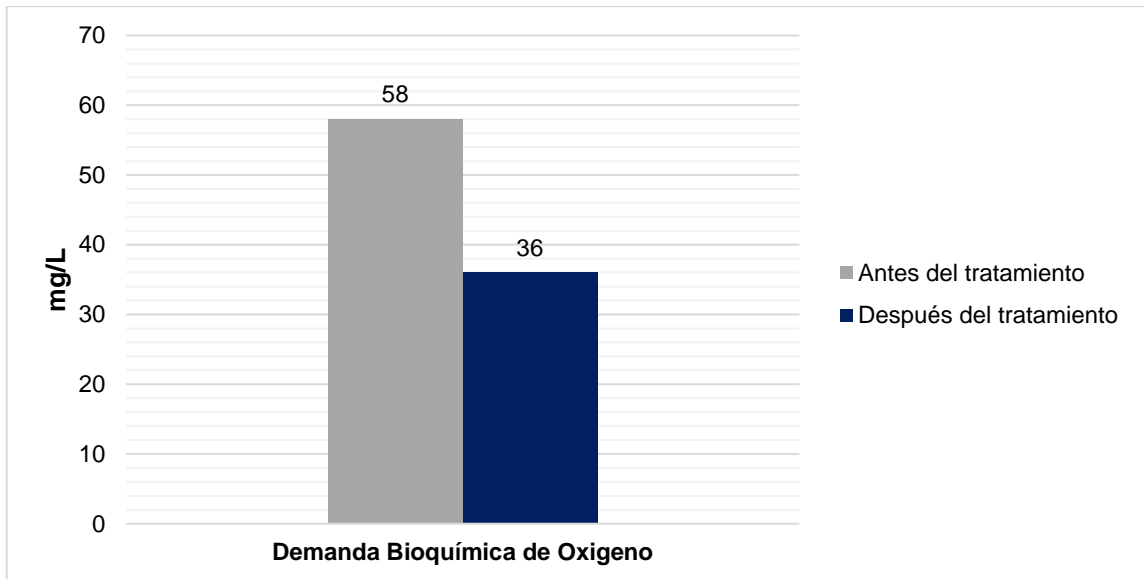
Fuente: Laboratorio EQUAS S.A.



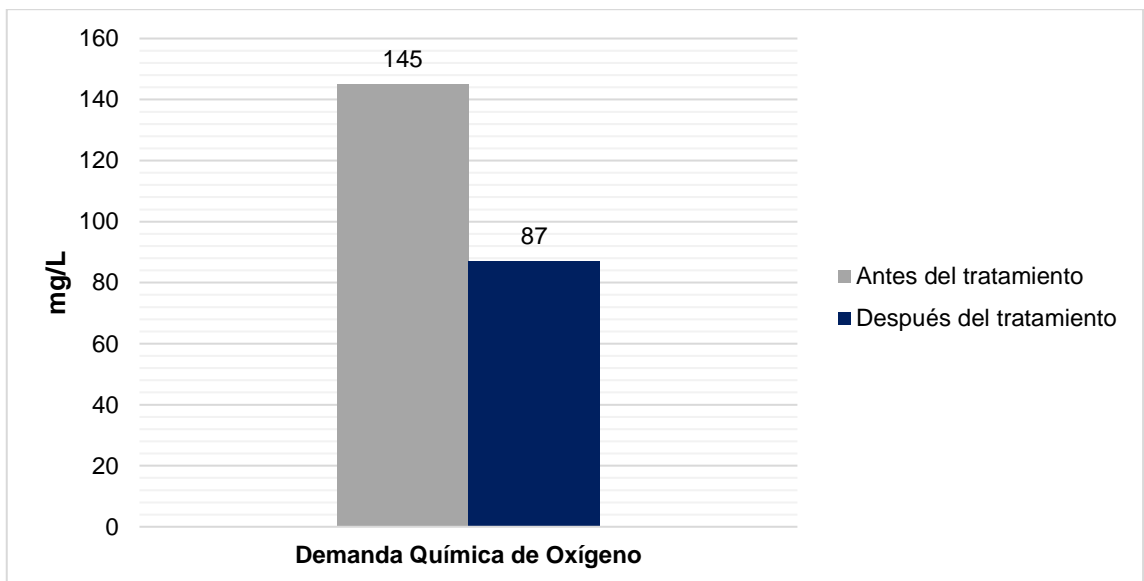
*Figura 20: Comparativo de nivel de aceites y grasas (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2*



*Figura 21: Comparativo de nivel de cloruros (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2*



*Figura 22: Comparativo de nivel de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2*



*Figura 23: Comparativo de nivel de Demanda Química de Oxígeno (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2*

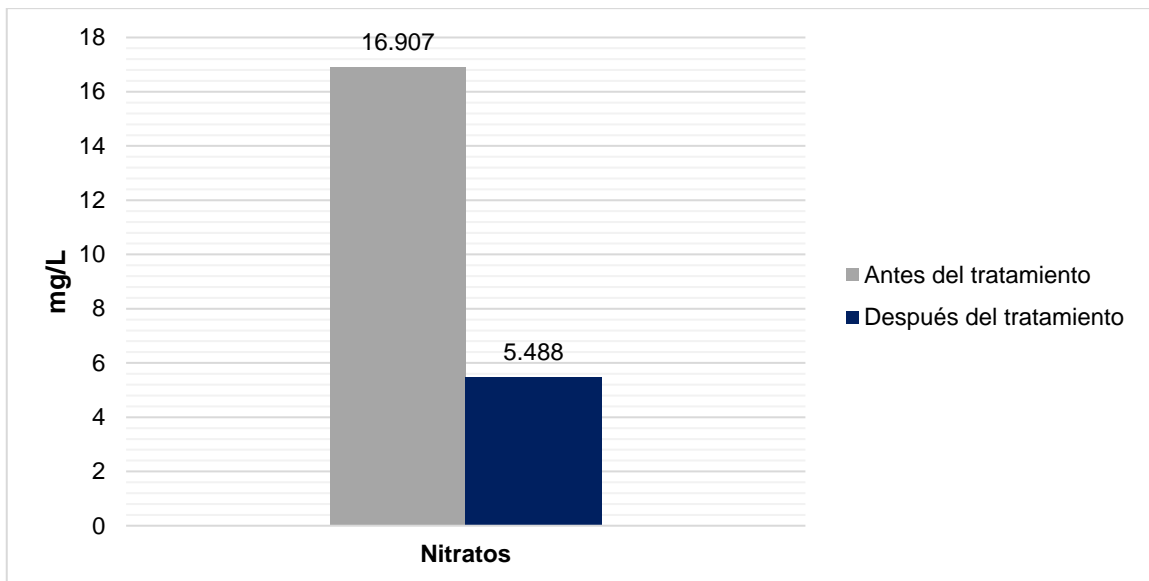


Figura 24: Comparativo de nivel de nitratos (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2

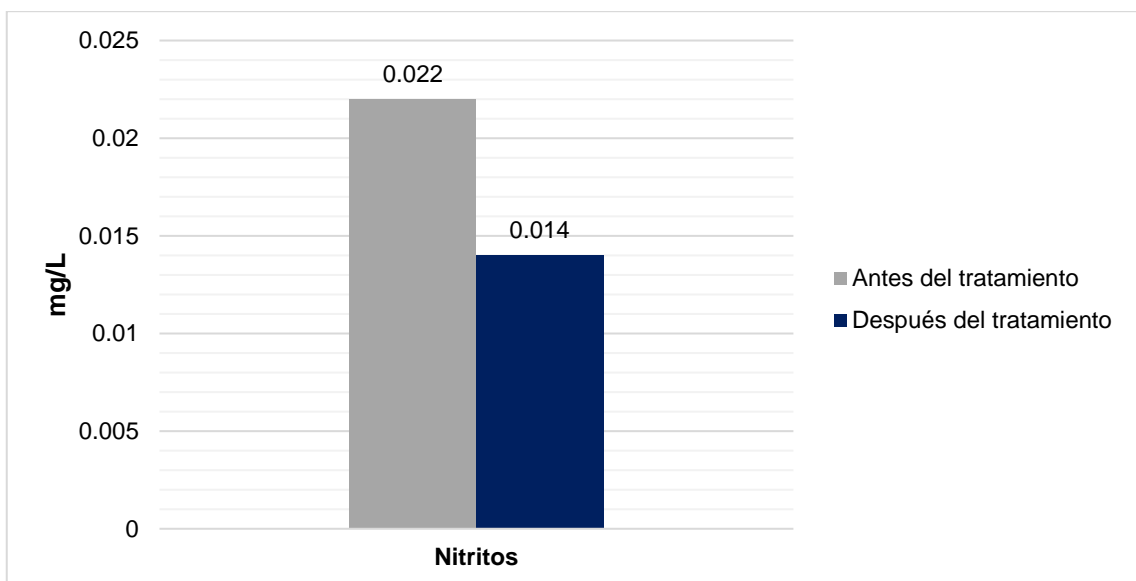


Figura 25: Comparativo de nivel de nitritos (mg/L) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2

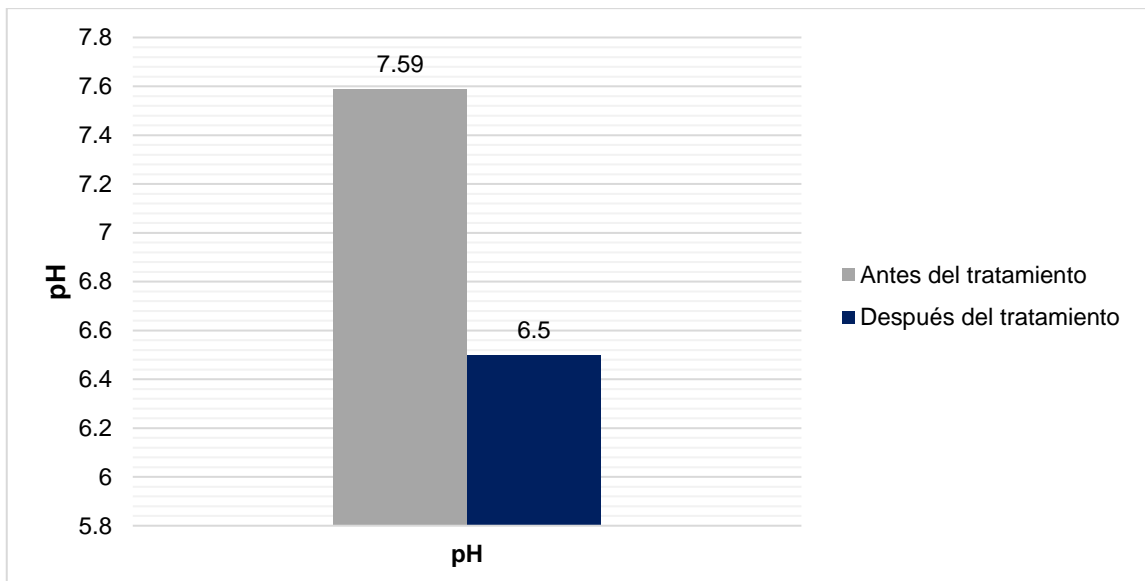


Figura 26: Comparativo de nivel de pH antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2

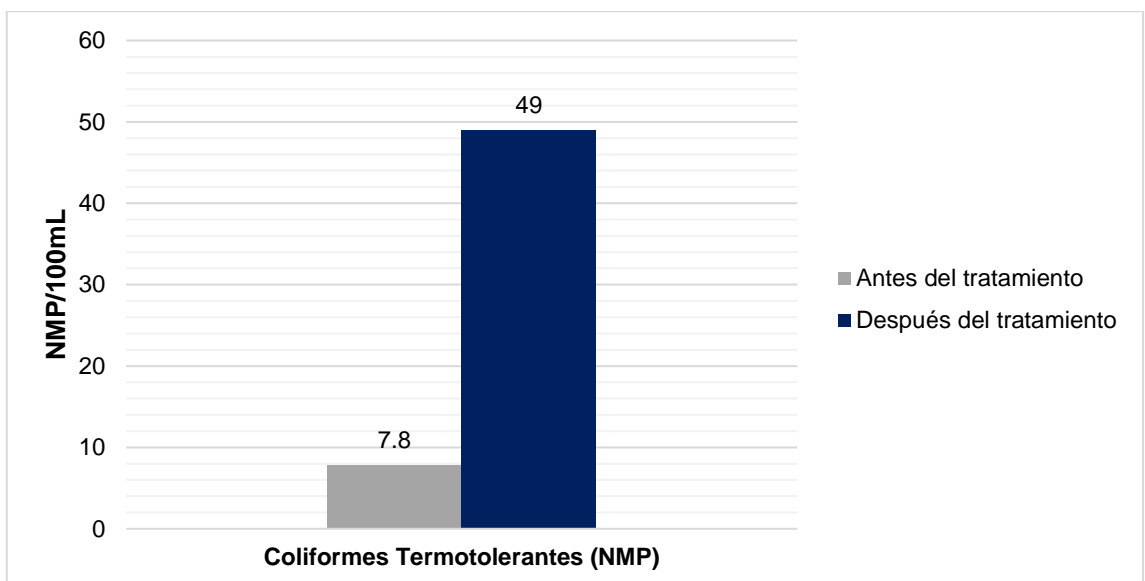


Figura 27: Comparativo de nivel de coliformes termo tolerantes (NMP/200mL) antes del tratamiento / después del tratamiento – Vivienda 2



La Tabla 8 muestra el comparativo de los resultados con respecto a cada parámetro evaluado para la vivienda 2, tanto agua gris sin tratar como agua gris tratada. Se observa que el nivel de Aceites y Grasas disminuyó en 64%, el nivel de Cloruros disminuyó en 8%, el nivel de Demanda Bioquímica de Oxígeno disminuyó en 38%, el nivel de Demanda Química de Oxígeno disminuyó en 40%, el nivel de Nitratos disminuyó en 68%, el nivel de Nitritos disminuyó en 36%, el nivel de pH disminuyó en 14%. El nivel de Coliformes Termo tolerantes (NMP) aumentó en un 84%.

Con respecto a la evaluación de límites máximos permisibles, el agua tratada cumple en el parámetro de Aceites y Grasas, cumple en el parámetro de Cloruros, no cumple en el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno, no cumple en el parámetro de Demanda Química de Oxígeno, cumple en el parámetro de Nitratos, cumple en el parámetro de Nitritos, cumple en el parámetro de pH, y cumple en el parámetro de Coliformes Termo tolerantes (NMP).

Puede verse en los resultados anteriores que existe impacto del sistema de tratamiento en las características fisicoquímicas, microbiológicas y parasitológicas del agua gris proveniente de la vivienda 2 ubicada en la calle Santa Isabel 352 del Asentamiento Humano Sánchez Cerro; sin embargo se observó que en cuanto a los parámetros DBO y DQO no se llega a cumplir con lo reglamentado en los ECAS aprobados por el MINAM, por lo que se puede concluir que el agua gris tratada proveniente de la vivienda 2 no es apta para su uso en riego de áreas verdes no restringidas debido a la cantidad de contaminantes puestos en evidencia con los parámetros DBO y DQO.

## V. DISCUSIÓN

Este estudio permitió realizar un sistema de filtración para tratamiento de aguas grises en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro de la ciudad de Sullana, con la finalidad de reutilizar las aguas grises tratadas en lo que respecta al riego de áreas verdes por lo que en esta investigación se consideraron los lineamientos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental del MINAM (2017).

El sistema consistió principalmente en un lecho de filtración que incluye capas de grava (10cm), arena gruesa (5cm) y arena fina (50cm), de una tubería de ingreso de agua gris no tratada, de una tubería de rebose, de una tubería de limpieza y de una tubería de salida de agua gris tratada. Los espesores de las capas fueron determinados tomando de referencia lo expuesto en la norma técnica de diseño Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del MVCS (2018). El tratamiento propuesto en el presente estudio solo se centró en un sistema de filtración, a diferencia de la propuesta elaborada por Azabache et al (2020) quienes propusieron como unidades de tratamiento una cámara de pre - recolección, un tanque sedimentador, un tanque filtro y un tanque de almacenamiento, y también de la propuesta planteada por Madueño, Meza & Rashta (2017) que tuvo como unidades de tratamiento una captación, tanque de almacenamiento y sedimentación, tanque de filtración, y un tanque de almacenamiento. Por otro lado, el sistema propuesto no incluyó ningún tratamiento químico como si lo hizo el proyecto de Daives et al (2019) quienes emplearon cantidades mínimas de aditivos como sulfato de aluminio y cloro los cuales ayudaron a disminuir el grado de turbidez en agua y la cantidad de bacterias.

Con respecto a la caracterización del agua gris, se evaluaron los parámetros correspondientes a Aceites y Grasas, Cloruros, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitratos, Nitritos, pH, Temperatura y coliformes Termo tolerantes con la finalidad de conocer el estado inicial del agua gris (sin tratar) y el estado final del agua gris (tratada). En el caso de la Vivienda 1 el nivel de Aceites y Grasas contenido en la muestra de agua gris fue de 1.8mg/L sin recibir el tratamiento y < 0.5mg/L

después de recibir el tratamiento, en Cloruros el nivel fue 35mg Cl-/L antes del tratamiento y 31mg Cl-/L después del tratamiento, en Demanda Bioquímica de Oxígeno el nivel fue 46mg DBO/L antes del tratamiento y 14mg DBO/L después del tratamiento, en Demanda Química de Oxígeno, el nivel fue 116mg DQO/L antes del tratamiento y 35mg DQO/L después del tratamiento, en Nitratos el nivel fue 17.102mg N-NO<sub>3</sub> -/L antes del tratamiento y 1.004mg N-NO<sub>3</sub> -/L después del tratamiento, en Nitritos el nivel fue 0.024mg N-NO<sub>2</sub>-/L antes del tratamiento y 0.007mg N-NO<sub>2</sub>-/L después del tratamiento, en pH, el nivel fue 7.37 UpH antes del tratamiento y 6.94 UpH después del tratamiento y en Coliformes Termo tolerantes (NMP), el nivel fue 4.5NMP/100 mL antes del tratamiento y 23NMP/100 mL después del tratamiento.

Para el agua gris proveniente de la vivienda 2 (Cuyo uso fue doméstico / industrial), antes de ingresar al filtro (Agua sin tratar) y a la salida del filtro (Agua tratada), el nivel de Aceites y Grasas fue 1.4mg/L y < 0.5mg/L respectivamente, en Cloruros el nivel fue 36mg Cl-/L y 33mg Cl-/L respectivamente, en Demanda Bioquímica de Oxígeno, el nivel fue 58mg DBO/L y 36mg DBO/L respectivamente, en Demanda Química de Oxígeno, el nivel fue 145mg DQO/L y 87mg DQO/L respectivamente, en Nitratos el nivel fue 16.907mg N-NO<sub>3</sub> -/L y 5.488mg N-NO<sub>3</sub> -/L respectivamente, en Nitritos el nivel fue 0.022mg N-NO<sub>2</sub>-/L y 0.014mg N-NO<sub>2</sub>-/L respectivamente, en pH, el nivel antes de entrar al filtro fue 7.59 UpH y 6.5 UpH respectivamente, y en Coliformes Termo tolerantes (NMP), el nivel fue 7.8NMP/100 mL y 49NMP/100 mL respectivamente.

La caracterización del agua gris sin tratar fueron diferentes a los resultados obtenidos por Azabache et al (2020) en parámetros como la Demanda Biológica de Oxígeno DBO, la Demanda Química de Oxígeno DBQ y el pH los cuales fueron de 90 mg/L y 112 mg/L y 7.58 UpH respectivamente; comparados con los valores obtenidos en este estudio que fueron DBO 46mg/L, DQO 116mg/L y 7.37UpH para la vivienda 1 y DBO 58mg/L, DQO 145mg/L y 7.59UpH para la vivienda 2. Las diferencias de los valores obtenidos se deben principalmente al uso que ha tenido el agua antes de convertirse en agua residual gris. En el caso de Azabache et al (2020) el agua gris se obtuvo de sanitarios empleados en actividades domésticas diarias como duchas, lavatorios,

lavadoras, etcétera, mientras que para este estudio el agua gris obtenida de la vivienda 1 se obtuvo producto de lavado de ropa, lavado de alimentos, lavado del servicio de cocina, aseo personal diario como el cepillado dental, enjuague de manos y baño; y para la vivienda 2 de igual manera; destacando como diferencia que la vivienda 1 su uso es netamente doméstico, de vivienda familiar mientras que la vivienda 2 tiene en su interior un taller de estructuras metálicas por lo que su uso sería doméstico - industrial.

Del comparativo de los resultados con respecto a cada parámetro evaluado para la vivienda 1, se evidenció que el nivel de Aceites y Grasas disminuyó en 72%, el nivel de Cloruros disminuyó en 11%, el nivel de DBQ disminuyó en 70%, el nivel de DQO disminuyó en 70%, el nivel de Nitratos disminuyó en 94%, el nivel de Nitritos disminuyó en 71%, el nivel de pH disminuyó en 6%, lo que indica que el sistema de tratamiento impacta en la disminución de contenido contaminante en el agua gris. Los resultados obtenidos de la muestra de agua gris de la vivienda 2 tanto sin tratar como tratada fueron similares: Se observó que el nivel de Aceites y Grasas disminuyó en 64%, el nivel de Cloruros disminuyó en 8%, el nivel de DBQ disminuyó en 38%, el nivel de DQO disminuyó en 40%, el nivel de Nitratos disminuyó en 68%, el nivel de Nitritos disminuyó en 36%, el nivel de pH disminuyó en 14%. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Madueño, Meza & Rashta (2017) quienes concluyeron que su sistema de filtración reduce el grado de contaminación del agua gris una vez que sale del filtro lento de arena. Por otro lado, Zapata (2018) realizaron un prototipo basado en filtración capaz de reducir los niveles de contaminantes del agua sin tratar.

Pese a la disminución de contaminantes que logra la propuesta del presente estudio, también se encontró un aumento del nivel de Coliformes Termo tolerantes (NMP) tanto para la muestra de agua tratada obtenida de la vivienda 1 como la muestra de agua tratada obtenida de la vivienda 2. En el primer caso aumentó en 80% mientras que en el segundo caso aumentó en un 84%. Esto puede deberse a la procedencia del material granular empleado, específicamente de la arena fina la cual se obtuvo de un río el cual al ser una fuente de agua superficial está propensa a ser contaminada de diferentes

formas. Aún así los coliformes Termo tolerantes no superaron el límite máximo permisible estipulado en la normativa vigente.

Con respecto al impacto del sistema de filtración en las características fisicoquímicas, microbiológicas y parasitológicas del agua gris proveniente de la vivienda 1, hubo una disminución considerable en el contenido en los parámetros evaluados, cumpliendo el tratamiento con lo reglamentado en los ECAS aprobados por el MINAM, concluyendo que el agua gris tratada proveniente de la vivienda 1 es apta para su uso en riego de áreas verdes no restringidas. Sin embargo, con respecto al agua gris proveniente de la vivienda 2, si bien es cierto se evidenció disminución de contaminantes con el tratamiento, pero se observó que los valores de DBO y DQO no cumplen con lo reglamentado en los ECAS aprobados por el MINAM, calificándose como no apta para su uso en riego de áreas verdes no restringidas. Esta diferencia puede deberse al uso que se le dio al agua potable. Como se mencionó anteriormente, el agua gris obtenida de la vivienda 1 se obtuvo producto de actividades domésticas diarias como lavado de ropa, lavado de alimentos, lavado del servicio de cocina, aseo personal diario como el cepillado dental, enjuague de manos y baño; en cambio la vivienda 2 además de las actividades domésticas, recibe agua utilizada producto de la actividad industrial ya que dentro de la misma funciona un taller de estructuras metálicas.

En este estudio no se evaluó el impacto que tendría el sistema de filtración en la reducción del consumo de agua potable, a diferencia de Meléndez, et al (2019), Ortega (2016), Quintero, Moreno & Villegas (2015), Paucar & Iturregui (2020), Chavez & Mayhua (2019) y Saba & Trelles (2020) quienes encontraron que reutilizar aguas grises en propósitos que no requieren utilizar agua potable como lo es el riego de áreas verdes, limpieza y reutilización en inodoros, podría contribuir en un ahorro de hasta el 55% del consumo diario de agua potable.

Por último, se puede concluir que el sistema de filtración propuesto impacta considerablemente en el tratamiento de aguas grises reduciendo la cantidad de contaminantes y purificando el agua, sin embargo, este impacto dependerá del uso que se le dio al agua potable.

## VI. CONCLUSIONES

1. Con respecto a las características del sistema de filtración, este se compone del lecho de filtración que incluye capas de grava (10cm), arena gruesa (5cm) y arena fina (50cm), de una tubería de ingreso de agua gris no tratada, de una tubería de rebose, de una tubería de limpieza y de una tubería de salida de agua gris tratada. Entre los materiales empleados se empleó una tanqueta de uso industrial de 25 galones de 80cm de altura y de 40cm de diámetro, se adquirió tuberías y accesorios de PVC de 1 ½" que fueron empleados para el sistema de rebose y de limpia del tanque que deberá ser conectado al desagüe, y tuberías y accesorios de PVC de ¾" que fueron empleados para el sistema de entrada de agua gris (sin tratar) y de salida del agua gris tratada la cual se deberá conectar hacia una red de riego de áreas verdes.
2. Con respecto a la caracterización del agua gris, se evaluaron los parámetros correspondientes a Aceites y Grasas, Cloruros, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitratos, Nitritos, pH, Temperatura y coliformes Termo tolerantes. Los resultados fueron los siguientes: Para el agua gris proveniente de la vivienda 1 (Cuyo uso fue doméstico), antes de ingresar al filtro (Agua sin tratar) y a la salida del filtro (Agua tratada), el nivel de Aceites y Grasas fue 1.8mg/L y < 0.5mg/L respectivamente, en Cloruros el nivel fue 35mg Cl-/L y 31mg Cl-/L respectivamente, en Demanda Bioquímica de Oxígeno el nivel fue 46mg DBO/L y 14mg DBO/L respectivamente, en Demanda Química de Oxígeno, el nivel fue 116mg DQO/L y 35mg DQO/L respectivamente, en Nitratos el nivel fue 17.102mg N-NO<sub>3</sub> -/L y 1.004mg N-NO<sub>3</sub> -/L respectivamente, en Nitritos el nivel fue 0.024mg N-NO<sub>2</sub>-/L y 0.007mg N-NO<sub>2</sub>-/L respectivamente, en pH, el nivel fue 7.37 UpH y 6.94 UpH respectivamente y en Coliformes Termo tolerantes (NMP), el nivel fue 4.5NMP/100 mL y 23NMP/100 mL respectivamente. Para el agua gris proveniente de la vivienda 2 (Cuyo uso fue doméstico / industrial), antes de ingresar al filtro (Agua sin tratar) y a la salida del filtro (Agua tratada), el nivel de Aceites y Grasas fue 1.4mg/L y < 0.5mg/L respectivamente, en Cloruros el nivel fue 36mg Cl-/L y 33mg Cl-/L respectivamente, en Demanda Bioquímica de Oxígeno, el nivel fue 58mg DBO/L y 36mg DBO/L respectivamente, en Demanda Química de Oxígeno,

el nivel fue 145mg DQO/L y 87mg DQO/L respectivamente, en Nitratos el nivel fue 16.907mg N-NO<sub>3</sub> -/L y 5.488mg N-NO<sub>3</sub> -/L respectivamente, en Nitritos el nivel fue 0.022mg N-NO<sub>2</sub>-/L y 0.014mg N-NO<sub>2</sub>-/L respectivamente, en pH, el nivel antes de entrar al filtro fue 7.59 UpH y 6.5 UpH respectivamente, y en Coliformes Termo tolerantes (NMP), el nivel fue 7.8NMP/100 mL y 49NMP/100 mL respectivamente.

3. Con respecto al impacto del sistema de filtración en las características fisicoquímicas, microbiológicas y parasitológicas del agua gris proveniente de la vivienda 1 (Cuyo uso fue doméstico), hubo una disminución considerable en el contenido en los parámetros evaluados del agua gris tratada con respecto al agua gris sin tratar, cumpliendo el tratamiento con lo reglamentado en los ECAS aprobados por el MINAM, por lo que se puede concluir que el agua gris tratada proveniente de la vivienda 1 es apta para su uso en riego de áreas verdes no restringidas. Sin embargo, con respecto al agua gris proveniente de la vivienda 2 (cuyo uso fue doméstico – industrial), hubo disminución considerable en los parámetros evaluados lo que indica que el sistema de filtración impactó sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y parasitológicas del agua gris sin tratar, pero se observó que los valores de DBO y DQO no cumplen con lo reglamentado en los ECAS aprobados por el MINAM, por lo que se puede concluir que el agua gris tratada proveniente de la vivienda 2 no es apta para su uso en riego de áreas verdes no restringidas. El sistema de filtración propuesto impacta considerablemente en el tratamiento de aguas grises reduciendo la cantidad de contaminantes y purificando el agua, sin embargo, este impacto dependerá del uso que se le dio al agua gris antes de su disposición final.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. A los futuros investigadores y profesionales, se recomienda realizar estudios sobre tratamiento de aguas grises y reutilización para riego de áreas verdes en diferentes lugares y diferentes viviendas, dado que se ha demostrado que la eficacia del tratamiento dependerá del uso que haya tenido el agua dentro de cada vivienda.
2. A la población, se recomienda implementar en sus viviendas este sistema de filtración empleando las dimensiones determinadas en el presente estudio, y utilizar el agua tratada en el riego de sus áreas verdes dado que se ha demostrado que el sistema es capaz de tratar el agua gris doméstica y de reducir considerablemente los niveles de contaminación presentes, cumpliendo con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos por el Ministerio del Ambiente, y así mismo se logrará una disminución del consumo de agua potable dado que habrá un ahorro al dejar de utilizar agua potable en actividades que no requieren su uso como lo es el riego de áreas verdes.
3. A las autoridades competentes, se recomienda realizar campañas de incentivación al ahorro del agua, proponiendo una excelente alternativa como lo es la reutilización de las aguas grises producidas en sus respectivas viviendas, resaltando el gran beneficio económico que producirá en cada hogar y así mismo el gran beneficio ambiental.



## REFERENCIAS

1. Al-Jayyousi. (2010). Greywater reuse, towards sustainable water management. *Desalination*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916403003400/pdf?md5=9eb16a6e7776dccb9f49d13727886705&pid=1-s2.0-S0011916403003400-main.pdf>
2. Al-Zou'by, J., Alzboon, K., & Al-tabbal, J. (2017). Low-cost treatment of grey water and reuse for irrigation of home garden plants. *Environmental Engineering and Management Journal*. doi:10.30638/eemj.2017.035
3. Amaningo, G., & Santin, L. (2020). *Dotación de diseño de agua potable mediante análisis de registro de consumos, en los distritos de Sullana y Bellavista - Piura*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/69503>
4. Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Lima, Perú: Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR).
5. Azabache, Y., Rojas, K., Irigoín, S., Rodríguez, R., & Quispe, B. (2020). Propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises que disminuiría el consumo de agua potable en viviendas familiares. *Manglar*, 2(17), 169-176. doi:10.17268/manglar.2020.026
6. Brain, R., Lynch, J., & Kopp, K. (2015). Greywater systems. *Utah State University*.  
[http://extension.usu.edu/files/publications/publication/Sustainability\\_2015-01pr.pdf](http://extension.usu.edu/files/publications/publication/Sustainability_2015-01pr.pdf)
7. Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica* (1ra ed.). Editorial San Marcos.
8. Chavez, E., & Mayhua, C. (2019). *Diseño de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas pluviales para un proyecto urbano de 12 hectáreas ubicado en el distrito de Pimentel - Chiclayo - Lambayeque*. (Tesis de pregrado. Universidad San Martín de Porres).

9. CONCYTEC. (2018). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del SINACYT*. Recuperado el 20 de setiembre de 2020, de <https://portal.concytec.gob.pe>
10. Cosín, C. (2017). *Reutilización, la gran asignatura pendiente a nivel mundial*. [Blog]. <https://www.iagua.es/blogs/carlos-cosin/reutilizacion-gran-asignatura-pendiente-nivel-mundial#:~:text=El%2060%25%20es%20para%20otros,y%20arrastres%20de%20otros%20residuos.>
11. Daives, S., Garzon, B., Partelini, L., Correa, N., & Sacur, G. (2019). Reutilización de aguas grises mediante sistema tecnológico alternativo: evaluación bacteriológica de las mismas. *Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica*. doi:10.30972/eitt.503777
12. Edwin, G., Gopalsamy, P., & Muthu, N. (2014). Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review. *Appl. Water Sci*, 4, 39–49. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-013-0128-8>
13. Finley, S., Barrington, S., & Lyew, D. (2008). Reuse of domestic greywater for the irrigation of food crops. *Water Air Soil Pollut.* [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Reuse%20of%20domestic%20greywater%20for%20the%20irrigation%20of%20food%20crops&publication\\_year=2008&author=S.%20Finley&author=S.%20Barrington&author=D.%20Lyew](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Reuse%20of%20domestic%20greywater%20for%20the%20irrigation%20of%20food%20crops&publication_year=2008&author=S.%20Finley&author=S.%20Barrington&author=D.%20Lyew)
14. García, C., Carreón, J., Hernández, J., Montero, M., & Bustos, J. (2013). Actitudes, consumo de agua y sistema de tarifas del servicio de abastecimiento de agua potable. *POLIS Revista Latinoamericana*. <https://journals.openedition.org/polis/8933>
15. Hernandez, L., Temmink, H., Zeeman, G., & Buisman, C. (2010). Comparison of three systems for biological greywater treatment. *Water*, 2, 155–169. doi:10.3390/w2020155
16. Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta edición ed.). Mc Graw Hill Education.

17. Hosam, E., & Mohamed, M. (2020). A state-of-the-art-review on grey water management: a survey from 2000 to 2020s. *Water Sci Technol.* <https://iwaponline.com/wst/article/82/12/2786/78152/A-state-of-the-art-review-on-grey-water-management>
18. Kummu, M., Ward, P. D., & Varis, O. (2010). Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. *Environ. Res. Lett.* <https://scholar.google.com/scholar?q=Is%20physical%20water%20scarcity%20a%20new%20phenomenon%20Global%20assessment%20of%20water%20shortage%20over%20the%20last%20two%20millennia>
19. Lancaster, B. (2010). *Rainwater harvesting for drylands and beyond: Volume 2 water-harvesting earthwork*. Tucson, AZ: Rainsource Press.
20. Madueño, L., M., M., & Rashta, C. (2017). Tratamiento y Reuso de Aguas Grises Mediante un Filtro Lento de Arena. *REvista TECNIA*. doi:10.21754/tecnia.v28i 1.190
21. Melendez, J., Lemos, M., Dominguez, I., & Oviedo, E. (2019). Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal. *Revista UIS Ingenierías*, 223-236. doi:10.18273/revuin.v18n1-2019020
22. Ministerio de Salud. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Gobierno del Perú. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>
23. Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándar de Calidad Ambiental para agua*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
24. Mohamed, R., Al-Gheethi, A., Jackson, A., & Amir, H. (2016). Multi component filter for domestic greywater treatment in village houses. *Water Works Assoc.* <https://doi.org/10.5942/jawwa.2016.108.0103>
25. MVCS - Perú. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*.

<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>

26. Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Ministerio del Ambiente. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827#:~:text=Cada%20habitante%20en%20el%20Per%C3%BA,de%20aguas%20residuales%20al%20d%C3%ADa](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=Cada%20habitante%20en%20el%20Per%C3%BA,de%20aguas%20residuales%20al%20d%C3%ADa).
27. Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2005). *Contaminación Ambiental. Una visión desde la química*. Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A.
28. Ortega, M. (2016). *Sistema alternativo para reutilizar aguas grises en una vivienda de la ciudad de Machala*. (Tesis de maestría. Universidad de Guayaquil).
29. Oteng, M., Agbesi, M., & deVries, N. (2018). Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review. *Water Air Soil Pollut*, 229(8), 255. doi:10.1007/s11270-018-3909-8
30. Paucar, F., & Iturregui, P. (2020). Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. *South Sustainability*, e004. doi:10.21142/SS-0101-2020-004
31. Qiong, Y. (2009). Simultaneous Determination of Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) in Wastewater by Near-Infrared Spectrometry. *J. Water Resource and Protection*, 286-289. doi:10.4236/jwarp.2009.14035
32. Quintero, D., Moreno, T., & Villegas, P. (2015). Reutilización de agua en construcciones verticales. *Revista Universidad Católica de Colombia*.
33. Revitt, Eriksson, D., & Donner, E. (2011). The implications of household greywater treatment and reuse for municipal wastewater flows and micropollutant loads. *Water Research*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21167548>

34. Riffat, R. (2012). *Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering*. CRC Press: Boca Raton, Fla.
35. Saba, P., & Trelles, J. (2020). *Diseño del sistema de reciclado de aguas grises en los conjuntos habitacionales del distrito 26 de octubre, Piura-2020*. (Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo).
36. Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ing. Investig.* [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019)
37. Universidad Cesar Vallejo. (2017). *Código de ética en investigación*. Trujillo. <https://www.ucv.edu.pe/datafiles/C%C3%93DIGO%20DE%20%C3%89TICA.pdf>
38. Vigneswaran, S., & Sundaravadivel, M. (2004). *Recycle and reuse of domestic wastewater in wastewater recycle, reuse and reclamation*. Oxford: EOLSS.
39. Visbal, L., & Rozo, A. (2018). Diseño de un Sistema de Filtración Continua Arena -Carbón Activado como herramienta Didáctica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias. *Universidad de San Buenaventura*. [http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/6931/1/Dise%C3%B1o%20de%20sistema%20de%20filtraci%C3%B3n\\_Visbal%20Lineys\\_2018.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/6931/1/Dise%C3%B1o%20de%20sistema%20de%20filtraci%C3%B3n_Visbal%20Lineys_2018.pdf)
40. Zapata, J. (2018). *Eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas grises para su reutilización en el regado de áreas verdes en la IE. N°15509- Talara - Piura*. (Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo).

## ANEXO 4

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLES                       | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL                      | DIMENSIONES   | INDICADORES  | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---------------------------------|---|---|---|--|--------------------|
| Vi: Sistema de filtración       | Es un componente en donde el fluido (como el agua gris) pasa mediante un lecho poroso que es capaz de retener agentes contaminantes y/o partículas suspendidas, con la finalidad de mejorar sus propiedades fisicoquímicas (Visbal & Rozo, 2018). | Componentes del sistema de filtración       | - Dimensionamiento del filtro<br>- Construcción   | <b>Dimensionamiento del tanque:</b><br>- Dimensionamiento del tanque.<br>- Dimensionamiento del lecho filtrante<br><br><b>Construcción:</b><br>- Materiales empleados y procedimientos empleados.  | Razón              |
| Vd: Tratamiento de aguas grises | Es el tratamiento de aquellas aguas libres de materia fecal que han sido generadas producto de la limpieza, higiene, lavado, entre otros de una vivienda (Brain, Lynch, & Kopp, 2015).  | Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos | - Características Fisicoquímicas<br>- Características Microbiológicas y parasitológicas | <b>Características Fisicoquímicas</b><br>Aceites y Grasas<br>Cloruros<br>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)<br>Demanda Química de Oxígeno (DQO)<br>Nitratos<br>Nitritos<br>pH<br>Temperatura<br><br><b>Características Microbiológicas y parasitológicas</b><br>Coliformes Termo tolerantes | Razón              |

**ANEXO 5**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

| <b>PROBLEMA GENERAL</b>   | <b>OBJETIVO GENERAL</b>  | <b>HIPÓTESIS GENERAL</b>   | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>          | <b>DIMENSIONES</b>             | <b>INDICADORES</b>                              | <b>INSTRUMENTOS</b>   |   |
|---|--|--|--|--------------------------------|---|---|---|
| ¿Cómo realizar un sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021?                                    | Realizar un sistema de filtración como tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021                        | El sistema de filtración trataría las aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021  | <b>Vi: Sistema de filtración</b>       | Dimensionamiento del filtro    | Dimensionamiento del tanque                     | Fórmulas y parámetros del MVCS                              |   |
|   |  |  |  |                                | Dimensionamiento del lecho filtrante            | Fórmulas y parámetros del MVCS                              |   |
|   |  |  |  | Construcción                   | Materiales empleados y procedimientos empleados | Wincha, sierra, pegamento de PVC                            |   |
| <b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>  | <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>   | <b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>   | <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>            | <b>DIMENSIONES</b>             | <b>INDICADORES</b>                              | <b>INSTRUMENTOS</b>   |   |
| ¿Cuáles serán las características del sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del asentamiento humano Sánchez Cerro, Sullana 2021? | Determinar las características del sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021 | Las características del sistema de filtración para tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, estaría compuesta por arena fina, arena gruesa y grava. | <b>Vd: Tratamiento de aguas grises</b> | Características Fisicoquímicas | Aceites y Grasas                                | Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A. |   |
|   |  |  |  |                                |   | Cloruros  | Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A. |
|   |  |  |  |                                |   | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)                         | Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A. |

|   |   |  |  |  |   |  |
|---|---|--|--|--|---|--|
| <p>¿Cuál será la caracterización de las aguas grises sin tratar y tratadas para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021?</p>  | <p>Determinar la caracterización de las aguas grises sin tratar y tratadas para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021</p>           | <p>La caracterización de las aguas grises sin tratar y tratadas para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana demostrarían que el agua sin tratar es de mala calidad y el agua tratada sería de buena calidad.</p> |  |  | <p>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</p> | <p>Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A.</p> |
| <p>¿Cómo impacta el sistema de filtración en el tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021?</p> | <p>Determinar el impacto del sistema de filtración en el tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021</p> | <p>El sistema de filtración influiría considerablemente en el tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes en viviendas del A.H. Sánchez Cerro, Sullana 2021</p>   |  |  | <p>Nitratos</p>                         | <p>Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A.</p> |
|   |   |  |  |  | <p>Nitritos</p>                         | <p>Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A.</p> |
|   |   |  |  |  | <p>pH</p>                               | <p>Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A.</p> |
|   |   |  |  |  | <p>Temperatura</p>                      | <p>Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A.</p> |
|   |   |  |  | <p>Características Microbiológicas y parasitológicas</p> | <p>Coliformes termo tolerantes</p>      | <p>Fichas de caracterización de agua de laboratorio EQUAL S.A.</p> |



## ANEXO 6

# INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

## INFORMES DE ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGUAS GRISES DE LABORATORIO EQUAS S.A.

### INFORME DE ENSAYO N° A1304/21

**Solicitante** : JUAN CARLOS RIVERA RETO  
**Dirección** : Calle Apurímac 413 - Bellavista - Sullana - Piura  
**Procedencia** : VIVIENDA SANTA ISABEL 352 - A.H. SANCHEZ CERRO  
 Distrito: Sullana - Provincia: Sullana -  
 Departamento: Piura  
**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Doméstica  
**Fecha de Muestreo** : 21 - Septiembre - 2 021  
**Responsable del Muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
**Fecha y Hora de Recepción** : 22 - Septiembre - 2 021 / 07:29 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 22 al 29 - Septiembre - 2 021

Código Interno: L1304/21

| PARÁMETROS                       | 1304 - 1 <sup>(a)</sup>                              | 1304 - 2 <sup>(a)</sup>                              | Expresado en:           | MÉTODOS DE ENSAYO                  |
|----------------------------------|--|--|-------------------------|------------------------------------|
|                                  | M 3 <sup>(b)</sup><br>Ingreso al filtro<br>(12:40 h) | M 4 <sup>(b)</sup><br>Salida del filtro<br>(13:00 h) |                         |                                    |
| Aceites y Grasas                 | 1,4  | < 0,5  | mg/L                    | APHA 5520 D                        |
| Cloruros                         | 36   | 33   | mg Cl/L                 | APHA 4500-Cl C (*)                 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno    | 55   | 36   | mg DBO/L                | APHA 5210 B                        |
| Demanda Química de Oxígeno       | 145  | 87   | mg DQO/L                | APHA 5220 D                        |
| Nitratos                         | 16,907   | 5,486  | mg N-NO <sub>3</sub> /L | APHA 4500-NO <sub>3</sub> B        |
| Nitritos                         | 0,022  | 0,014  | mg N-NO <sub>2</sub> /L | EPA 354.1                          |
| pH                               | 7,59   | 6,50   | Unidad de pH            | APHA 4500-H <sup>+</sup> B (**)(*) |
| Temperatura                      | 20,0   | 20,2   | C°                      | APHA 2550 B (**)(*)                |
| <b>Microbiológicos</b>           |  |  |                         |                                    |
| Coliformes Termotolerantes (NMP) | 7,6  | 49   | NMP/100 mL              | APHA 9221 E (ítem 1)               |

(<sup>a</sup>) Código de Laboratorio

(<sup>b</sup>) Código del Solicitante y hora de muestreo

#### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

#### ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -

(\*\*\*) Los resultados de pH y Temperatura son referenciales, se efectuaron los análisis a solicitud del cliente.

Lima, 29 de Septiembre de 2 021.

*Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.*

*Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.*

*Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

*El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.*

## INFORME DE ENSAYO N° A1303/21

**Solicitante** : JUAN CARLOS RIVERA RETO  
**Dirección** : Calle Apurímac 413 - Bellavista - Sullana - Piura  
**Procedencia** : VIVIENDA SANTA ISABEL 511 - SULLANA - PIURA  
 Distrito: Sullana - Provincia: Sullana -  
 Departamento: Piura  
**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Doméstica  
 Fecha de Muestreo : 21 - Septiembre - 2 021  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
 Fecha y Hora de Recepción : 22 - Septiembre - 2 021 / 07:29 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 29 - Septiembre - 2 021

Código Interno: L1303/21

| PARÁMETROS                       | 1303 - 1 <sup>(*)</sup>                              | 1303 - 2 <sup>(*)</sup>                              | Expresado en:           | MÉTODOS DE ENSAYO                  |
|----------------------------------|--|--|-------------------------|------------------------------------|
|                                  | M 1 <sup>(*)</sup><br>Ingreso al filtro<br>(11:20 h) | M 2 <sup>(*)</sup><br>Salida del filtro<br>(11:50 h) |                         |                                    |
| Aceltes y Grasas                 | 1,8  | < 0,5  | mg/L                    | APHA 5520 D                        |
| Cloruros                         | 35   | 31   | mg Cl/L                 | APHA 4500-Cl C (*)                 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno    | 46   | 14   | mg DBO/L                | APHA 5210 B                        |
| Demanda Química de Oxígeno       | 116  | 35   | mg DQO/L                | APHA 5220 D                        |
| Nitratos                         | 17,102   | 1,004  | mg N-NO <sub>3</sub> /L | APHA 4500-NO <sub>3</sub> B        |
| Nitritos                         | 0,024  | 0,007  | mg N-NO <sub>2</sub> /L | EPA 354.1                          |
| pH                               | 7,37   | 6,94   | Unidad de pH            | APHA 4500-H <sup>+</sup> B (**)(*) |
| Temperatura                      | 19,5   | 19,5   | C°                      | APHA 2550 B (**)(*)                |
| <b>Microbiológicos</b>           |  |  |                         |                                    |
| Coliformes Termotolerantes (NMP) | 4,5  | 23   | NMP/100 mL              | APHA 9221 E (Ítem 1)               |

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23<sup>rd</sup> Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -**

(\*\*\*) Los resultados de pH y Temperatura son referenciales, se efectuaron los análisis a solicitud del cliente.

Lima, 29 de Septiembre de 2 021.

*Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.*

*Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.*

*Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

*El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra únicamente para los ensayos de metales, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.*

Código: F01-P.DM.04

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito - Puente Piedra, alt. del Km.28, 5 de la Pan. Norte

Revisión: 00

Teléfonos: 548-4978 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Fecha: 17-10-2 019

Página 1 de 1

## ANEXO 6

# MEMORIA DE CÁLCULO DEL FILTRO LENTO



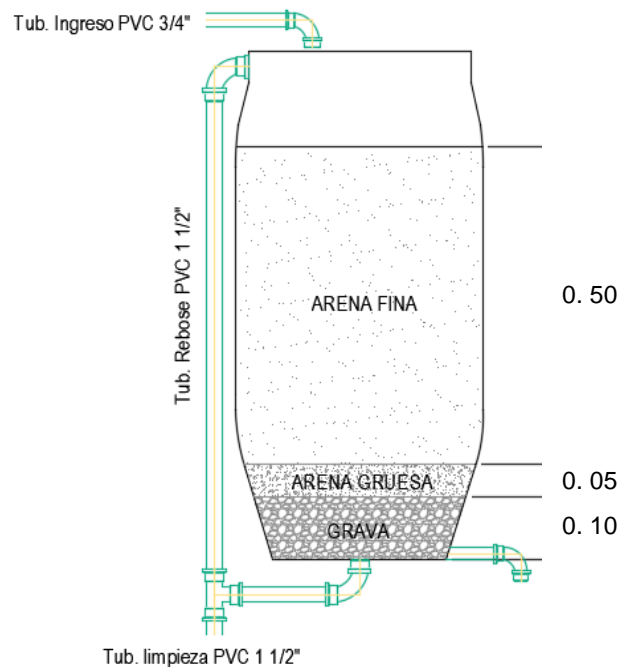
### MEMORIA DE CALCULO FILTRO LENTO

#### DATOS:

|   |                    |
|---|--------------------|
| DOTACION DE VIVIENDA (L/hab/día)            | 880                |
| NUMERO DE HABITANTES (hab)                  | 4                  |
| VOLUMEN DE AGUA GRIS (L/día)                | 580                |
| CAUDAL DE LA VIVIENDA (m <sup>3</sup> /s)   | <b>6.71296E-06</b> |
| CAUDAL DE DISEÑO (m <sup>3</sup> /h)        | 0.024166667        |
| VELOCIDAD DE FILTRACION (m/h)               | 0.20               |
| NUMERO DE UNIDADES                          | 1                  |
| ALTURA ASIGNADA DE CAPA DE ARENA FINA (m)   | 0.50               |
| ALTURA ASIGNADA DE CAPA DE ARENA GRUESA (m) | 0.05               |
| ALTURA ASIGNADA DE CAPA DE GRAVA (m)        | 0.10               |
| BORDE LIBRE (m)                             | 0.10               |

#### RESULTADOS

|                     |      |                   |
|---------------------|------|-------------------|
| AREA LECHO          | 0.12 | (m <sup>2</sup> ) |
| DIÁMETRO DEL FILTRO | 0.39 | m Usar: 0.40m     |
| ALTURA UTIL TOTAL   | 0.65 | DEL FILTRO (m)    |



## ANEXO 8

### PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Demostración de los accesorios a utilizar en el proyecto de filtración.



Fotografía 2. Realización del agujero. Donde se recibirá el agua después del filtrado. Agujero de ½" de diámetro.





Fotografía 3. Realización del agujero en la parte inferior del cilindro. Agujero de 2" para tubería de rebose de agua excedente.



Fotografía 4. Culminación y demostración de agujero con la tubería colocada de 2" de diámetro. Parte inferior.



Fotografía 5. Instalación y armado de los diferentes accesorios para la realización del filtrado.



Fotografía 6. Culminación de armado de los diferentes accesorios utilizados en el filtrado de las aguas.



Fotografía 7. Presentación del cilindro donde se va a llevar a cabo el filtrado del agua, con sus accesorios respectivos a utilizar.



Fotografía 8. Llenado de la arena gruesa en el cilindro para realizar el filtrado de las aguas grises. E: 0.10 cm.





Fotografía 9. Demostración de los diferentes envases donde se almacenará las aguas grises para enviarlas al laboratorio.



Fotografía 10. Envase y medida donde se recolectará el agua ya filtrada.





Fotografía 11. Demostración del agua, antes (lado izquierdo) del agua gris de pasar al filtrado. Lado derecho agua después del filtrado. Calle Sta. Isabel 352 AAHH. Sánchez cerro, Sullana.



Fotografía 12. Demostración del agua gris antes (lado izquierdo). Calle santa Isabel 511 Sánchez cerro, Sullana. Lado derecho agua después del filtrado.



Fotografía 13. Demostración de las aguas residuales. Un antes y un después del filtrado.



Fotografía 14. Personal de laboratorio aplicando ácido sulfúrico a los envases indicados para presévalos durante su viaje al laboratorio.



Fotografía 15. Codificación de los nombres en los envases plásticos enviados al laboratorio.



Fotografía 16. Llenado de los envases plásticos, de gua gris para ser enviados al laboratorio.





Fotografía 17. Utilización del ácido sulfúrico a los envases de vidrio indicados por el laboratorio para conservación de la muestra de agua.



Fotografía 18. Indicación de recipientes de vidrio donde se colocará el ácido sulfúrico, destinados por el laboratorio.



Fotografía 19. Colocación de los diferentes envases en un cooler para ser enviados al laboratorio.



Fotografía 20. Método de recolección de aguas grises de lavadora para realizar el filtrado – Vivienda 1 Santa Isabel #511.



Fotografía 21. Recolección de agua de lavado de dientes. – Vivienda 1 Santa Isabel #511.



Fotografía 22. Método de recolección de agua utilizada en la ducha para la realización del filtrado – Vivienda 1 Santa Isabel #511.



Fotografía 23. Método de recolección de agua del lavador de cocina, en todos los tres casos se afloja el registro de las trampas de 2" que están instalados en los diferentes accesorios – Vivienda 1 Santa Isabel #511.



Fotografía 24. Recolección de aguas grises provenientes de actividades de cocina, – Vivienda 2 Santa Isabel #352.





Fotografía 25. Recolección de aguas grises provenientes del lavado de ropa, –  
Vivienda 2 Santa Isabel #352.



Fotografía 26. Lavado de ropa, – Vivienda 2 Santa Isabel #352.





Fotografía 27. Recolección y almacenamiento de aguas grises – Vivienda 2 Santa Isabel #352.