



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

SISTEMA DE CUENCAS CON MULCH PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES EN LA OBRA DE MEJORAMIENTO DE LA AV. NICOLÁS ARRIOLA - LA
VICTORIA

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Gestión ambiental

Autora

Quispe Pulido, Andrea Elizabeth

Asesor

Castañeda Pérez, Luz Genara
(ORCID: 0000-0001-6684-8205)

Jurado

Alva Velásquez, Miguel
Zamora Talaverano Noe Sabino
Guillen Leon, Rogelia

Lima - Perú

2022

Referencia:

Quispe, A. (2022) Sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria [Tesis de maestría en la Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6423>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**SISTEMA DE CUENCAS CON MULCH PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES EN LA OBRA DE MEJORAMIENTO DE LA AV. NICOLÁS ARRIOLA - LA
VICTORIA**

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el grado académico de

Maestro en Gestión ambiental

Autor

Quispe Pulido, Andrea Elizabeth

Asesor:

Castañeda Pérez, Luz Genara
(ORCID: 0000-0001-6684-8205)

Jurado:

Alva Velásquez, Miguel
Zamora Talaverano Noe Sabino
Guillen Leon, Rogelia

Lima- Perú

2022

“Si a alguno de vosotros le falta sabiduría, pídale a Dios, el cual da a todos abundantemente y sin menospreciar a nadie. Pero pida con fe, sin dudar; porque quien duda es semejante a la ola del mar, que es arrastrada por el viento y echada de una parte a otra” Santiago 1: 5-6

Dedicatoria

Doy gracias a Dios por darme la sabiduría y fuerza para nunca darme por vencido en cada proyecto, a mis padres Walter y Elisa por ser mi ejemplo de lucha constante y a mis hijas por ser mi motivación de superación constante.

Agradecimiento

A la Dra. Luz Castañeda Pérez por su asesoría y motivación para la culminación de la Tesis.

ÍNDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I.INTRODUCCION	10
1.1. Planteamiento del problema	11
1.2. Descripción del problema	11
1.3. Formulación del problema	12
1.3.1. Formulación del problema general.....	12
1.3.2. Formulación de los problemas específicos	12
1.4. Antecedentes	13
1.4.1. Antecedentes internacionales	13
1.4.2. Antecedentes nacionales	15
1.5. Justificación de la investigación	18
1.6. Limitaciones de la investigación	19
1.7. Objetivo de la investigación	19
1.7.1. Objetivo general.....	19
1.7.2. Objetivos específicos	19
1.8. Hipótesis	20
1.8.1. Hipótesis general.....	20
1.8.2. Hipótesis específicas	20
II.MARCO TEORICO	21
2.1. Marco conceptual	21
Aguas grises.....	21
Caracterización de aguas grises	22
Proceso de remoción de contaminantes.	24
Cuencas de mulch	25

2.2. Marco legal	27
III.METODO	30
3.1. Tipo de investigación	30
3.2. Población y muestra	30
3.3. Operacionalización de Variables	30
3.4. Instrumentos	32
3.5. Procedimiento	33
3.5.1. Implementación del sistema de cuencas con mulch y caracterización del agua	33
3.5.2. Análisis de la eficiencia de remoción de contaminantes.....	38
3.5.3. Análisis de beneficios económico-ambientales	39
3.6. Análisis de datos	40
3.6.1. Etapa inicial de gabinete y campo	40
3.6.2. Etapa Final de gabinete.....	40
3.7. Consideraciones éticas	40
IV.RESULTADOS	41
4.1. Implementación del sistema de cuencas con mulch y caracterización del agua	41
4.2. Análisis de la eficiencia de remoción de contaminantes	48
4.3. Análisis de beneficios económico y ambientales	54
V.DISCUSION DE RESULTADOS	59
5.1. Caracterización de las aguas grises	59
5.2. Eficiencia de remoción de contaminantes	60
5.3. Análisis de beneficios económicos y ambientales	61
VI.CONCLUSIONES	63
VII.RECOMENDACIONES	64
VIII.REFERENCIAS	65
IX.ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cubierta de salida para riego bajo y cuenca Mulch.....	25
Figura 2 Cuenca de mulch lista para ser llenada con virutas de madera	26
Figura 3 Cuenca Mulch y relleno de drenaje de agua.....	26
Figura 4 Condiciones iniciales del área del proyecto	42
Figura 5 Construcción de cuencas para cada árbol.....	43
Figura 6 Instalación de sistema de riego.....	44
Figura 7 Prueba de funcionamiento de tuberías de riego.....	45
Figura 8 Colocación de viruta de madera en cada cuenca	46
Figura 9 Sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises	46
Figura 10 Toma de muestras del reservorio de agua de aguas grises	47
Figura 11 Resultados temperatura	49
Figura 12 Resultados de pH	49
Figura 13 Resultados de conductividad	50
Figura 14 Resultados de solidos suspendidos totales (SST).....	50
Figura 15 Resultados de oxígeno disuelto (OD).....	51
Figura 16 Resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	52
Figura 17 Resultados de demanda química de oxígeno (DQO)	52
Figura 18 Resultados de detergentes (S.A.A.M.)	53
Figura 19 Resultados de coliformes termotolerantes.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mecanismos de remoción de los contaminantes	24
Tabla 2 Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3	28
Tabla 3 Recomendaciones sobre la calidad microbiológica para agua residual tratada para uso en agricultura	29
Tabla 4 Variable Independiente y Dependiente	31
Tabla 5 Materiales para el bombeo y riego.....	32
Tabla 6 Materiales para las cuencas con mulch.....	32
Tabla 7 Otros materiales y equipos.....	33
Tabla 8 Tipo de suelo usando la “prueba de tacto”	34
Tabla 9 Tipos de suelo y áreas de infiltración	35
Tabla 10 Parámetros de evaluación en la caracterización de las aguas grises.....	37
Tabla 11 Calidad del agua requerida para reúso en agricultura.....	38
Tabla 12 Especies arbóreas y arbustivas inventariadas	41
Tabla 13 Cálculo de área para distribución de cuencas con mulch	42
Tabla 14 Resultado de la caracterización inicial de las aguas grises.....	48
Tabla 15 Costos del manejo de efluentes y mantenimiento de áreas verdes	55
Tabla 16 Costos de implementación de la investigación – Inversión.....	55
Tabla 17 Costos mensuales de mantenimiento del proyecto	56
Tabla 18 Análisis de rentabilidad de la propuesta	57
Tabla 19 Análisis Cualitativo de Costo-Beneficio del Proyecto de investigación	58
Tabla 20 Características de las aguas grises	59
Tabla 21 Porcentaje de remoción de las aguas grises en biofiltros.....	60
Tabla 21 Periodo de retorno en diferentes investigaciones	61

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo implementar el sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria, con la finalidad de aprovechar las aguas grises tratadas en el riego de áreas verdes y contribuir a una gestión ambiental sostenible en la obra. Para esta investigación se realizó la caracterización inicial de las aguas grises provenientes de las duchas y lavamanos del campamento, luego determinar la eficiencia del sistema de tratamiento y el beneficio económico – ambiental de la investigación. Los resultados muestran una eficiente remoción de contaminantes, obteniéndose: sólidos suspendidos totales (107.4 mg/L) con remoción de 897%, demanda bioquímica de oxígeno (160.8 mg/L) con remoción de 91.7%, detergentes (2 mg/L) con remoción de 97.5%, coliformes termotolerantes (1400 NMP/100ml) con remoción de 35.7% y huevos helmintos (1 huevo/L), cumpliendo con los estándares de calidad de agua para reúso en riego de áreas verdes. Se concluye que la propuesta es viable y ahorrara S/. 12,800, respecto a los costos que se emplearían en el mantenimiento de áreas verdes y la contratación de una empresa operadora para la disposición de efluentes, Asimismo, se obtendría beneficios ambientales como la sobrevivencia de árboles trasladados y mejoramiento de la belleza paisajística. Por lo tanto, la implementación del sistema de cuencas con mulch demuestra su efectividad en la reutilización de aguas grises de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolas Arriola.

Palabras clave: cuencas con mulch, aguas grises, tratamiento de agua, reúso de aguas grises, costo-beneficio

ABSTRACT

The objective of this research was to implement the system of basins with mulch for the treatment of graywater in the improvement work of Nicolás Arriola Avenue - La Victoria, in order to take advantage of the treated graywater in the irrigation of green areas and contribute to sustainable environmental management in the work. The research is quantitative of experimental type, for this research the initial characterization of the graywater from the showers and sinks of the camp was carried out, then to determine the efficiency of the treatment system and the economic - environmental benefit of the research. The results show an efficient removal of contaminants, obtaining: Total suspended solids (107.4 mg/L) with a removal of 89.7%, Biochemical oxygen demand (160.8 mg/L) with a removal of 91.7%, Detergents (2 mg/L) with a removal of 97.5%, Thermotolerant coliforms (1400 NMP/100ml) with a removal of 35.7% and helminth eggs (1 egg/L), complying with the water quality standards for reuse in irrigation of green areas. It is concluded that the proposal is viable and will save S/. 12,800, with respect to the costs that would be used in the maintenance of green areas and the contracting of an operating company for the disposal of effluents. Therefore, the implementation of the mulch basin system demonstrates its effectiveness in the reuse of graywater from the Nicolas Arriola Avenue improvement project.

Keywords: mulched basins, gray water, water treatment, reuse of gray water, cost-benefit.

I. INTRODUCCION

A nivel mundial la disponibilidad del agua se convierte en un problema actual y complejo, como consecuencia del excesivo consumo humano, el desarrollo económico, cuyo recurso podría empeorar producto del cambio climático (Meléndez et al. (2019).

En este sentido, el reúso de grises se convierte en una alternativa que puede generar ahorros en el consumo de agua y servir como una fuente adicional de abastecimiento. Las aguas grises son aquellas provenientes de diversas actividades como lavaderos, duchas, lavadoras, etc., las cuales representan un flujo importante de agua en cada domicilio. Las cuales presentan mayor potencial de reutilización debido a su menor contaminación, mayor facilidad de tratamiento y menor riesgo asociado a su reutilización (Allen, 2015). Asimismo, se promueve la conservación de fuentes naturales y reduce la cantidad de efluentes vertidos a los cuerpos de agua, reduciendo costos frente al uso del agua potable

En la actualidad existen diversos sistemas de tratamiento de aguas grises provenientes de uso doméstico estos van desde primarios ya que mejoran las características físicas, y también están los terciarios que permiten el reúso de estas aguas a actividades que desarrolla el hombre entre otros tratamientos, los más conocidos son los humedales artificiales (Peñaherrera & Altamirano, 2020). Sin embargo, existen otras alternativas no muy exploradas como las cuencas mulch como alternativa para el tratamiento de las aguas grises.

Por tal motivo, en la presente investigación se evaluó la eficiencia de remoción de contaminantes de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y beneficios económicos – ambientales de la implementación del sistema de cuencas con mulch en el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolas Arriola, a fin de de aprovechar las aguas grises tratadas en el riego de áreas verdes, contribuir a la preservación del agua y a disminuir la demanda de agua potable.

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente existe la necesidad de reutilizar las aguas grises en obras de infraestructura y proyectos en general, esto sustentado en la problemática ambiental actual y como alternativa que puede generar ahorros en el consumo de agua y servir como una fuente adicional de abastecimiento. Sin embargo, se deben instalar sistemas de tratamiento para poder reutilizar el agua.

Existen diferentes métodos y formas de realizar el tratamiento de aguas residuales, los cuales son implementados según el grado de contaminación que se presente. Uno de los tratamientos primarios utilizados es la filtración, la cual consiste en pasar las aguas grises a través de diferentes capas de materiales, las cuales se encargan de retener los contaminantes no deseados, dando como resultado agua tratada con mejores características fisicoquímicas y/o microbiológicas que la inicial (Díaz y Quispe, 2021).

La obra de mejoramiento de pistas, veredas y restauración de puentes vehiculares de la avenida Nicolás Arriola, tramo “Av. Javier Prado – Av. Nicolás de Ayllón, cuenta con un campamento, dentro de sus instalaciones cuenta con duchas y lavamanos, generando a diario aguas grises que son vertidas y almacenadas en tanques de almacenamiento para su posterior disposición final como efluente residual. En este sentido, era necesario encontrar soluciones que permitan obtener una mayor ecoeficiencia del uso del agua, como la reutilización previo tratamiento de las aguas grises, provenientes de las duchas y lavamanos para el riego de áreas verdes, uso en inodoros, limpieza de veredas, limpieza de maquinarias, entre otros. De esta manera contribuir en la mejora de la calidad ambiental, fomentar áreas verdes y contribuir al ahorro económico.

En la presente investigación se implementan las cuencas con mulch como alternativa de tratamiento de aguas grises poco investigado, siendo una cuenca de mulch (acolchado o mantillo) un área sumergida en el jardín, rellena de mulch (virutas de madera, paja u otro material orgánico). El cual está diseñada para absorber y filtrar las aguas grises en el suelo y prevenir estancamientos o escorrentías (Allen, 2015).

1.2. Descripción del problema

Los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación. Unos 2 millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras, incluyendo residuos industriales y químicos, vertidos humanos y desechos agrícolas (fertilizantes, pesticidas y residuos

de pesticidas). Aunque los datos confiables sobre la extensión y gravedad de la contaminación son incompletos, se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1.500 km³. Asumiendo que un litro de aguas residuales contamina 8 litros de agua dulce, la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12.000 km³. Como siempre, las poblaciones más pobres resultan las más afectadas, con un 50% de la población de los países en desarrollo expuesta a fuentes de agua contaminadas (UNESCO, 2003).

En el Perú, las aguas grises se vierten al alcantarillado y se mezclan con las aguas residuales, hasta fines de 2013, el 82,6% de la población urbana vertió sus aguas residuales a una red de alcantarillado, de los cuales sólo el 32% (259 MMC) ingresaron a sistemas de tratamiento de aguas residuales muchos de los cuales con deficiencias operativas y de mantenimiento, y el resto (549 MMC) se descargó directamente a un cuerpo de agua (mar, ríos o lagos), contaminando de esta manera los cuerpos de agua superficial que se usan para la agricultura, pesca, recreación e incluso para el abastecimiento de agua potable (Vergara, 2014).

Por tal motivo, en la presente investigación se implementará el sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria, a fin de contribuir en la mejora de la calidad de las aguas grises y fomentar la ecoeficiencia del agua.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Formulación del problema general

¿Cómo el sistema de cuencas con mulch influye en el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria?

1.3.2. Formulación de los problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físico, químico y microbiológico de aguas grises de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria?
- ¿Cómo el sistema de cuencas con mulch influye en la remoción de contaminantes de aguas grises generados en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria?

- ¿De qué manera el sistema de cuencas con mulch influye en el beneficio económico-ambiental de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes internacionales

Díaz et al. (2021) en su investigación “Metodología para la reutilización de aguas grises en viviendas ubicadas en áreas de estrés hídrico y estrés hídrico extremo - Caracterización, calidad y opciones de tratamiento para su reúso en Chile”, tuvo como objetivo establecer una metodología para la reutilización de aguas grises en viviendas uni y multifamiliares a nivel país, sobre todo si aún no se cuenta a la fecha con un reglamento o estándar específico de reúso procurando considerar sistemas de bajo costo de implementación, operación, fácil construcción y mantención mínima. El agua gris se presenta como una atractiva oportunidad para aumentar la disponibilidad hídrica, esta es agua residual que excluye las aguas negras, se puede tratar y reutilizar en riego y descarga de inodoros. Este estudio plantea una metodología de selección de sistemas de tratamiento para viviendas en zonas de escasez. Partiendo con la clasificación de tecnologías comúnmente utilizadas, su eficiencia en depuración, características y calidad de afluentes y efluentes respectivamente, obteniendo los porcentajes de consumos diarios de agua gris, y una matriz de selección de para viviendas uni y multifamiliares.

Meléndez et al. (2019) realizó la investigación “Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal”, tuvo como objetivo diseñar y evaluar financieramente un sistema hidrosanitario con reutilización de aguas grises (AG), en un edificio multifamiliar, considerando la aceptación de los usuarios y los sistemas de tratamiento del AG para cumplir con los estándares de calidad para reúso. Los potenciales usuarios aceptaron el reúso de AG provenientes de la ducha, lavamanos y bidé, en la descarga de inodoros y riego de jardines. El sistema propuesto incluye el tratamiento del AG con reactores biológicos de membrana (MBR). Se presentó un periodo de retorno de 24 años y un valor presente neto de 14.775,18 USD, con lo que se demuestra la viabilidad del sistema y se logra una reducción anual en el consumo de agua del 33 % (i. e. 3.351,92 m³) y se contribuye al uso eficiente del recurso en el ámbito urbano.

Ardila (2013) en la investigación “Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas”, tuvo como objetivo desarrollar de un sistema de recolección,

almacenamiento, tratamiento y reutilización de las aguas grises para aplicaciones a nivel doméstico como inodoros, lavadoras, riego de jardines, zonas verdes y limpieza en general de los espacios residenciales. La metodología que empleó consistió, primero en tomar como base las estadísticas existentes respecto al consumo de agua potable promedio en Bogotá, luego una caracterización de aguas grises con la evaluación de los parámetros (pH, alcalinidad, dureza, turbiedad, sólidos totales, suspendidos y sedimentables, DQO, aceites y grasas, entre otros) y la última etapa, de pretratamiento y tratamiento, donde se hizo los procesos de desbaste, cribado y tamizado para controlar y minimizar al máximo las características o parámetros físicos de importancia del agua tales como la turbidez, obteniendo como resultado el análisis detallado de cada parámetro en las aguas recolectadas y un costo de inversión de \$395 millones inicial y \$19 millones anual en el sistema de tratamiento propuesto, concluyendo que la caracterización en las aguas grises recolectadas varían de acuerdo a las fuentes de abastecimiento, conjuntos residenciales y costumbres familiares, la implementación del sistema propuesto está ligado a la obtención de los permisos ambientales correspondientes, ya que no existe normativa al respecto y la principal limitante podría ser la disponibilidad de redes hidráulicas y sanitarias y del espacio dentro de los edificios residenciales para la implementación de una planta de tratamiento.

Niño y Martínez (2013) en su tesis titulada “Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá”, tuvo como finalidad identificar los posibles usos residenciales de las aguas grises crudas domésticas y los tratamientos a los que se pueden someter para potencializar su aprovechamiento en viviendas de tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá, mediante la selección estratégica de tres viviendas de estratos socioeconómicos 1, 3 y 5 de la ciudad de Bogotá, recolección de agua gris doméstica, dos días por semana (día de semana y día de fin de semana) en una campaña y el análisis en laboratorio, teniendo como resultado un volumen del consumo de agua de 415.07 L/día, 390.11 L/día y 361.28 L/día, en los estratos 1, 3 y 5 respectivamente y los análisis mostraron alta presencia de Aluminio, Arsénico, Cromo, Molibdeno, Fósforo Total, Sólidos Totales, entre otros, por encima del rango en todos los estratos y DBO₅, DQO, surfactantes aniónicos, entre otros, por encima del rango en el estrato 1. Concluyéndose que los valores de concentración para los diferentes parámetros de calidad, como son metales, pH y conductividad son parecidos en los tres estratos y similares a los valores de referencia de aguas grises en diferentes partes del mundo. Esto significa que las implicaciones tecnológicas y económicas para su tratamiento son similares a las de la literatura técnica.

Mendoza et al. (2011) realizó la investigación titulada “la cobertura natural como reguladora del agua residual del suelo en tiempos de sequía” se tuvo como objetivo mitigar los efectos de la sequía mediante el uso de coberturas naturales en el suelo y evitar o reducir la pérdida de su productividad. En este estudio se escogió un campo de yuca, para probar dos tipos de cobertura: viva (vegetación espontánea) y muerta (mulch). El mulch se confeccionó con plantas simples de arrocillo (*Echinochloa crusgalli*). Se llevó el registro de las precipitaciones, la dinámica de la humedad con las coberturas, se calculó el índice de calidad inicial y final del suelo y los rendimientos, así como la altura de las plantas a los 8 meses de la siembra. Se concluyó que el mulch es una excelente opción para mantener alta el agua residual, elevar los rendimientos y mejorar la fertilidad del suelo y con ello la calidad y su capacidad productiva, mientras que la vegetación espontánea no es recomendable dejarla entre plantas porque afecta sustancialmente el rendimiento.

1.4.2. Antecedentes nacionales

Díaz y Quispe (2021) en su investigación titulada “Determinación de la eficiencia de un filtro lento para tratamiento de aguas grises de lavadora y su reutilización en riego y fines domésticos” tuvo como objetivo determinar la eficiencia en el tratamiento de DBO₅, DQO y detergentes en aguas grises provenientes de lavadoras utilizadas en viviendas, para posteriormente, ser empleadas en riego y fines domésticos. Se realizó la captación del agua gris de la lavadora en un tanque de 120 litros por cada día, el agua gris colectada a fue pasada independiente por el filtro lento (tratamiento). En donde, el DBO₅, DQO y detergentes fueron medidos antes y después del tratamiento en el periodo de funcionamiento en los días 7, 14, 21 y 28. Los resultados mostraron una eficiencia de remoción del 99.31%, 98.74% y 99.04% para DBO₅, DQO, y detergentes, respectivamente. Además, los resultados obtenidos para los parámetros mostraron valores debajo del ECA Agua nacional.

Azabache et al. (2020) en su artículo de investigación “Propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises que disminuiría el consumo de agua potable en viviendas familiares”, tuvo como objetivo 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 realizaron análisis físico químico de las muestras de aguas grises y poder determinar la eficiencia del sistema propuesto. Las concentraciones iniciales de los parámetros fueron: pH (7,54), sólidos totales disueltos (721 mg/ L), color (500 UPC), nitratos

(0,17 mg/ L), Demanda Bioquímica de Oxígeno (90 mg/ L), Demanda Química de Oxígeno (112 mg/ L). Con el diseño hidráulico realizado, se logra disminuir 10 litros diarios en el consumo de agua potable; siendo las concentraciones finales pH (7,05), sólidos totales disueltos (412 mg/ L), color (200 UPC), nitratos (0,05 mg/ L), Demanda Bioquímica de Oxígeno (30 mg/ L), Demanda Química de Oxígeno (42 mg/ L); lo que indica eficiencia en la remoción de: sólidos totales disueltos 52,68%; color 60%; nitratos 70,59%; DBO 66,67%; DQO 62,50%. La evaluación del sistema realizado demuestra que si tiene efecto en la reutilización de aguas grises en vivienda familiar.

Quispe y Casimiro (2019) en su artículo de investigación “Evaluación de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la localidad de Carapongo, Lurigancho-Chosica”, evaluaron la eficiencia entre dos sistemas pilotos de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales mediante el análisis de los parámetros físico - químico y microbiológico con la finalidad de brindar un aporte en el tratamiento y reaprovechamiento del agua residual para fines de riego de cultivos y mitigar la contaminación en los canales de regadío y como consiguiente en el río Rímac. Para ello, se implementaron dos biofiltros de características similares, Los resultados obtenidos de los parámetros Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), nitrato (NO-3), nitrito (NO-2), fosfatos (PO4-3) y Coliformes Termotolerantes (CT) fueron registrados durante dos meses, llegando a las siguientes conclusiones, el SB1 fue más eficiente en la remoción de SST, DBO5 y CT con valores de 95.71%, 91.55% y 99.87%, respectivamente. En tanto, el SB2 mostró valores de 90.33%, 91.23% y 97.28%, respectivamente. Por otro lado, el SB2 presentó una mayor remoción de PO4-3 con un valor de 94.5% frente al 92.23% en el SB1.

Rodas (2019) realizo la investigación “Impacto de la reutilización del agua gris en la sostenibilidad del agua potable de la ciudad de Huancayo, 2017” donde tuvo como objetivo evaluar el impacto de la reutilización del agua gris en la sostenibilidad del agua potable en la ciudad de Huancayo, para ello se realizó la medición del volumen mensual de agua gris y agua negra doméstica producida en 104 viviendas del distrito, para así analizar la sostenibilidad tanto económica, social y ambiental de la reutilización de las aguas grises en inodoros; el método usado en la investigación fue el método experimental y como resultados se obtuvo que, el impacto de la reutilización de aguas grises en la sostenibilidad económica del agua potable fue negativa debido a que el indicador de rentabilidad VAN resultó - S/ 26,008,992 soles, en cuanto a la sostenibilidad social el impacto fue positivo por el incremento de beneficiarios de agua potable al final del horizonte de análisis en 1982 viviendas, que equivale a 8166 habitantes nuevos con acceso al

servicio del agua potable y en la sostenibilidad ambiental también el impacto es positivo porque se daría una reducción de 23.31 % de agua residual vertido al río Mantaro. Concluyéndose así que, el impacto de la reutilización de agua gris en la sostenibilidad del agua potable es negativo al no cumplirse los tres aspectos ya mencionados.

Madueño et al. (2018) en su artículo de investigación titulado “Tratamiento y reúso de aguas grises mediante un filtro lento de arena” tuvo como objetivo la reutilización de las aguas grises obtenidas de los lavaderos ubicados fuera de los servicios higiénicos, mediante la implementación de un sistema (tanque de captación, tanque de sedimentación, tanque de filtración y tanque de almacenamiento para su posterior distribución para el riego). Los tipos de riego implementados fueron del tipo por goteo y por gravedad ahorrándose mensualmente 10.8 m³ y 22.8 m³ de agua potable, obteniendo como resultados la reutilización de 600L, reducción de 180NTU a 5NTU de turbidez y un eficiente sistema de riego concluyendo que el sistema propuesto logró un funcionamiento eficiente y redujo de 180NTU a 5NTU la turbiedad.

Loza (2017) en su tesis titulada “Diseño de un sistema de reciclado de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en una vivienda multifamiliar de doce pisos en la ciudad de Tacna”, tuvo como objetivo diseñar una vivienda multifamiliar aprovechando al máximo los recursos naturales utilizando un sistema que logre minimizar el gasto indiscriminado de agua potable en actividades y tareas que no requieran tal calidad de agua en la ciudad de Tacna. La metodología consistió en captar agua gris de las duchas, lavadoras y lavamanos para su tratado y redistribución a los tanques inodoros, puntos para limpieza de pisos y riego de áreas verdes, mediante procesos primarios, secundarios, con tecnologías anaeróbicas de filtros y procesos terciarios desinfección por cloro y floculantes. Finalmente se concluyó que el diseño de la planta de tratamiento de aguas grises propuesto, cumple con los parámetros de los estándares de calidad ambiental (ECA), categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría: agua para riego restringido dado por el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, guiado por las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Baca (2018) en la tesis titulada “Sistema de Tratamiento compacto de efluentes domésticos para reúso en el riego de áreas verdes y jardines”, tuvo como finalidad proponer un sistema de tratamiento para los efluentes domésticos generados en las viviendas que permita su reúso en el riego de las áreas verdes y jardines de las propias viviendas, residencias u otras unidades, lo cual la metodología que se empleó se centró en la adecuación de los efluentes domésticos con el fin

de reutilizarlos en el riego de áreas verdes y jardines ,mediante un sistema de tratamiento compacto basado en la tecnología de los lodos activados del tipo secuencias , concluyendo que las características del efluente domestico tratado mediante el sistema de tratamiento compacto de lodos Activado de tipo SBR se encuentra dentro de las exigencias del ECA de clase III de agua de riego.

Valera (2017) en su tesis titulado “Tratamiento de aguas grises para reutilizar en servicios higiénicos de una vivienda Multifamiliar del edificio Canto Bello en San Juan de Lurigancho”, tuvo como objetivo analizar el tratamiento de aguas grises para reutilizar en servicios higiénicos de una vivienda Multifamiliar del edificio Canto Bello en San Juan de Lurigancho, para lo cual se diseñó una trampa de grasa, deposito acumulador y tanque séptico. Se concluye que el tratamiento de las aguas grises disminuye su nivel de contaminación física en aproximadamente un 50%, en los parámetros de dureza, turbiedad y sólidos.

1.5. Justificación de la investigación

El sistema de cuencas con mulch es un método alternativo no convencional para el tratamiento de aguas grises, que no requiere de elevados costos de operación y mantenimiento; asimismo, reduce una amplia gama de compuestos contaminantes mediante un proceso físico y biológico. De esta manera, la relevancia de la presente investigación se justifica en que contribuye de forma natural al tratamiento de aguas grises y al mantenimiento y recuperación de especies arbustivas y arbóreas que fueron trasladadas de otras progresivas de la Av. Arriola; además, dicho sistema fomentará la ecoeficiencia del agua, el cual se realizará mediante la implementación del sistema de cuencas con mulch, para el reúso y aprovechamiento aguas grises en el riego de árboles y arbustos, las que reducirán los gastos del uso de agua en la actividad mencionada.

Asimismo, es importante resaltar que, actualmente en el Perú no se han realizado investigaciones a detalle respecto a la implementación de cuencas con mulch para el aprovechamiento de aguas grises, de tal manera que permita contribuir al reciclaje del agua.

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo implementar el sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria, con la finalidad de contribuir en el beneficio económico-ambiental de la citada obra; y contar con una herramienta de gestión ambiental dirigida a la ejecución de obras de construcción

en general a nivel nacional y de otros proyectos que impliquen generación de aguas grises y al mantenimiento y recuperación de áreas verdes.

1.6. Limitaciones de la investigación

En la presente investigación se implementa el sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria, con la finalidad de reaprovecharlo en el riego de áreas verdes dentro de las instalaciones, sin embargo, dentro de la normativa peruana no se cuenta con regulación sanitaria para reúso de aguas grises que permita la instalación de sistemas de aguas grises de bajo costo. Asimismo, no se tiene reglamentado estándares de calidad de agua para reúso de aguas grises en el riego de árboles mediante riego por goteo. En este sentido se ha considerado como referencia los valores de la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (Agua para riego no restringido) del estándar de calidad de agua (ECA-Agua), es decir aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares) y cultivos de árboles frutales con sistema de riego por aspersión, en función de estos valores se realizaron las comparaciones para cumplimiento de la calidad del agua y su posterior reúso en el riego de árboles trasladados.

1.7. Objetivo de la investigación

1.7.1. Objetivo general

- Implementar el sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria

1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización preliminar de las aguas grises de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria, a fin de determinar sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes en las aguas grises luego del tratamiento en el sistema de cuencas con mulch. en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria

- Determinar el beneficio económico- ambiental del sistema de cuencas con mulch implementado para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

- La implementación del sistema de cuencas con mulch influye favorablemente en el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria.

1.8.2. Hipótesis específicas

- La caracterización de las aguas grises de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria, permite determinar sus parámetros físico, químico y microbiológico.
- El sistema de cuencas con mulch influye favorablemente en la remoción de contaminantes de aguas grises generados en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria.
- El sistema de cuencas con mulch influye favorablemente en el beneficio económico-ambiental de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria.

II. MARCO TEORICO

2.1. Marco conceptual

Aguas grises

Las aguas grises se definen como las aguas residuales urbanas, generadas por las duchas, lavamanos, lavaplatos, lavadoras y lavaderos, estas representan la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas, ya que representan entre el 50 y 80% del uso total de agua. Es un agua que a primera vista puede resultar inservible, y que sin embargo su reutilización puede conseguir el ahorro de entre un 30% y un 45% de agua potable; protege las reservas de agua subterránea y reduce la carga de las aguas residuales (Gallo, 2015).

Asimismo, son consideradas aguas residuales con un ligero uso, y estas aguas después de su uso llegan a tener jabón, cabello, suciedad o bacterias. Sin embargo, estas aguas logran estar suficientemente limpias para regar las plantas y dar otros posibles usos donde no se requiera agua de calidad potable. Las aguas que no deben ser consideradas como aguas grises son las que salen del inodoro, así mismo como el agua proveniente del lavado de pañales (Allen, 2015).

Son un recurso que, una vez recicladas, puede sustituir el agua de consumo humano en algunos usos comunes como: recarga de cisternas de inodoro, riego de jardines, limpieza de pavimentos etc., en construcciones como: viviendas, hoteles, polideportivos, edificios Industriales. Se definen como aguas grises, las aguas residuales que proceden de duchas, bañeras y lavamanos, éstas presentan un bajo contenido en materia fecal. Si bien las aguas de cocinas y lavadoras también son aguas grises, éstas, generalmente, no se reciclan debido a la elevada contaminación que contienen. Las aguas grises están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos (Asociación Española de empresas del Sector del Agua, 2018).

Las aguas grises son las canalizadas a partir de la ducha o baño, lavabos, etc. La relación entre demanda bioquímica y demanda química varía entre 0.4 – 0.2 ($0,40 \geq \text{DBO}/\text{DQO} \geq 0,20$). Según esta clasificación, las aguas procedentes de la ducha, baño o lavabo serían aguas de baja carga orgánica, mientras que las procedentes de la lavadora, lavavajillas y fregaderos de cocina corresponderían a aguas de alta carga orgánica (Castro, 2015).

Caracterización de aguas grises

Las características de las aguas grises dependen en primer lugar de la calidad del agua suministrada, en segundo lugar, del tipo de red de distribución del agua potable y residual (biopelícula en las paredes de las tuberías), y en tercer lugar de las actividades en el hogar. Los compuestos presentes en las aguas grises varían de una fuente a otra, donde los estilos de vida, las costumbres, las instalaciones y el uso de productos químicos de uso doméstico serán de importancia en su composición. La composición puede variar significativamente en términos de tiempo y lugar, debido a las variaciones en el consumo de agua en relación con las cantidades de sustancias vertidas. Además, podría haber degradación química y biológica de los compuestos químicos, dentro de la red de transporte y durante el almacenamiento (Eriksson, Auffarth, Henze, & Ledin, 2002).

Propiedades físicas en las aguas grises

La principal característica física de estas aguas es, su color, el cual es gris por lo general. Otros parámetros físicos de importancia son la temperatura, la turbidez y el contenido de sólidos en suspensión. Las altas temperaturas pueden ser desfavorables, ya que favorecen el crecimiento microbiano y podrían en aguas sobresaturadas, inducir la precipitación (Eriksson, Auffarth, Henze, & Ledin, 2002).

Las partículas de comida y animales crudos en la cocina, y las partículas del suelo, pelo y fibras de las aguas de lavandería son ejemplos de material sólido presente en las aguas grises. Estas partículas y coloides causan turbidez en el agua e incluso pueden resultar en la obstrucción física de las tuberías. Las mayores concentraciones de sólidos en suspensión se encuentran típicamente en las aguas grises de la cocina y el lavadero. Igualmente, las concentraciones de sólidos suspendidos dependen fuertemente de la cantidad de agua utilizada. (Morel & Diener, 2006).

Propiedades químicas en las aguas grises

Los elementos o compuestos presentes en las aguas grises están directamente relacionados con las actividades diarias de los hogares; estos elementos son principalmente productos químicos sintéticos compuestos de nitratos, fosfatos y agentes tensoactivos, que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica y son vertidos directamente a la red de alcantarillado. Adicionalmente, las aguas grises domesticas contienen sodio, calcio, magnesio, compuestos de

sales de potasio, aceites, grasas y nutrientes, que se derivan de las actividades diarias desarrolladas en los hogares, y delimitan el potencial de utilización de las aguas grises crudas. (Matos, Sampaio, & Bentes, 2012).

Los elementos químicos presentes en las aguas grises domésticas varían según la localización socioeconómica de los inmuebles y la zona en que se encuentre; por ejemplo, en las zonas urbanas las concentraciones de detergentes son mayores, por el uso intensivo de detergentes para el aseo en los hogares, mientras que en zonas rurales estas concentraciones son bajas por el poco uso y acceso limitado a detergentes para el aseo.

Como parte de las características químicas de las aguas grises también encontramos la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). El DBO_5 , es la cantidad de oxígeno necesaria para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua residual. La DBO_5 representa una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente. La DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación química de la materia orgánica presente en una muestra de agua. (Collazos, 2008).

Propiedades biológicas

Las características biológicas de las aguas residuales tienen relación con las Coliformes fecales, totales, *Escherichia coli*, entre otros, las cuales se deben fundamentalmente a los desechos humanos y animales, que se presentan por lo general en las aguas negras, ya que los agentes patógenos –bacterias y virus- se encuentran en las heces, orina y sangre, y previenen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa). Desde el punto de vista histórico, la prevención de las enfermedades originadas por las aguas constituyó la razón fundamental del control de la contaminación. En la red de control de aguas superficiales se analizan los Coliformes totales, y *Escherichia coli*, que es un indicador de contaminación fecal. En la red de control de aguas de baño se deben realizar controles de *Escherichia coli*. (Organización panamericana de la salud, 2005).

Las concentraciones normales de las sustancias presentes en las aguas grises domésticas varían según la temporada del año (verano e invierno), la fuente, así como sus contaminantes presentes. Según Tjandraatmadja & Diaper, las concentraciones de los contaminantes presentes

en las aguas grises crudas domésticas están directamente relacionados con los volúmenes producidos por cada fuente y las actividades desarrolladas en el hogar (Loza, 2017).

Proceso de remoción de contaminantes.

En la remoción de constituyentes de biofiltros, las plantas juegan un papel importante en el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Además de muchos beneficios operacionales, proveen superficies y un ambiente razonable para la filtración y el crecimiento microbiano. La transferencia de oxígeno por algunas plantas a la rizosfera es también un requisito para que los procesos de remoción de contaminantes predominantemente microbianos funcionen efectivamente. Los mecanismos de remoción más importantes se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Mecanismos de remoción de los contaminantes

Constituyente del agua residual	Mecanismo de remoción
Sólidos suspendidos	<ul style="list-style-type: none"> – Sedimentación. – Filtración.
Materia orgánica soluble (DBO)	<ul style="list-style-type: none"> – Degradación microbiana (aerobia, anaerobia y facultativa). – Sedimentación/ Filtración.
Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> – Amonificación seguida por nitrificación microbiana y desnitrificación. – Consumo de las plantas. – Adsorción en el lecho filtrante. – Volatilización de amonio.
Fósforo	<ul style="list-style-type: none"> – Fijación en el lecho filtrante (reacciones de adsorción – precipitación con el aluminio, hierro, calcio y minerales de la arcilla en el suelo). – Consumo de plantas.
Patógenos	<ul style="list-style-type: none"> – Sedimentación / Filtración. – Muerte natural / Depredación.

Constituyente del agua residual	Mecanismo de remoción
	– Radiaciones ultravioletas.
	– Excreción de antibióticos desde las raíces de macrófitas.

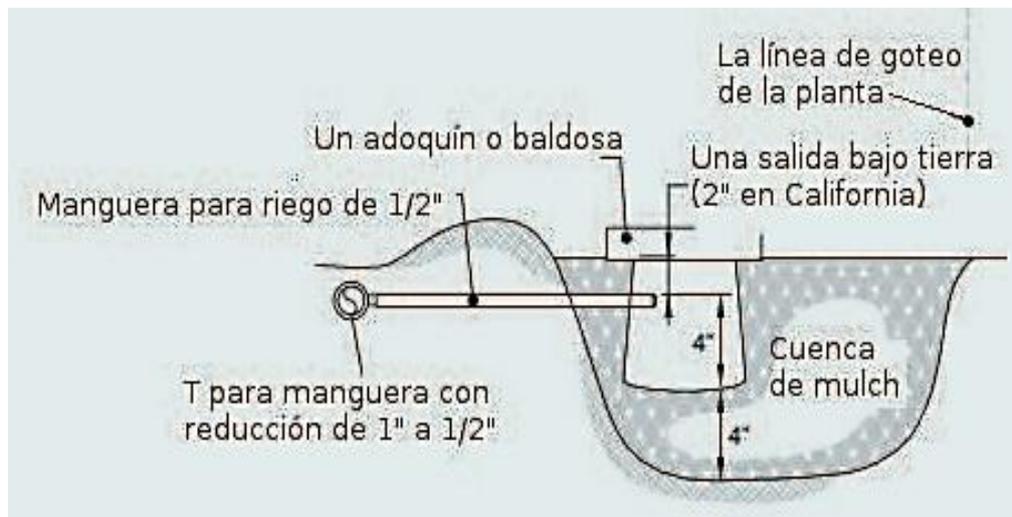
Nota. Adaptado de Brix H (1993) y Crites and Tchobanoglous (1998).

Cuencas de mulch

Una cuenca de mulch (acolchado o mantillo) es un área sumergida en el jardín, rellena de mulch (virutas de madera, paja u otro material orgánico). Está diseñada para absorber y filtrar las aguas grises en el suelo y prevenir estancamientos o escorrentías. Las partículas de los alimentos y el material orgánico se adhieren al mulch y se descomponen. El tamaño y el tipo de mulch usado dependen de la disponibilidad local, así como qué tanto quieres que dure. Las virutas de madera más grandes se descomponen más lentamente que el material finamente rayado y no necesitan remplazarse tan seguido. Normalmente las virutas de madera grandes duran de uno a tres años (Allen, 2015). Ver figura 1 y 2.

Figura 1

Cubierta de salida para riego bajo y cuenca Mulch



Nota. Reproducida de manual de diseño para manejo de aguas grises (2015)

Figura 2

Cuenca de mulch lista para ser llenada con virutas de madera



Nota. Reproducida de manual de diseño para manejo de aguas grises (2015)

El agua gris se puede utilizar directamente en el paisaje para el riego de árboles frutales cerca de la casa. El agua gris no es portadora de bacterias patógenas, y si se utiliza para el riego en el paisaje en las primeras 24 horas después de haberlo producido, no representa ningún problema al nivel de la higiene. La materia orgánica y los restos de los alimentos que encontramos en el agua de la cocina hasta aportan nutrientes para plantas y cultivos (Tierramor, 2018).

Figura 3

Cuenca Mulch y relleno de drenaje de agua



Nota: Reproducida de Uso eficiente de agua (2018). Permacultura.

Existen diferentes variantes para el riego directo de plantas de ornato y de árboles frutales. Se utilizan hoyos o zanjas de infiltración cavadas en la tierra, rellenas de materia orgánica, que sirven para pre-filtrar y oxigenar el agua antes de ser absorbida por las plantas. Las aguas grises provenientes de la casa se distribuyen con un sistema de registros y tubos/ mangueras interconectadas, similar a las ramas de un árbol, las cuales distribuyen el agua desde los lugares donde se produjo hasta las plantas y árboles que necesitamos regar, aprovechando las pendientes del terreno. Esta solución de tratamiento es cada vez más popular para aguas grises, especialmente en los climas áridos, son una buena alternativa, económica y muy creativa, para el manejo de las aguas grises, utilizándolo como recurso para el riego principalmente de árboles frutales (Tierramor, 2018).

2.2. Marco legal

Constitución Política del Perú de 1993.

Base del sistema jurídico del Perú, cuyo objetivo es controlar, regular y defender los derechos y libertades de los peruanos, así como organizar los poderes e instituciones políticas. El capítulo 11 del Título 111 denominado "Del Ambiente y los Recursos Naturales" establece en su art. 66° que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación y, por ende, el Estado es soberano en su aprovechamiento. Asimismo, en los art. 67°, 68° y 69° establece que el Estado se encarga de promover el uso sostenible y la conservación de sus recursos naturales.

Ley N° 28611. Ley General del Ambiente.

Su objetivo primordial es ordenar el marco normativo legal para la gestión ambiental y establecer los principios para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente y sus componentes.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental

(ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias (2017).

Establece los estándares nacionales de calidad ambiental para cuerpos de agua superficial, destinado a cuatro usos: Poblacional y recreacional (categoría 1), Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales (categoría 2), Riego de vegetales y bebidas de animales (categoría 3) y conservación del ambiente acuático (categoría 4). Siendo, los

relacionados a esta investigación los estándares de la Categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales, D1: riego de vegetales – Agua para riego no restringido. Ver Tabla 2.

Tabla 2

Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3

Parámetro	Unidad	Valor
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000
Huevos helmintos	Huevos/L	1
DBO ₅	mg/l	15
DQO	mg/l	40
OD	mg/l	> 4
Conductividad	(μ S/cm)	2500
T°C	°C	Δ 3
pH	Unidad de pH	6.8- 8.5

Nota. Adaptado del Decreto Supremo 004-2017-MINAM.

Directrices sanitarias o valores guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Regulan el reúso de aguas residuales, excretas y aguas grises tratadas en la agricultura y acuicultura a nivel internacional, principalmente su calidad microbiológica. Los valores guía son referenciales y es una herramienta de manejo preventivo de aguas residuales, excretas y aguas grises en la agricultura y acuicultura para maximizar la seguridad para la salud pública. Con relación a los valores guía de aguas residuales para reúso en la agricultura, en la tabla 3 se establecen los valores.

Código de plomería de California.

El código de plomería de California es una normativa que entre otros regula los sistemas de agua gris en el estado de California. El código de California (desde agosto del 2009) permite la instalación legal de sistemas de aguas grises de bajo costo, incluso algunos sin la necesidad de tramitar un permiso. Las regulaciones para el estado de California para los sistemas residenciales de aguas grises pueden encontrarse en el capítulo 16 del Código de Plomería de California del 2013 (Allen, 2015).

Tabla 3*Recomendaciones sobre la calidad microbiológica para agua residual tratada para uso en agricultura*

Categoría	Condiciones de reúso	Grupo expuesto	Técnica de riego	Nematodos Intestinales ^a (Media aritmética N° de huevos/L) ^b	Coliformes fecales (media geométrica N°/100 mL) ^c	Tratamiento sugerido para alcanzar la guía
A	Riego sin restricción cultivos que se consumen crudos parques deportivos y parques públicos	Trabajadores Consumidores Público	Ninguna	$\leq 0.1^d$	$\leq 10^3$	Lagunas de estabilización y reservorios diseñados para alcanzar la calidad microbiológica indicada o tratamiento equivalente (tratamiento secundario convencional suplementado con laguna de afinamiento o filtración y desinfección)
B	Riego restringido para cereales cultivos industriales forraje pasto y árboles ^e	B1: Trabajadores comunidades cercanas	Aspersión	≤ 1	$\leq 10^5$	Lagunas de estabilización incluyendo laguna de maduración o tratamiento equivalente (tratamiento secundario convencional suplementado con laguna de maduración o filtración)
		B2: Trabajadores comunidades cercanas	Inundación/surcos	≤ 1	$\leq 10^3$	Como en la categoría A
		B3: Trabajadores niños menores de 15 años comunidades cercanas.	Cualquiera	≤ 0.1	$\leq 10^3$	Como en la categoría A
C	Riego localizado de cultivos de la categoría B si no se expone a trabajadores y público	Ninguna	Goteo	No aplica	No aplica	Pretratamiento y sedimentación primaria

Nota. Fuente: Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable.

a: Ascaris, Trichuris y Anchilostoma; la guía también intenta proteger contra el riesgo de protozoos

b: Durante el periodo de riego (si el agua residual es tratada en lagunas de estabilización o reservorios, los cuales han sido diseñados para alcanzar la concentración de helmintos requerida, no es necesario el control rutinario del efluente)

c: Durante la estación de riego (el recuento de coliformes fecales es preferible semanalmente o al menos mensualmente)

d: Los límites de la guía pueden incrementarse a < 1 huevo/L si las condiciones son de altas temperaturas y clima seco y no se usa el riego en superficie o si el tratamiento del agua residual es suplementado con quimioterapia antihelmíntica en áreas de reutilización de agua residual

e: En el caso de árboles frutales, el riego debe terminar dos semanas antes de la cosecha y ninguna fruta debe ser recogida del suelo. No se debe usar riego por aspersión.

III. METODO

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental, la cual consiste en la manipulación de dos variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El diseño de investigación del presente trabajo es cuantitativo del tipo experimental, basada en un diseño experimental, debido a que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (sistema de cuencas con mulch), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre la variable dependiente (tratamiento/remoción de aguas grises), dentro de una situación de control para el investigador.

En la presente investigación, el grupo control es el punto de monitoreo de ingreso de las aguas grises al sistema, siendo en este caso el agua que se almacena en el tanque enterrado (afluente) y el grupo experimental es el efluente que sale del sistema cuenca con mulch, el cual recibió un tratamiento. Posterior a las comparaciones se podrá comprobar si las diferencias existentes al final del experimento son producto del tratamiento en el sistema cuenca con mulch. Por otro lado, las muestras de agua gris serán tomadas por conveniencia del campamento ubicado en el puente Arriola.

3.2. Población y muestra

Población: La población de la investigación son las aguas grises de la Obra de mejoramiento de la Avenida Nicolás Arriola, La Victoria.

Muestra: La muestra son las aguas grises de las duchas y lavamanos del campamento ubicado en el Puente Arriola. Se empleó el muestreo no probabilístico, ya que la elección del lugar se realizó a juicio del investigador.

3.3. Operacionalización de Variables

En la Tabla 4, se aprecian las variables independientes y dependientes con sus respectivos indicadores, índices y base de datos.

Tabla 4

Variable Independiente y Dependiente

Categoría	Dimensión	Variables	Indicadores	Índice	Base de datos	
Dependiente	Tratamiento de aguas grises	pH	Unid. pH	6.5 - 8.5	– Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua - Riego de vegetales y bebidas de animales (categoría 3), agua para riego no restringido. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. – Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable.	
		Temperatura	°C	$\Delta 3$		
		Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	2500		
		Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L		≥ 4
		Demanda química de oxígeno (DQO ₅)	mg/L	40		
		Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		
		Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L			
		Huevos helmintos	Huevos/L	1		
		Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1000		
		Remoción de contaminantes		%		
Dependiente	Variables económicas ambientales	Valor Actual Neto (VAN)	S/.	$\text{VAN} > 0$	– Libro ingeniera económica de los autores Blank y Tarquin (2012).	
		Tasa Interna de Retorno (TIR)	%	$\text{TIR} > \text{COK}$		
		Índice de Beneficio – Costo (IR)	-	$\text{IR} > 1$		
		Beneficios ambientales	+/-			
Independiente	Sistema de cuencas con mulch	Cantidad producida de aguas grises	l/día		– Manual de diseño de aguas grises (Allen, 2015)	
		Tipo de plantas	Unid			
		Tipo de suelo	-			
		Área efectiva para cada cuenca mulch	m ²			
		Tipo de riego	-			

3.4. Instrumentos

Para el desarrollo de la siguiente investigación, se utilizarán los siguientes materiales e instrumentos:

Tabla 5

Materiales para el bombeo y riego

Materiales/ Instrumentos	Cantidad	Unidad
Mangueras HDPE 16 mm	200	metros
Mangueras HDPE 4 mm	30	metros
Tee dentada	4	Unid.
Válvula ramal	4	Unid.
Unión rosca macho dentada	1	Unid.
Tanque de almacenamiento Rotoplast 1100 litros	1	Unid.
Motobomba a gasolina Modelo KL-715	1	Unid.
Manguera para riego $\frac{3}{4}$ pulgada	20	metros

En la tabla 5 se detallan los materiales para el almacenamiento, riego y bombeo de las aguas grises, en la tabla 6 se describen los materiales para la implementación de las cuencas con mulch. En la tabla 7, materiales adicionales para el desarrollo de la investigación.

Tabla 6

Materiales para las cuencas con mulch

Materiales/ Instrumentos	Cantidad	Unidad
Viruta	24	Sacos
Pico	2	Unid.
Lampa	2	Unid.
Rastrillo	1	Unid.
Balde de 10 litros con caño	1	Unid.

Tabla 7*Otros materiales y equipos*

Materiales/ Equipos/ Software	Cantidad	Unidad
Calculadora científica	1	Unid.
Laptop (Hp, Intel COREi3) para la redacción de la investigación	1	Unid.
GPS Garmin etex 10	1	Unid.
Cámara digital (Lumix) para la documentación fotográfica	1	Unid.
AutoCAD versión 2015, para elaborar planos		
ArcGIS 10.5, para elaborar mapas		
Office 2017 (Word, Excel, Power point)		

3.5. Procedimiento***3.5.1. Implementación del sistema de cuencas con mulch y caracterización del agua***

En principio se realizó un inventario de árboles, a fin de agruparlos por sectores y se canalice el agua tratada a todas las especies. Asimismo, conocer el tipo de especie, características y ubicación geográfica. Luego, calcular el estimado del flujo de tus aguas grises generados en el campamento. Considerando que las aguas grises de las duchas y lavamanos es igual a la cantidad de litros por día x 6 (días de la semana), de esta manera se halla la cantidad de litros por semana. Las aguas grises de las duchas son típicamente de 2 gpm a 2.2 gpm (8 lpm), 2 galones o 8 L por persona cada día aproximadamente (Allen, 2015).

Posteriormente, se estima la capacidad de absorción del suelo, la capacidad de infiltración es crítico para diseñar tu sistema de aguas grises y para medir el área de distribución. El área de distribución debe medirse para permitir que las aguas grises penetren en el suelo sin estancarse ni causar escorrentías (Allen, 2015). Para aprender a reconocer el tipo de suelo en las áreas verdes, se debe hacer una simple “prueba de tacto” descrita en la siguiente tabla.

Tabla 8*Tipo de suelo usando la “prueba de tacto”*

Características de la muestra de suelo	Textura de suelo o tipo de suelo
El suelo no se mantiene en una bola. Se siente flojo y arenoso cuando se humedece.	Arena
Se moldea la huella de tus dedos, pero se quiebra fácilmente. No forma una tira. El suelo se siente ligeramente arenoso.	Franco arenoso
Se puede formar una tira corta, pero se quiebra cuando es alrededor a 1/2 pulgada de largo.	Franco
Se puede formar una tira. Es moderadamente fuerte hasta que se quiebra cuando es alrededor a 3/4 de una pulgada de largo. El suelo se siente ligeramente pegajoso.	Franco arcilloso
El suelo puede formar fácilmente una tira de una o más pulgadas de largo. El suelo se siente muy pegajoso y arenoso.	Arcilla arenosa
El suelo puede fácilmente formar una tira de una o más pulgadas de largo. El suelo se siente muy pegajoso y suave.	Arcilla

Nota. Fuente: Manual de diseño para manejo de aguas grises (2015).

Luego, se emplea el cálculo de flujo de aguas grises y el estimado de absorción del suelo para calcular el tamaño necesario de tus cuencas de mulch. Es decir, para calcular el área de distribución en las áreas verdes, se multiplica los galones de aguas grises por día por el número correspondiente al tipo de suelo (ver Tabla 9). Este cálculo te da el área mínima en pies cuadrados, donde se necesita infiltrar las aguas grises. Esta área de riego se distribuirá en diferentes lugares del jardín, de tal manera que todos los árboles y arbustos se beneficien con las aguas grises tratadas.

Tabla 9*Tipos de suelo y áreas de infiltración*

Tipo de suelo	Área, en pies cuadrados, que se necesita para infiltrar cada galón de agua (por día)
Arena	0,25
Franco Arenoso	0,4
Franco	0,5
Arcilla Arenosa o Limoso	0,6
Arcilloso	
Arcilla	1

Nota. Adaptado del Manual de diseño para manejo de aguas grises (2015).

Teniendo definido el área necesaria para la infiltración de agua por cada día de riego, se inicia con la preparación del terreno e instalación del sistema de riego. Considerando que la línea de goteo es el límite exterior de la planta, donde terminan las ramas. Las cuencas de mulch se establecen quitando el suelo existente y llenando el espacio vacío con mulch (Viruta). Las cuencas de mulch deben tener de 6 a 12 pulgadas (15-30 cm) de profundidad, dependiendo del tamaño de maduración de la planta. Los árboles pequeños necesitarán menos agua y cuencas más pequeñas.

Luego, se instalará la línea principal y las salidas de las aguas grises; se extenderá la manguera HDPE de (16 mm) en la línea principal y en las líneas secundarias de 4 mm, de manera que pase por todas las cuencas de mulch; los extremos de las mangueras se clausuraran para aumentar la presión del agua cuando el motor se encienda para evacuar el agua gris almacenada en el tanque. Adicional se utilizarán conectores T de 16 mm y válvulas, tantos como sea necesario para llegar a las plantas tan cerca cómo se puedan.

Finalmente, teniendo la data e implementando el sistema de cuencas con mulch, se procedió a analizar los parámetros de las aguas grises que ingresan y salen del sistema de cuencas con mulch, analizándolo en un laboratorio certificado para la realización de los respectivos análisis físico-químicos tales como: pH, T°, C, SST (mg/l), conductividad, Oxígeno disuelto, DQO₅ (mg/l), DBO₅ (mg/l), Sólidos suspendidos totales (mg/l). Así como de los parámetros microbiológicos, Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml) y huevos helmintos

(Huevos/L), a fin de determinar la concentración de material orgánico presentes en las muestras.

Asimismo, se realizó el monitoreo de la calidad del agua residual, las muestras se recolectaron en dos puntos, ubicados el primero en el almacén de aguas grises, ingreso al sistema (AG-ST01), el segundo a la salida de la cuenca con mulch- piloto (AG-CT01 y AG-CT02). Para la toma de muestras de aguas grises se ha considerado el tipo de envase y el tipo de preservante descritos en la tabla 10.

Tabla 10*Parámetros de evaluación en la caracterización de las aguas grises*

	Parámetro	Unidad	Método	Volumen de muestra	Tipo de envase	Preservante
Físico-químicos	pH	Unid. pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.	50 mL	P, V	Analizar inmediatamente
	Temperatura	°C	Temperature Laboratory and Field Methods SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd. Ed. 2017	50 mL	P, V	Analizar inmediatamente
	Conductividad	µS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.	50 mL	P, V	Refrigerar ≤ 6°C
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-O C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	300 mL	V, Botellas de DBO (winkler)	(*) Adicionar 1mL del reactivo I y 1mL del reactivo II
	Demanda química de oxígeno (DQO ₅)	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	100 mL	P, V	Analizar lo más pronto posible o adicionar H ₂ SO ₄ hasta pH <2; Refrigerar ≤ 6°C
	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	1 litro	Plástico (P)	Llenar hasta el tope sin burbujas. Refrigeración
	Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103- 105°C.	1 litro	Plástico (P)	Refrigeración
Microbiológicos	Huevos helmintos	Huevos/L	SAG-141024 Rev. 01 (Validado), 2017. Referenciado en el Método de Bailenger modificado). Identificación y Cuantificación de Huevos de Helmintos en Aguas.	2 litros	P, V	La muestra debe mantenerse a 5 ± 3°C hasta su llegada al laboratorio, la muestra debe procesarse dentro de las 48 h después de su toma, o bien preservarse en refrigeración o en todo caso puede preservarse con formol al 4%.
	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	500 mL	Vidrio (V)	Refrigeración

Nota: (*) Reactivo I = Solución de sulfato de manganeso, Reactivo II =Sol. Alkali yoduro.

3.5.2. Análisis de la eficiencia de remoción de contaminantes

Se determino la eficiencia en la remoción de contaminantes presentes en la muestra con tratamiento, en comparación con las que no fueron sometidas bajo este sistema de tratamiento, asimismo se comprara estos resultados con la normatividad nacional (estándares de calidad ambiental- ECA Agua) e internacional (Organización Mundial de Salud - OMS).

Con los resultados de monitoreo obtenidos, se calculó el porcentaje de remoción haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Remoción} = \left[\frac{C_{\text{afluente}} - C_{\text{efluente}}}{C_{\text{afluente}}} \right] \times 100$$

Donde:

C_i : Concentración inicial.

C_f : Concentración final.

Asimismo, los datos obtenidos de Coliformes Termotolerantes, Huevos helmintos, DQO, DBO₅, SST y OD se presentarán en gráficos. Comparándolos con las normas nacionales e internacionales de reúso de aguas residuales en agricultura (Ver Tabla 11).

Tabla 11

Calidad del agua requerida para reúso en agricultura

Parámetro	Unidad	D. S. N° 004-2017-MINAM ⁽¹⁾	OMS (2006) ⁽²⁾	FAO (1999) ⁽³⁾
pH	Unid. pH	6,5 – 8,5	-	6,5 – 8,4
Temperatura	°C	+/- 3	-	-
Conductividad	µS/cm	2500	-	-
Demanda química de oxígeno (DQO ₅)	mg/L	40	-	-
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15	-	30
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	-	-	<30
Huevos helmintos	Huevos/L	1	≤1	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1000	≤1000	<200

Nota: (1) Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (2) Categoría B2: Riego restringido para cereales cultivos industriales forraje pasto y árboles – Riego por Inundación/ surcos (3) Reúso agrícola en cultivos que no se consumen.

3.5.3. Análisis de beneficios económico-ambientales

En función de los resultados obtenidos en los anteriores puntos, se determinó la cantidad de agua gris que se reutilizará para el riego de áreas verdes, el costo de la implementación del sistema de cuencas con mulch, en función de ello los beneficios económicos mediante el índice de costo – beneficio (rentabilidad), así como los beneficios ambientales mediante una matriz de análisis cualitativa.

De acuerdo a Blank y Tarquin (2012), para evaluar si un proyecto es rentable o no, tenemos que tomar en cuenta ciertos indicadores. Se preparó el presupuesto de capital, luego, se evaluó el riesgo para determinar la tasa de rendimiento apropiada. Asimismo, se calculó el valor presente de los flujos estimados para comparar dicho valor con el costo inicial de implementar el proyecto.

a. Valor Actual Neto: Es el valor presente de los flujos de efectivo netos de un proyecto de inversión, menos la inversión inicial del proyecto.

$$VAN = -Inv + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n}$$

Si $VAN > 0$, el proyecto es rentable y se acepta. En líneas generales, el VAN y la TIR conducen a una misma decisión de aceptar o rechazar el proyecto. Si $k < TIR$ el VAN será > 0 , por lo tanto, se aceptará el proyecto.

b. Tasa Interna de Retorno (TIR): Tasa de descuento que hace el valor actual neto de un proyecto sea cero. Es decir, igual a el valor presente de los flujos de efectivo futuros de un proyecto de inversión con la salida de efectivo inicial del proyecto.

$$INV = \frac{C_1}{(1+TIR)^1} + \frac{C_2}{(1+TIR)^2} + \frac{C_3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n}$$

Si el TIR es mayor a la tasa mínima de rendimiento aceptable se acepta el proyecto. La tasa mínima de rendimiento aceptable o requerida sobre una inversión en un análisis de flujo de efectivo es también llamada COK; entonces si el $TIR > COK$, el proyecto es aceptado.

c. Índice de Rentabilidad o Relación Beneficio – Costo: Es la razón del valor actual neto de un proyecto, entre la inversión inicial más uno. Se aceptará el proyecto si éste es mayor a 1. Al comparar el proyecto, permitirá escoger el de mayor rendimiento por sol gastado.

$$IR = 1 + \frac{VAN}{Inv.} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{VAFCDI_i}{Inv.}}{Inv.}$$

d. Período de Recuperación: Periodo de tiempo requerido para que el flujo de efectivo acumulado, derivado de un proyecto de inversión, iguale a la salida inicial de efectivo. Si el tiempo de recuperación es menor que el plazo máximo aceptable, se aprobará el proyecto.

3.6. Análisis de datos

3.6.1. *Etapa inicial de gabinete y campo*

Se tuvo como objetivo tomar registro fotográfico de la zona de estudio y data para calcular el área (m²) que se necesitara para infiltrar cada litro de agua (por día de riego), data necesaria para las cuencas mulch.

Posteriormente se evaluó las condiciones y distribución de los árboles a través de un inventario biológico, los cuales formaron parte del sistema de cuencas; luego se generaron mapas temáticos y modelamiento en software ArcGIS. Asimismo, se efectuaron monitoreos ambientales en el afluente y efluente del sistema de tratamiento, para luego procesar los resultados de remoción de los parámetros evaluados.

3.6.2. *Etapa Final de gabinete*

Se efectuaron los ajustes necesarios con los aportes de campo y gabinete en relación con los mapas temáticos y resultados de monitoreo ambiental. Finalmente, se determinaron los beneficios económicos y ambientales de la implementación del sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de las aguas grises de la obra en mención, mediante el índice de costo – beneficio (rentabilidad), VAN, TIR, PR, así como los beneficios ambientales mediante una matriz de análisis cualitativa.

3.7. Consideraciones éticas

La presente investigación contiene información original, honesta, sin falsificación o manipulación de datos, incluye información clara del método con el objetivo de que sus resultados puedan ser confirmados por otras investigaciones.

IV. RESULTADOS

4.1. Implementación del sistema de cuencas con mulch y caracterización del agua

Se realizó el inventario de especies arbóreas del área de investigación, los cuales en su mayoría fueron trasladados de otras áreas del proyecto. En total se contabilizó 21 individuos de las especies *Tecoma stans*, *Shinus molle*, *Prosopis pallida*, *Ficus benjamina* y *Casuarina equisetifolia*. En la tabla 12, se evidencia la cantidad y los porcentajes de cada especie, siendo el *Shinus molle* con 12 unidades la especie más predominante que representa el 57.14 % del total.

Tabla 12

Especies arbóreas y arbustivas inventariadas

Nombre científico	Nombre común	Forma biológica	Unidades	%
<i>Tecoma stans</i>	Huaranhuay	Árbol	2	9.52
<i>Shinus molle</i>	Molle serrano	Árbol	12	57.14
<i>Prosopis pallida</i>	Huarango	Árbol	2	9.52
<i>Ficus benjamina</i>	ficus	Árbol	2	9.52
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	Árbol	3	14.29
Total			21	100

Las aguas grises provenientes de las duchas y lavamanos del campamento ubicado en las áreas verdes del puente de la Av. Nicolas Arriola se almacenaron en un tanque rotoplast enterrado de capacidad 1100 Lt. En el campamento laboraban 35 trabajadores en promedio entre obreros y profesionales. Se calculó el flujo de agua grises, tomando en cuenta la cantidad de personal, la capacidad del tanque de almacenamiento y el tiempo que demora en llenarse dicho tanque, siendo 10.48 litros el efluente generado por persona en promedio. A partir de esta información se calculó el área de distribución para uso de aguas grises en las cuencas con mulch, los resultados se aprecian en la tabla 13.

Tabla 13*Cálculo de área para distribución de cuencas con mulch*

A: Efluente generado en cada bombeo (2 veces x semana)	
	1100 litros
	290.40 gal/día
B: N.º correspondiente al tipo de suelo (franco arenoso)	
Ver tabla 9	0.4 p ² x gal/día
C: Área de distribución para uso de aguas grises	
C = A x B	116.16 P ²
Conversión a m ²	10.80 m ²
Cantidad de árboles beneficiarios	21 unid.
Área efectiva para cada cuenca con mulch	0.51 m ²

De la tabla 13, se define el área efectiva para cada cuenca con mulch siendo 0.51 m², considerando un radio de 40 cm aproximadamente. Posteriormente se inició con la implementación del sistema de cuencas con mulch, es decir un sistema de regadío que permita el abastecimiento y tratamiento del agua gris para ser usados en el mantenimiento de 21 árboles que forman parte de la investigación que recibirán un tratamiento natural en cada cuenca con mulch.

Figura 4*Condiciones iniciales del área del proyecto*

Figura 5*Construcción de cuencas para cada árbol*

En la figura 4, se evidencia las condiciones iniciales del área de estudio, un espacio que alberga árboles que fueron reubicados de otros puntos, los cuales necesitan ser regados 2 veces por semana para lo cual se alquilaban cisternas de agua de 10 m³ para dar mantenimiento a estos árboles. Sin embargo, ante a propuesta de investigación del tratamiento y reusó de aguas grises del campamento cercano, se implementó el sistema con cuencas de mulch. Las cuencas de mulch se establecieron quitando el suelo existente (figura 5) y llenando el espacio vacío con mulch, virutas de madera tornillo y pino (figura 8). Las cuencas de mulch tuvieron 15 cm de profundidad, debido a que en su mayoría los árboles eran juveniles, necesitan menos agua y cuencas medianas.

Figura 6*Instalación de sistema de riego*

Luego, se instaló la línea principal y las salidas de las aguas grises; se extendió la manguera HDPE de (16 mm) en la línea principal y en las líneas secundarias de 4 mm, de manera que pase por todas las cuencas de mulch (figura 6); los extremos de las mangueras se clausuraran para aumentar la presión del agua cuando el motor se encienda para evacuar el agua gris almacenada en el tanque.

Posteriormente, se realizó la prueba de funcionamiento de las tuberías de riego (figura 7) para asegurar que el agua se distribuya en todas las cuencas establecidas. Luego se empezó a llenar de viruta de madera tornillo y pino (figura 8) en cada cuenca aproximadamente un saco por cada 5 árboles.

Figura 7*Prueba de funcionamiento de tuberías de riego*

Posteriormente, se realizó la prueba de funcionamiento de las tuberías de riego (figura 7) para asegurar que el agua se distribuya en todas las cuencas establecidas. Luego se empezó a llenar de viruta de madera tornillo y pino (figura 8) en cada cuenca aproximadamente un saco por cada 3 árboles.

En la figura 9 se aprecia el sistema de cuencas con mulch en funcionamiento, en el cual ingresa el agua proveniente de las duchas y lavamanos de un campamento cercano, que previamente es almacenado en un reservorio. Dicho reservorio es bombeado con una frecuencia de 2-3 días para su ingreso al sistema de tratamiento con cuencas mulch.

Figura 8

Colocación de viruta de madera en cada cuenca

**Figura 9**

Sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises



Figura 10

Toma de muestras del reservorio de agua de aguas grises y en la salida del piloto mulch



Previo a la implementación del sistema de cuencas con mulch se tomó una muestra de agua al reservorio que almacenaba efluentes de las duchas y lavamanos (figura 10). Asimismo, se tomaron 2 muestras en distintas fechas (10/12/2018 y 15/01/2019) al efluente de la cuenca mulch piloto, tomando como referencia el perfil del suelo natural, en las 3 muestras se analizaron los parámetros físico-químicos tales como: pH, T°, C, SST (mg/l), conductividad, Oxígeno disuelto, DQO₅ (mg/l), DBO₅ (mg/l), Solidos suspendidos totales (mg/l) y los parámetros microbiológicos: coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) y huevos helmintos (Huevos/L), a fin de determinar la concentración de material orgánico presentes en las muestras sin y con tratamiento.

Los resultados de la caracterización inicial de las aguas grises se muestran en la tabla 14, donde se hace la comparación con los estándares de calidad ambiental para agua – Categoría 3: riego de áreas verdes, aprobado por D.S. 004-2017-MINAM, la Guía para aguas tratadas en el reúso agrícola - FAO (1999) y guía para la calidad de agua potable de la OMS (2006) en donde se aprecia las altas concentraciones de las aguas grises no cumpliendo con las normativas en mención. A excepción de los parámetros pH y huevos helmintos.

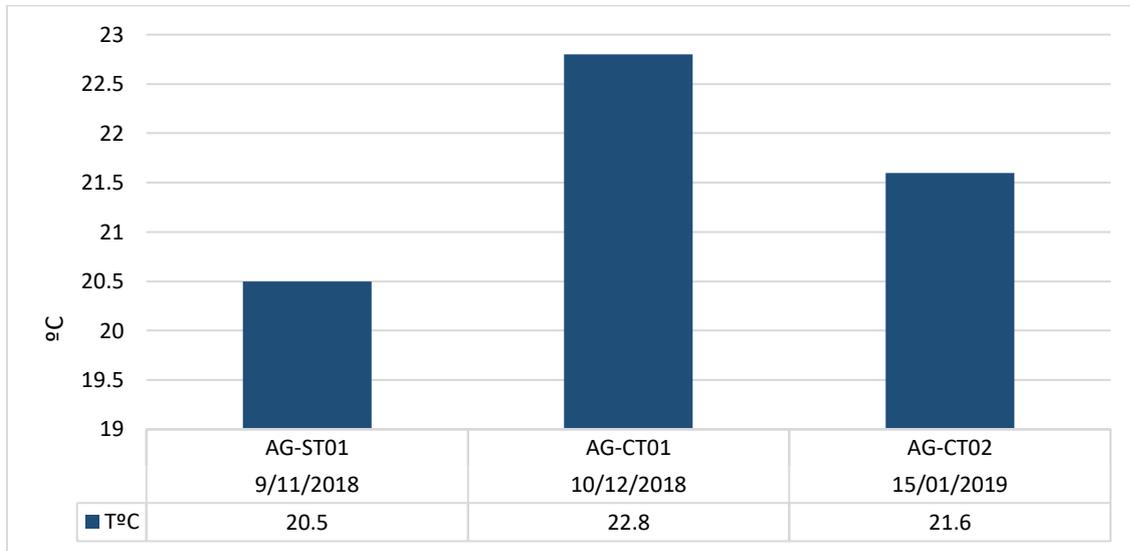
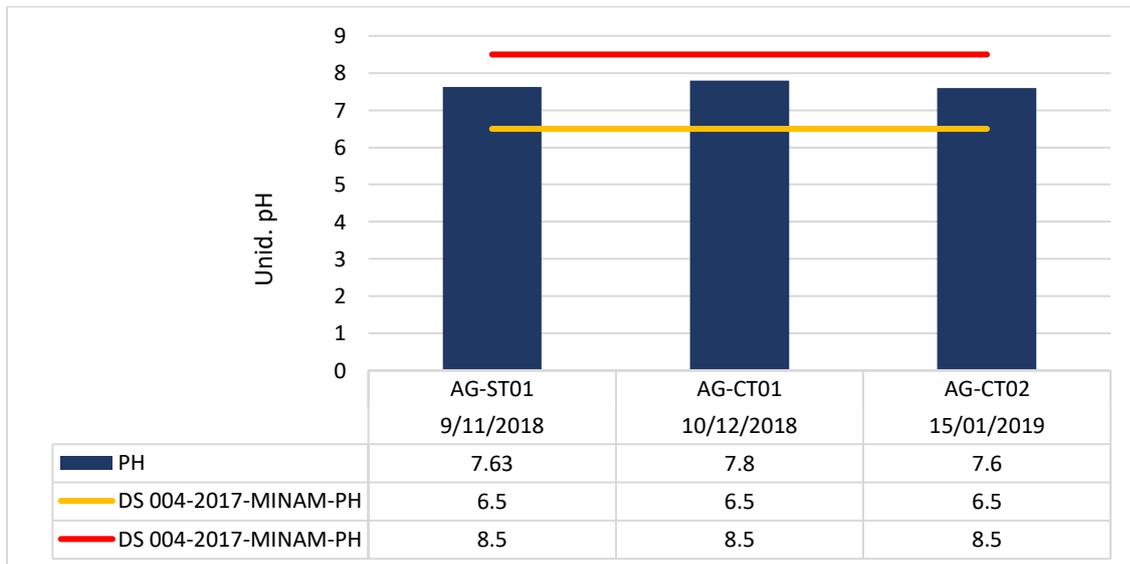
Tabla 14*Resultado de la caracterización inicial de las aguas grises*

Parámetros	Resultados AG-ST01	Normativa
pH	7.63	6.5-8.5 (a)
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	7080	2500 (a)
OD (mg/l)	0.5	≥ 4 (a)
SST (mg/l)	107.4	30 (b)
Detergentes (mg/l)	2	0.2 (a)
DQO (mg/l)	280.3	40 (a)
DBO5 (mg/l)	160.8	15 (a)
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	1.4×10^4	1000 (a)(c)
Huevos helmintos (Huevo/L)	0	1 (a)

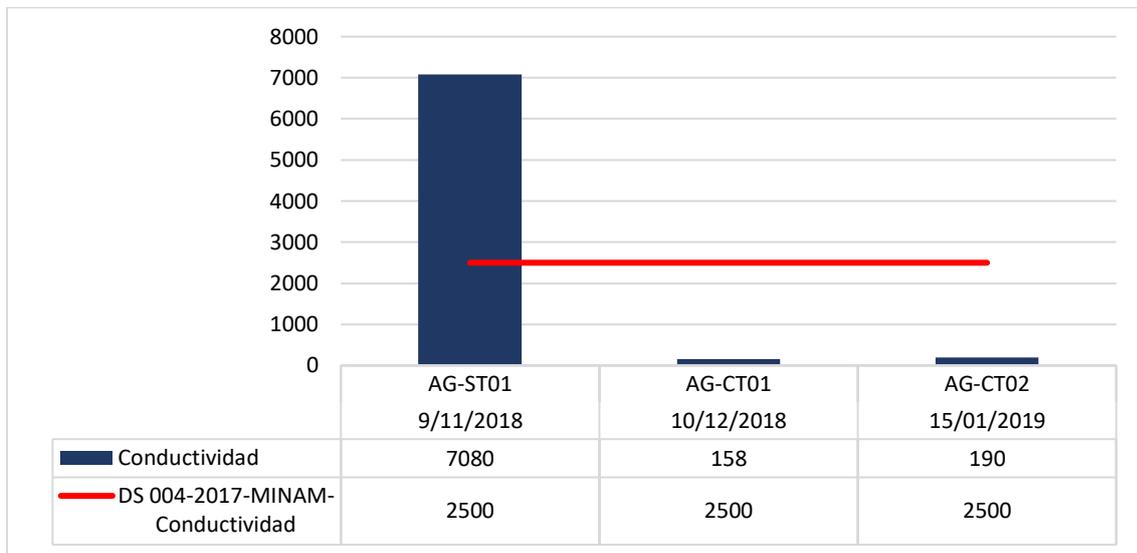
Nota: (a) Estándares de calidad ambiental para agua – Categoría 3, aprobado por D.S. 004-2017-MINAM. (b) Guía para aguas tratadas en el reúso agrícola - FAO (1999). (c) Guía para la calidad de agua potable de la OMS (2006)

4.2. Análisis de la eficiencia de remoción de contaminantes

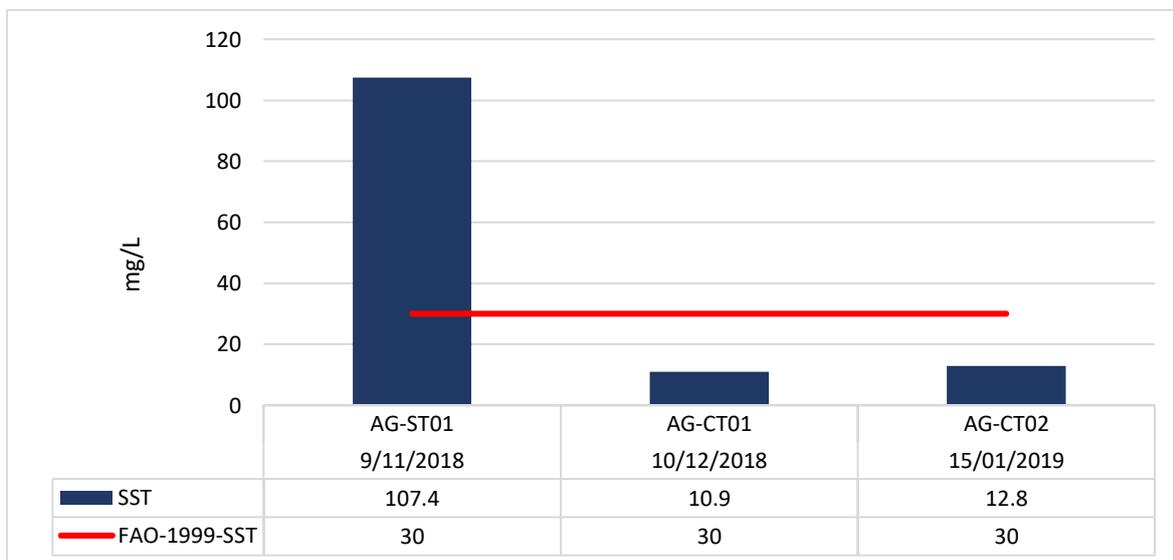
Se analizó el parámetro temperatura en el afluente AG-ST01 y el efluente AG-CT01 y AG-CT02, registrándose 20.5 °C, 22.8 °C y 21.6 °C, respectivamente (figura 11). Respecto a pH se registró 7.63 en el afluente AG-ST01, 7.8 y 7.6 en el efluente (AG-CT01 y AG-CT02), posterior al tratamiento, valores dentro del estándar de calidad de agua (ECA-Agua) - categoría 3 que establece un rango de 6.5 – 8.5 (Figura 12).

Figura 11*Resultados temperatura***Figura 12***Resultados de pH*

En la figura 13 se muestran los resultados de conductividad, en el afluente AG-ST01 se registró 7080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el efluente 158 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AG-CT01) y 190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AG-CT02), valores dentro del estándar de calidad de agua (ECA-Agua) - categoría 3 que establece un valor máximo de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ evidenciando una reducción máxima de 97.8%.

Figura 13*Resultados de conductividad*

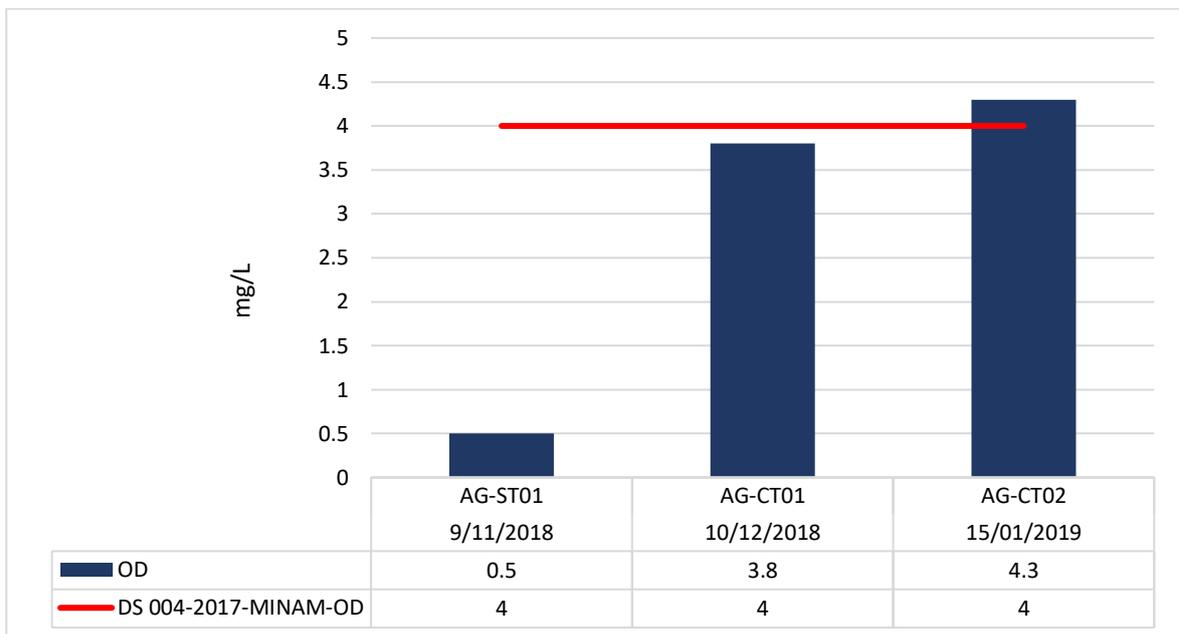
En la figura 14 se muestran los resultados del parámetro sólidos suspendidos totales (SST), presentaron una concentración de 107.4 mg/l en el afluente AG-ST01, en el efluente AG-CT01 un valor de 10.9 mg/l y 12.8 mg/l en el efluente AG-CT02 estos dos últimos posterior a tratamiento, obteniéndose remociones entre 88.1% y 89.9%, respectivamente. Estos resultados cumplen con el valor 30 mg/l establecido en la guía para reúso de agua tratada en agricultura de FAO (1999).

Figura 14*Resultados de sólidos suspendidos totales (SST)*

En la figura 15 se muestran los resultados de oxígeno disuelto, en el afluente AG-ST01 se registró 0.5 mg/l, en el efluente del tratamiento AG-CT01 se registró 3.8 mg/l y 4.3 mg/l (AG-CT02), de acuerdo al estándar de calidad ambiental (ECA-Agua) para este parámetro el valor mínimo es de 4 mg/l, los resultados en promedio cumplen con este estándar.

Figura 15

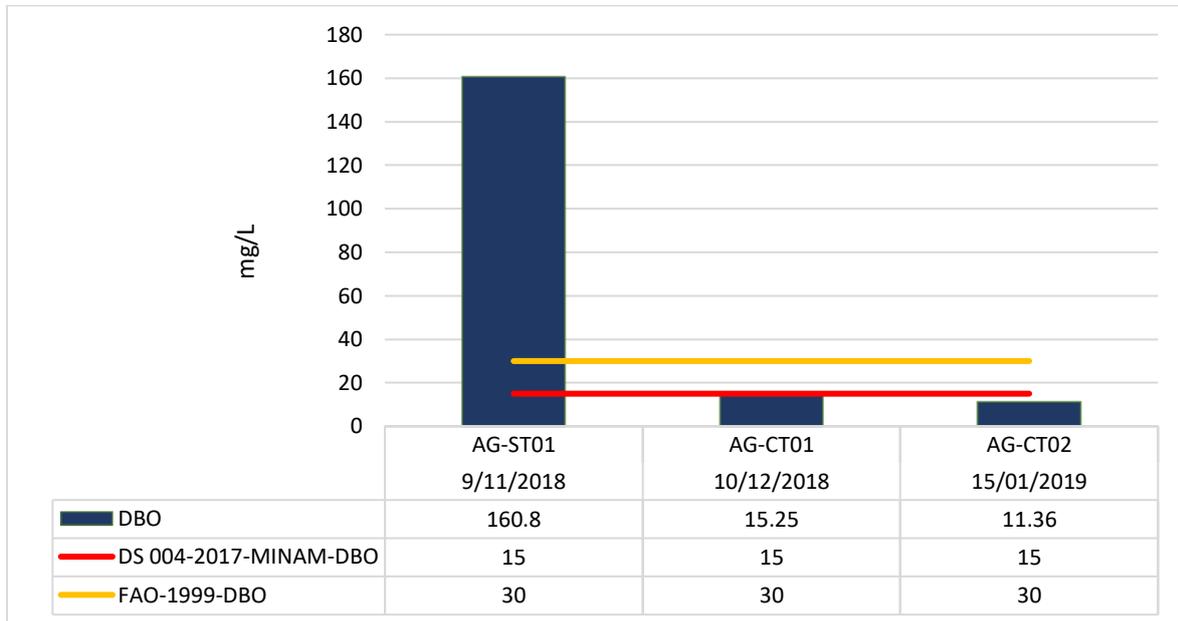
Resultados de oxígeno disuelto (OD)



Respecto a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) se registró en el afluente AG-ST01 160.8 mg/l, en el efluente 15.25 mg/l (AG-CT01) y 11.36 mg/l (AG-CT02), en promedio estos resultados cumplen con el estándar de calidad de agua (ECA-Agua) cuyo valor máximo es 15 mg/l y con la guía para reúso de agua tratada en agricultura de FAO (1999) que establece 30 mg/l para este parámetro, se obtuvo una remoción máxima de 92.9% (figura 16).

Figura 16

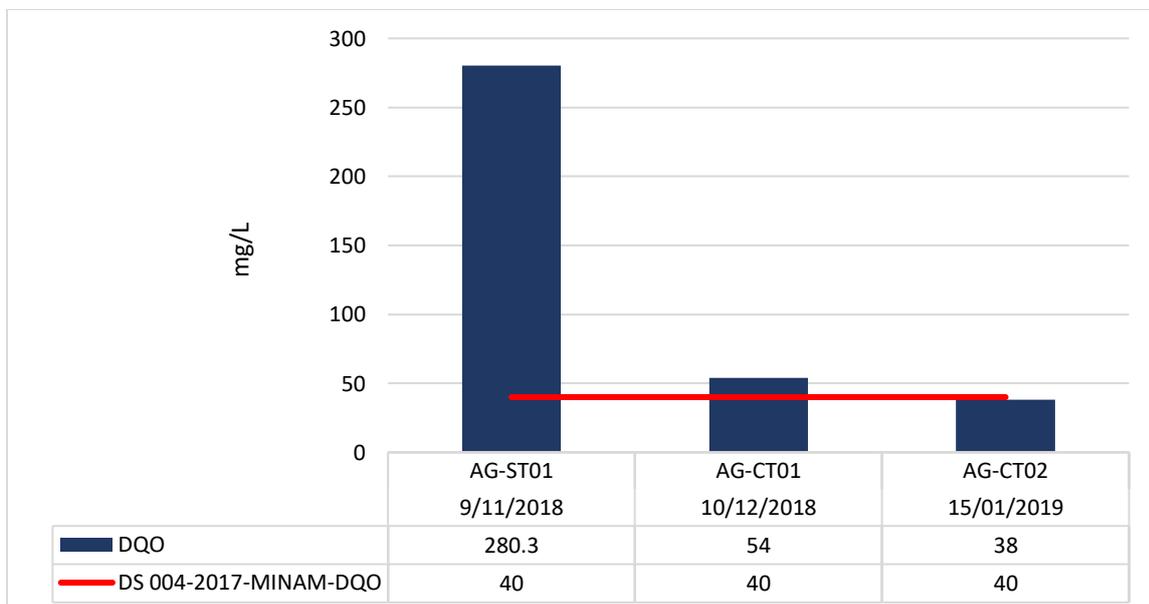
Resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO)



Asimismo, se registró la demanda química de oxígeno (DQO), en el afluente AG-ST01 un valor de 280.3 mg/l, en el efluente 54 mg/l (AG-CT01) y 38 mg/l (AG-CT02), este último resultado equivale a 86.4% de remoción cumpliendo con el estándar de calidad de agua cuyo valor máximo es 40 mg/l (figura 17).

Figura 17

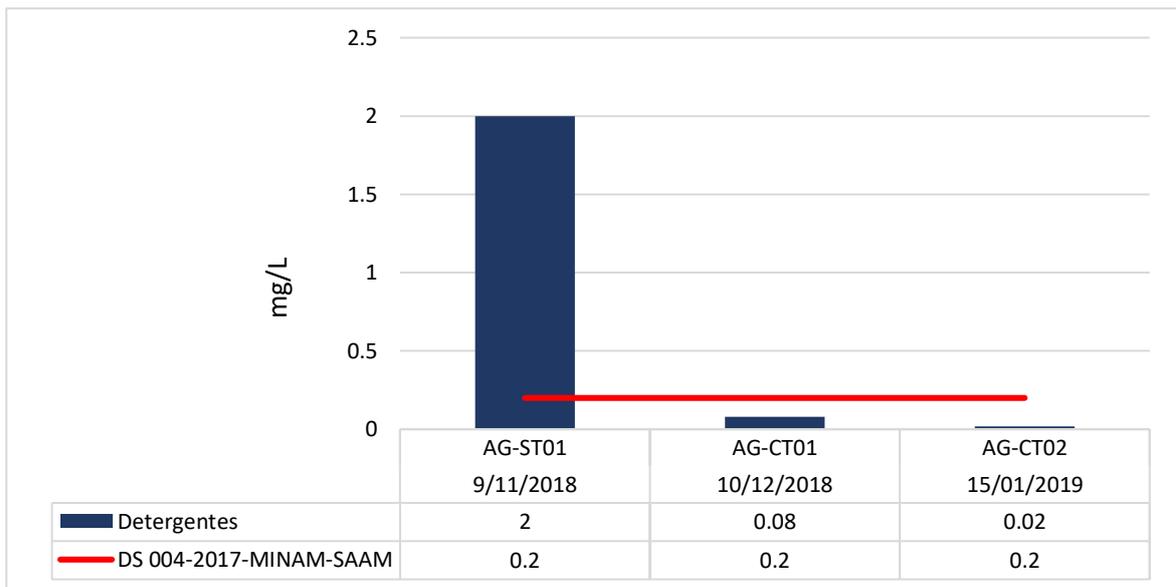
Resultados de demanda química de oxígeno (DQO)



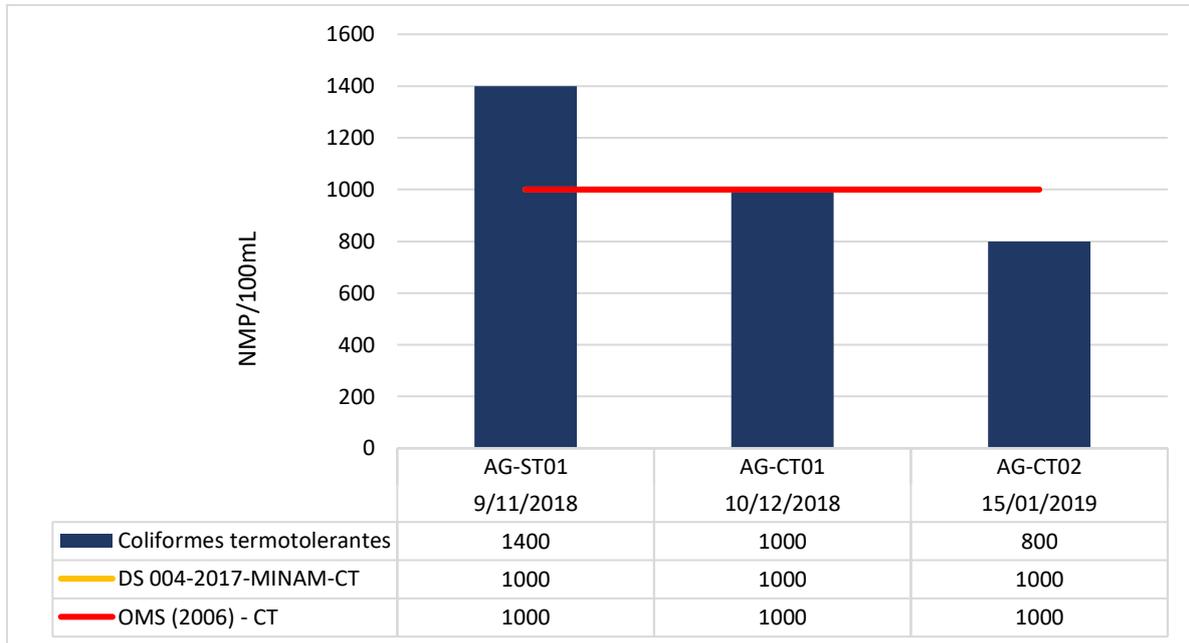
En la figura 18 se muestran los resultados del parámetro detergentes (S.A.A.M.), en el afluente AG-ST01 se registró 2 mg/l, en el efluente AG-CT01 un valor de 0.08 mg/l (96% de remoción) y en el efluente AG-CT02 un valor de 0.02 (99% de remoción), resultados que cumplen con el estándar de calidad de agua cuyo valor máximo para este parámetro es 0.2 mg/l.

Figura 18

Resultados de detergentes (S.A.A.M.)



En la figura 19 se muestran los resultados de coliformes termotolerantes, en el afluente AG-ST01 se registró 1400 NMP/100 ml, en el efluente AG-CT01 un valor de 1000 NMP/100ml (28.6% de remoción) y en el efluente AG-CT02 un valor de 800 NMP/100ml (42.9% de remoción), resultados que cumplen con el ECA-Agua y la normativa de la OMS (2006) cuyo valor máximo es 1000 NMP/100ml. Respecto a los resultados de huevos helmintos se registró de 0 huevo/L en todas las fechas cumpliendo con el ECA-Agua que establece un valor de 1 huevo/L.

Figura 19*Resultados de coliformes termotolerantes*

4.3. Análisis de beneficios económico y ambientales

Durante la ejecución de las obras de mejoramiento del Puente Arriola, en su campamento se generaban efluentes de aguas grises provenientes de las duchas y lavamanos, aproximadamente 9 m³ mensual, debiendo ser enviado a un relleno sanitario para su disposición final sin considerar su reaprovechamiento. De acuerdo a los resultados hemos podido ver que el efluente tratado mediante cuencas con mulch pueden ser calificados dentro de la normativa peruana para reúso en riego de áreas verdes (N° 004-2017-MINAM) y la OMS. Asimismo, el tratamiento y reúso de aguas grises favorecería al mantenimiento de las áreas verdes aledañas, contribuyendo a una gestión sostenible en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola.

En este sentido, se calculó el costo de manejo de efluentes (aguas grises) actual del campamento Arriola y mantenimiento de los aproximadamente 20 m² áreas verdes ubicados dentro de la obra, asciende a S/. 5600 mensuales por concepto de succión de tanque de almacenamiento de 1100 litros y disposición final (2 veces por semana), y alquiler cisterna de agua de 10 m³ semanal para mantenimiento de áreas verdes (tabla 15).

Tabla 15*Costos del manejo de efluentes y mantenimiento de áreas verdes*

ITEM	MONTO	UNIDAD
Succión de tanque de almacenamiento 1100 litros y disposición final (2 veces por semana)	4800	S/. / Mes
Alquiler cisterna de agua de 10 m3 semanal para mantenimiento de áreas verdes	800	S/. / Mes
TOTAL	5600	S/. / Mes

Para realizar en el análisis de costo - beneficio (rentabilidad) de la presente propuesta, se consideró los costos de la gestión actual del manejo de efluentes y mantenimiento de áreas verdes de la obra y se realizó un análisis comparativo de costos de la propuesta de tratamiento de aguas grises y reusó en el riego de áreas verdes. Los costos considerados para la presente investigación se muestran en la tabla 16 y 17.

Tabla 16*Costos de implementación de la investigación – Inversión*

ITEM	S/.
Costos directos de implementación (CDI)	
Viruta	210
Mangueras HDPE 16 mm	220
Mangueras HDPE 4 mm	55
Accesorios conexión	48.5
Manguera para riego 3/4"	200
Tanque Rotoplast 1100 litros	900
Balde 10Lt, jarra	35
Costos análisis en laboratorio (CAL)	1097.4
Costos indirectos de implementación (CII)	
Equipo motobomba	1200
Herramientas (pico, pala, etc.)	150
Termómetro digital	48
1 técnico jardinero	1000
TOTAL – INVERSION	5163.9

Tabla 17*Costos mensuales de mantenimiento del proyecto*

ITEM	MONTO	UNIDAD
Personal para mantenimiento	930	S/. / Mes
Gastos por combustible	150	S/. / Mes
TOTAL - GASTO MENSUAL	1080	S/. / Mes

En la tabla 18 se muestra todos los ingresos (presupuesto o gasto actual) y egresos de dinero que tendrá la empresa con el proyecto, facilitando la información necesaria para determinar la rentabilidad de la propuesta. Asimismo, se presentan los resultados de la evaluación económica financiera del proyecto de investigación, para calcular el Valor Actual Neto (VAN), se consideró una tasa del 8% dando un total de $S/12,883.15 > 0$, esto significa que el proyecto es positivo y viable. Mientras, la Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto es de 83%, el cual nos indica que es factible para la ejecución del proyecto de inversión en la instalación del sistema de tratamiento con cuencas mulch para las aguas grises. Respecto al análisis de costo beneficio, indicador que nos ayudará a medir el grado de desarrollo y bienestar para el proyecto a ejecutar y además a medir la rentabilidad de la empresa en función a sus ingresos y egresos, se determinó que por cada sol invertido se tendrá una ganancia de S/1,49. Asimismo, periodo de recuperación de la inversión sería 1.07 meses.

Tabla 18*Análisis de rentabilidad de la propuesta*

	0	1	2	3	4	5
Ingreso (Presupuesto o gasto actual)		5600	5600	5600	5600	5600
Costos		1080	1080	1080	1080	1080
Inversión	-5163.9					
Flujo de caja económico	-5163.9	4520	4520	4520	4520	4520
Acumulado		4520	9040	13560	18080	22600
COK: 8% VAN: S/12,883.15 TIR: 83% B/C: 1.49 PR: 1.07						

En la tabla 19 se presentan los resultados del análisis cualitativo de costo beneficio del proyecto, se basó en la necesidad de demostrar que los beneficios ambientales son sumamente importantes en el desarrollo de la investigación, la tabla ha sido dividida en base a los distintos componentes ambientales y sociales. Asimismo, se muestran los costos y beneficios a nivel local, regional y nacional. El análisis muestra que el efecto socioambiental global de la investigación será positivo, obteniéndose beneficios como el incremento de captura de carbono, sobrevivencia y crecimiento de árboles trasladados, mejoramiento de la belleza paisajística e incremento fertilidad del suelo.

Tabla 19*Análisis Cualitativo de Costo-Beneficio del Proyecto de investigación*

Componente ambiental		Área de estudio local	Área de estudio regional	Área de estudio nacional
Aire	Incremento captura de carbono	+	+	0
	Mejora de la calidad de aire	++		
Suelo	Incremento fertilidad del suelo	+	0	0
Flora y fauna	Sobrevivencia y crecimiento de árboles trasladados	++	0	0
	Mejoramiento de la belleza paisajística	+	0	0
Agua	Mejora de calidad de aguas grises	++	0	0
	Cantidad de agua superficial	+	0	0
Socio - económico	Empleo directo	+	+	0
	Incremento comercial	+	+	0
	Desarrollo de la comunidad	+	+	0
	Seguridad ciudadana	0	0	0

Nota: - negativo (bajo); -- negativo (moderado o alto); + positivo (bajo); ++ positivo (moderado o alto); o 0 neutra

V. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Caracterización de las aguas grises

Las aguas grises han sido caracterizadas en diversas investigaciones como: Diaz y Quispe (2021), Rojas (2021), Rivera (2021), Niño y Martínez (2013); los cuales obtuvieron diversos valores de caracterización de las aguas grises los cuales varían de acuerdo a las actividades en el hogar y su procedencia: bañera, duchas, lavatorio y lavamanos, nuestros valores se encuentran en el rango establecido por Niño y Martínez (2013) y la comparación se muestra en la tabla 20.

Tabla 20

Parámetros de las aguas grises de diversas investigaciones

Parámetros	Duchas y lavamanos	Ducha, lavadora, lavatorios	Lavadora	Lavadora, Ducha, lavatorio	Duchas y lavamanos
	Niño y Martínez (2013)	Rojas (2018)	Diaz y Quispe (2021)	Rivera (2021)	En este estudio
pH	6.4 – 8.1	7.54		6.58	7.63
SST (mg/l)	7 – 505	721		29.8	107.4
Detergentes			2.5	66.62	2
DQO (mg/l)	100 – 633	112	980.25	934.9	280.3
DBO5 (mg/l)	50 – 300	90	627	87.8	160.8
Coliformes termotolerantes	0 – 3.4 x 10 ⁵				1.4 x 10 ⁴

En la investigación de Niño (2013) se calculó la producción de agua gris (lavadora, bañeras, lavamanos, lavaderos) en las viviendas: estrato 1 (conformado por 6 adultos) genero 46.4 L/Hab-día, estrato 3 (integrado por 4 adultos) genero 57 L/Hab-día y en el estrato 5 (integrado por 3 adultos y 1 niño) 65.9 L/Hab-día. Sin embargo, en la investigación realizada en la obra de mejoramiento de la Av. Arriola se calculó una producción de aguas grises de 10.5 L/día, debido a que era un campamento provisional integrado por 35 trabajadores en promedio y la mayoría de

adultos solo se lavaban el rostro y los miembros superiores e inferiores, muy pocos se bañaban en campamento antes de retirarse a sus domicilios. Empero, si sumamos las aguas grises generados por todo el personal estaríamos registrando 366.7 L/día, lo cual es considerable y valioso si consideramos la reutilización de las aguas grises en el riego de áreas verdes.

5.2. Eficiencia de remoción de contaminantes

Las cuencas con mulch como propuesta de tratamiento de aguas grises es una alternativa que poco se ha investigado. En este sentido, no se tiene valores de referencia de investigaciones similares para fines comparativos. Sin embargo, se tomó como referencia los resultados del tratamiento de aguas grises de las investigaciones de Diaz y Quispe (2021), y Rivera (2021), los cuales obtuvieron diversos valores de remoción de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de acuerdo al tipo de tratamiento que emplearon como: filtro lento más carbón activado (Diaz y Quispe) y Filtros más coagulante opuntia ficus (Rivera), nuestros valores de remoción han sido eficientes teniendo en cuenta que no se empleó floculantes ni coagulantes adicionales para mejorar el tratamiento de las aguas grises y la comparación se muestra en la tabla 21.

Tabla 21

Porcentaje de remoción de las aguas grises utilizando diversos biofiltros

	Parámetros	Cuencas con mulch		Filtro lento + carbón activado		Filtros + coagulante opuntia ficus	
		Valor	%R	Valor	%	Valor	%
1	DBO (mg/l)	13.3	91.7	4.35	99.31	23.22	73.55
2	DQO (mg/l)	46	83.6	12.38	98.74	571.5	38.49
3	Detergentes (mg/l)	0.05	97.5	0.03	99.04	10.17	85.18
4	SST (mg/l)	11.9	89.0			1.5	94.77
5	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	900	35.7				

Nota: Adaptado de las investigaciones Diaz y Quispe (2021), Rivera (2021)

5.3. Análisis de beneficios económicos y ambientales

Meléndez (2019) realiza un análisis financiero de diversas investigaciones realizadas para el tratamiento y reúso de aguas grises, los cuales obtuvieron periodos de retornos de inversión variables en función al tipo de tratamiento y la cantidad de personas beneficiadas, nuestros resultados se acercan al caso de Ghisi y Ferreira (2007), donde se obtuvo tiempo de retorno de inversión a corto plazo, por lo mismo que no se requiere mucha inversión para su implementación y mantenimiento, siendo una alternativa eco amigables y rentable, la comparación se muestra en la tabla 21.

Tabla 22

Periodo de retorno de la inversión en diferentes investigaciones

Investigador / País	Sistema de tratamiento	Numero de apartamentos	Periodo de retorno (años)
En este estudio	Cuencas con mulch	9 (a)	1 (b)
Meléndez (2019) /Portugal	MBR	72	23.7
Mourad et al. (2011) / Siria	Humedales artificiales Biofiltro comercial	10 10	7 52
Ardila (2013) / Colombia	Tratamiento químico (coagulación/floculación)	300	11
Ghisi y Ferreira (2007) /Brasil	Humedales artificiales	17	5

Nota: Adaptado de Meléndez et al. (2019). (a) 35 trabajadores equivaldrían a 9 departamentos. (b) expresado en meses.

Mientras Ardila (2013) en su investigación “Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas”, tuvo como objetivo desarrollar un sistema de recolección, almacenamiento, tratamiento y reutilización de las aguas grises para aplicaciones a nivel doméstico como inodoros, lavadoras, riego de jardines, zonas verdes y limpieza en general de los espacios residenciales. Se encontró viable económicamente la implementación generando un ahorro del 35% y 50% en los servicios de acueducto y alcantarillado, sin tener que incrementar la cuota de administración, este proyecto requiere una inversión de \$ 395,000.00 y se obtendría un valor actual neto de \$ 21,063.47 y una tasa interna de retorno (TIR) del 5,75% para un periodo de 15 años a invertir en la mejora de la calidad de vida de los usuarios.

Sin embargo, la implementación del sistema de cuencas con mulch para el tratamiento y reúso de aguas grises en un campamento temporal de la Av. Arriola (Lima), requirió una inversión inicial de S/.5,163.90 (\$ 1,300.89) con gastos mensuales de S/.1,080 (\$ 272.07) por un periodo de 5 meses, tiempo que duro la obra. Si bien no es el mismo sistema de tratamiento de aguas grises que plantea el investigador Ardila (2013), se compara la viabilidad que obtienen los proyectos de esta envergadura, cuya finalidad tiene el ahorro del consumo de agua en riego de áreas verdes que trae consigo beneficios ambientales.

VI. CONCLUSIONES

- Se implementaron las cuencas con mulch de viruta de tornillo y pino, como sistema de tratamiento de aguas grises, considerando 21 árboles beneficiarios, capacidad del tanque de almacenamiento (1100 litros) y el tipo de suelo franco arenoso, estimándose un área efectiva para cada cuenca con mulch de 0.51 m². Asimismo, se realizó la caracterización del agua gris sin tratamiento en la salida del tanque de almacenamiento registrándose los resultados en la tabla 14, evidenciándose que los resultados exceden la normativa ECA-Agua para riego de vegetales a excepción del parámetro huevos helmintos.
- Se obtuvo resultados eficientes en la remoción de contaminantes de aguas grises, se registraron valores promedio en el efluente de 13.3 mg/ para DBO₅ (91.7% de remoción), en cuanto a DQO se registró en promedio 46 mg/l (83.6 %). Mientras, para SST una remoción de 89% (11.9 mg/l) y detergentes 97.5% (0.05 mg/l). Respecto a huevos helmintos no se detectó su presencia en ninguna de las muestras y para coliformes termotolerantes (CT) 35.7% de remoción (900 NMP/100ml). De manera referencial se compararon los resultados con la normativa ECA-Agua, categoría 3 (riego no restringido), los cuales para los parámetros pH, conductividad, detergentes, DBO₅, Huevos helmintos y CT cumplen con lo establecido en la norma.
- Queda demostrado que el sistema de cuencas con mulch, como propuesta de tratamiento de aguas grises ofrece beneficios económicos y ambientales en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria. Luego de un análisis cualitativo desarrollado por cada componente socioambiental se obtendrán beneficios en el incremento de captura de carbono, fertilidad del suelo, crecimiento de los árboles trasladados, mejora de la belleza paisajística, entre otros. Asimismo, luego de un análisis cuantitativo se demostró que la investigación es rentable y ahorrara S/.12,883.15, considerando una tasa de interés del 8%. Además, hallándose un índice de rentabilidad de 1.49, es decir que por cada sol invertido se tendrá una ganancia de S/1,49; ambos indicadores nos muestran la sostenibilidad de la investigación, siendo una alternativa rentable por la accesibilidad de su implementación y la eficiencia en la remoción de contaminantes presentes en las aguas grises.
- Se ha logrado implementar el sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de las aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolas Arriola, siendo un tipo de tratamiento poco investigado ha obtenido buenos resultados de remoción de contaminantes presentes en las aguas grises, generando rentabilidad económica en corto tiempo y beneficios ambientales.

VII. RECOMENDACIONES

- Diseñar un sistema de gestión integral de efluentes provenientes de las duchas y lavamanos en proyectos de infraestructura que no cuenten con conexión a un sistema de alcantarillado, ya sean en zonas urbanas o rurales, que incluya el aprovechamiento en el riego de áreas verdes considerando la información obtenida de la presente investigación.
- La investigación podría ampliarse para diversas estaciones del año, realizándose análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos del agua gris posterior a su tratamiento, con la finalidad de evaluar las tendencias de depuración del agua gris.
- El mulch de viruta de pino luego de su uso puede ser reaprovechado previa evaluación y degradación en composteras como abono para fertilizar el suelo.
- Realizar investigaciones en donde se evalué la eficacia del uso de mulch de viruta versus mulch de hojas secas y su efecto en el tratamiento de las aguas grises.

VIII. REFERENCIAS

- Allen, L. (2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises*. California.
- Ardila Galvis, M. (2013). *Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas*. Bogotá.
- Asociación Española de empresas del Sector del Agua. (2018). *Aguas grises: Origen, composición y tecnologías para su reciclaje*. Madrid.
- 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. *Revista Manglar*, 17(2). Obtenido de <http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/163/299>
- Baca Neglia, M. F. (2018). *Sistema de Tratamiento compacto de efluentes domésticos para reuso en el riego de áreas verdes y jardines*. Lima.
- Blank, L., & Tarquin, A. (2012). *Ingeniería Económica*. (7 ed.). Colombia: McGraw – Hill.
- Castro, M. (2015). *Un uso eficiente del agua doméstica: Tratamiento de aguas grises*. Sevilla.
- Collazos, C. (2008). *Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales*. Bogotá.
- Díaz, M., Decinti, A., Blanco, D., & Vasquez, K. (2021). Metodología para la reutilización de aguas grises en viviendas ubicadas en áreas de estrés hídrico y estrés hídrico extremo - Caracterización, calidad y opciones de tratamiento para su reuso en Chile. *Informes de la Construcción*, 73(563). doi:<https://doi.org/10.3989/ic.80823>
- Díaz-Amaya, K., & Quispe-Alvarez, W. (2021). *Determinación de la eficiencia de un filtro lento para tratamiento de aguas grises de lavadora y su reutilización en riego y fines domésticos*. Lima. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4424/Katherine_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., & Ledin, A. (2002). *Characteristics of grey wastewater*.

- Gallo, H. (2015). *Plantas de tratamiento de aguas grises*. Buenos Aires.
- Ghisi, E., & Ferreira, D. (2007). Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. *Build. Environ*, 42(7), 2512–2522. doi:doi: 10.1016/j.buildenv.2006.07.019
- Loza, P. (2017). *Diseño de un sistema de reciclado de aguas grises y su reaprovechamiento para un desarrollo sostenible en una vivienda multifamiliar de doce pisos en la ciudad de Tacna*. Lima.
- Madueño, L., Meza, M., & Rashta, C. (2018). *Tratamiento y reúso de aguas grises mediante un filtro lento de arena*. Lima.
- Matos, C., Sampaio, A., & Bentes, I. (2012). *Greywater Use in Irrigation: Characteristics, Advantages and Concerns. Irrigation - Water Management, Pollution and Alternative Strategie*.
- Meléndez, J., Lemos, M., Domínguez, I., & Oviedo, R. (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*, 18(1). doi:<https://doi.org/10.18273/revuin.v18n1-2019020>
- Mendoza, L., Cabezas, R., & Font, L. (2011). La cobertura natural como reguladora del agua residual del suelo en tiempos de sequía. *Revista Agrisost*, 17(1), 9-16.
- MINAM. (7 de Junio de 2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *Diario Oficial El Peruano*. Obtenido de <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-e-ca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>
- Morel, A., & Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or*.

- Niño, E., & Martínez, N. (2013). *Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá*. Bogotá.
- Organismo Mundial de la Salud - OMS. (2006). *Valores guía de la OMS para el reuso de aguas residuales, excretas y aguas grises en la acuicultura ("Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater")*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1999). *Wastewater treatment and use in agriculture*.
- Organización panamericana de la salud. (2005). *Curso de tratamiento y uso de aguas residuales - CEPIS, OPS & OMS*. Lima.
- Peñaherrera, C., & Altamirano, F. (2020). *Reaprovechamiento de aguas grises, una revisión de las alternativas*. Tarapoto. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/4055>
- Quispe, A., & Casimiro, W. (2019). Evaluación de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Carapongo, Lurigancho-Chosica. *Revista Catedra Villarreal*, 7(1), 66 - 83. doi:<https://doi.org/10.24039/cv201971325>
- Rivera, J., Zamora, N., & Gomez, W. (2021). Tratamiento de aguas grises aplicando opuntia ficus indica como coagulante en un sistema piloto. *Revista Catedra*. Obtenido de <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/RCV/article/view/961>
- Rodas, J. (2019). *Impacto de la reutilización del agua gris en la sostenibilidad del agua potable de la ciudad de Huancayo, 2017*. Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5888>
- Rojas, K. (2018). *Diseño y aplicación de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises, para disminuir el consumo de agua potable en vivienda familiar en el distrito de Jepelacio - 2017*. Moyobamba. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3098>

Tierramor. (23 de Noviembre de 2018). *Uso eficiente de agua*. Obtenido de <http://www.tierramor.org/permacultura/agua2.htm>

UNESCO. (2003). *Agua para todos agua para la vida*. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.

Valera, A. (2017). *Tratamiento de aguas grises para reutilizar en servicios higiénicos de una vivienda Multifamiliar del edificio Canto Bello en San Juan de Lurigancho*. Lima.

Vergara, A. (2014). *Las empresas prestadoras de servicio (EPS) y su Desarrollo - 2013*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Gerencia de Supervision y Fiscalizacion, Lima.

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de Consistencia

Anexo B. Mapa de Ubicación del proyecto

Anexo C. Plano de inventario de arboles

Anexo D. Plano de ubicación de campamento

Anexo E. Plano distribución de cuencas mulch

Anexo F. Informes de laboratorio

ANEXO A

MATRIZ DE CONSISTENCIA

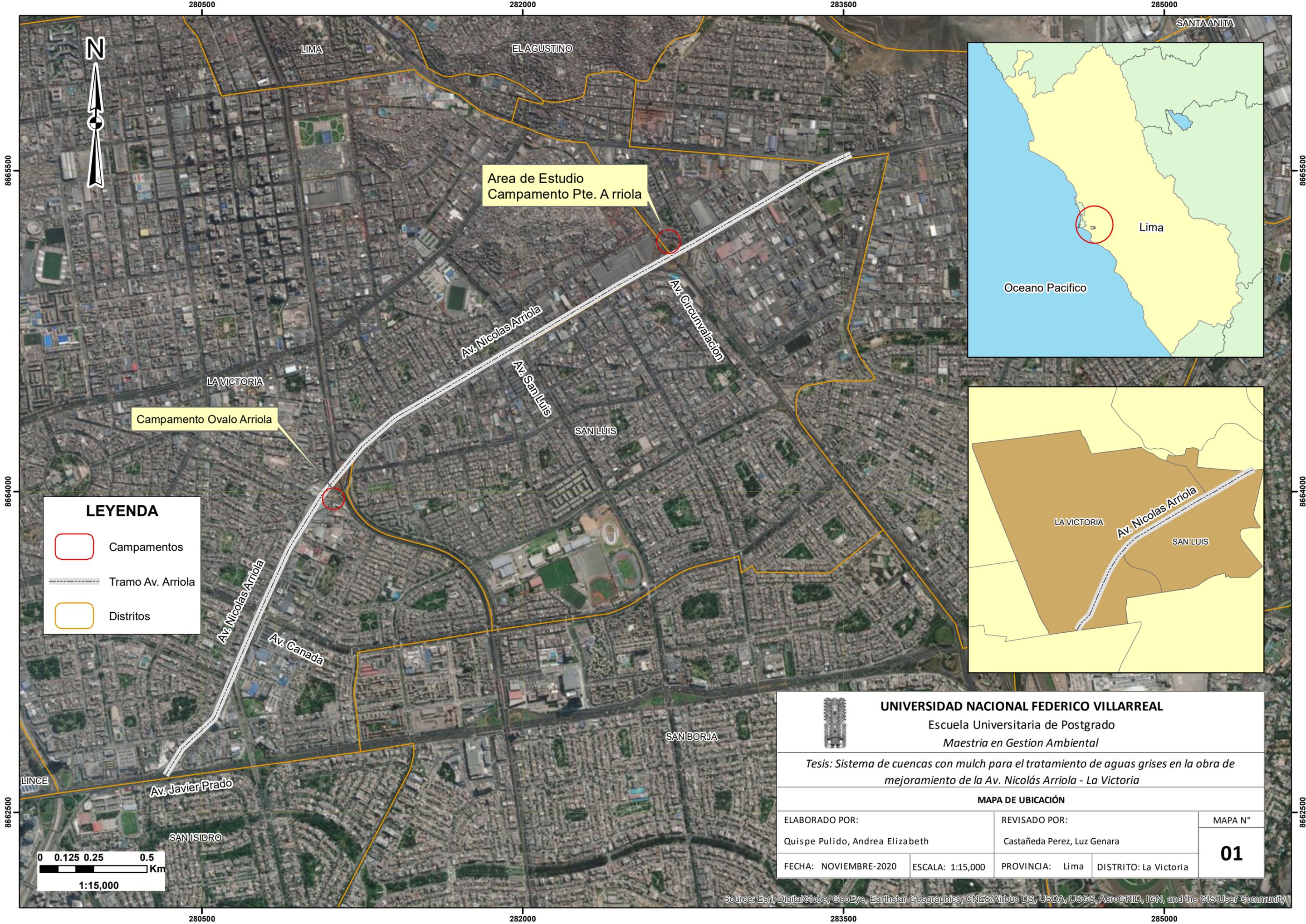
MATRIZ DE CONSISTENCIA

SISTEMA DE CUENCAS CON MULCH PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN LA OBRA DE MEJORAMIENTO DE LA AV. NICOLÁS ARRIOLA - LA VICTORIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema principal</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo el sistema de cuencas con mulch influye en el Tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria? <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las características físico, químico y microbiológico de aguas grises de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria? ¿Cómo el sistema de cuencas con mulch influye en la remoción de contaminantes de aguas grises generados en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria? ¿De qué manera el sistema de cuencas con mulch influye en el beneficio económico-ambiental de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria? 	<p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> Implementar el sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar la caracterización preliminar de las aguas grises de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria, a fin de determinar sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes en las aguas grises luego del tratamiento en el sistema de cuencas con mulch. en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria Determinar el beneficio económico-ambiental del sistema de cuencas con mulch implementado para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria 	<p>Hipótesis general</p> <ul style="list-style-type: none"> La implementación del sistema de cuencas con mulch influye favorablemente en el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> La caracterización de las aguas grises de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria, permite determinar sus parámetros físico, químico y microbiológico. El sistema de cuencas con mulch influye favorablemente en la remoción de contaminantes de aguas grises generados en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria. El sistema de cuencas con mulch influye favorablemente en el beneficio económico-ambiental de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria. 	<p>Variable independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Sistema de cuencas con mulch <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Cantidad producida de aguas grises Tipo de suelo Área efectiva para cada cuenca mulch Tipo de plantas Tipo de riego <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Tratamiento de aguas grises <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Parámetros físico, químico y microbiológico de aguas grises Remoción de contaminantes Variables económicas ambientales 	<p>Método:</p> <p>Empírico</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Experimental</p> <p>Nivel:</p> <p>Explicativa</p> <p>Diseño</p> <p>Experimental</p> <p>Muestreo</p> <p>No probabilístico</p> <p>Población:</p> <p>Aguas grises</p> <p>Muestra</p> <p>Aguas grises del campamento de la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola</p>	<p>Técnica</p> <ul style="list-style-type: none"> Manual de diseño para manejo de aguas grises para riego exterior (Greywater Action, 2015) Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. D.S. N° 004-2017-MINAM

ANEXO **B**

MAPA DE UBICACIÓN



LEYENDA

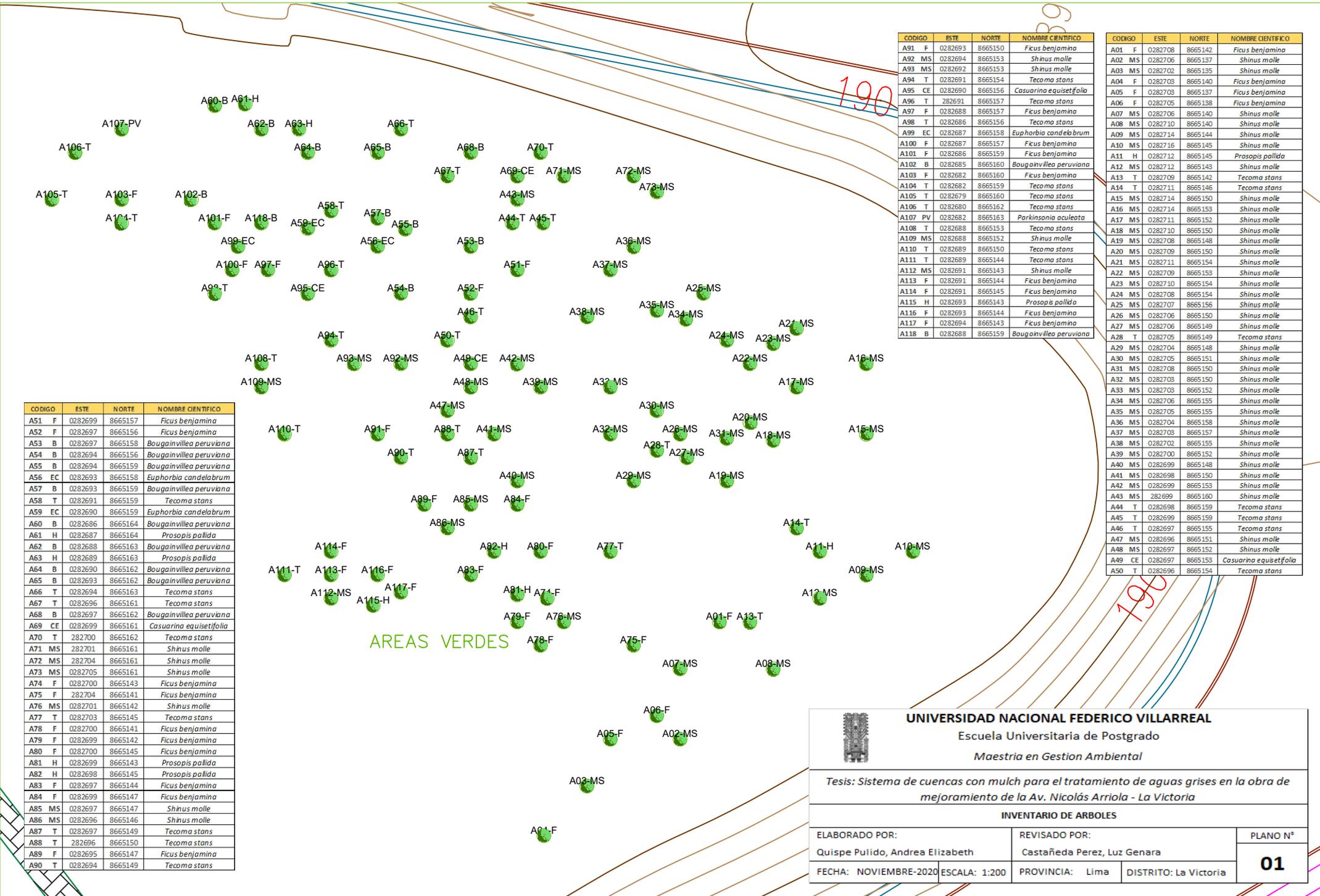
- Campamentos
- Tramo Av. Arriola
- Distritos

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL Escuela Universitaria de Postgrado Maestría en Gestión Ambiental			
<i>Tesis: Sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria</i>			
MAPA DE UBICACIÓN			
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	MAPA N°	
Quispe Pulido, Andrea Elizabeth	Castañeda Perez, Luz Genara	01	
FECHA: NOVIEMBRE-2020	ESCALA: 1:15,000	PROVINCIA: Lima	DISTRITO: La Victoria

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

ANEXO C

PLANO INVENTARIO DE ARBOLES



CODIGO	ESTE	NORTE	NOMBRE CIENTIFICO	
A51	F	0282699	8665157	<i>Ficus benjamina</i>
A52	F	0282697	8665156	<i>Ficus benjamina</i>
A53	B	0282697	8665158	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A54	B	0282694	8665156	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A55	B	0282694	8665159	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A56	EC	0282693	8665158	<i>Euphorbia candelebrum</i>
A57	B	0282693	8665159	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A58	T	0282691	8665159	<i>Tecoma stans</i>
A59	EC	0282690	8665159	<i>Euphorbia candelebrum</i>
A60	B	0282686	8665164	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A61	H	0282687	8665164	<i>Prosopis pallida</i>
A62	B	0282688	8665163	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A63	H	0282689	8665163	<i>Prosopis pallida</i>
A64	B	0282690	8665162	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A65	B	0282693	8665162	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A66	T	0282694	8665163	<i>Tecoma stans</i>
A67	T	0282696	8665161	<i>Tecoma stans</i>
A68	B	0282697	8665162	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A69	CE	0282699	8665161	<i>Casuarina equisetifolia</i>
A70	T	282700	8665162	<i>Tecoma stans</i>
A71	MS	282701	8665161	<i>Shinus molle</i>
A72	MS	282704	8665161	<i>Shinus molle</i>
A73	MS	0282705	8665161	<i>Shinus molle</i>
A74	F	0282700	8665143	<i>Ficus benjamina</i>
A75	F	282704	8665141	<i>Ficus benjamina</i>
A76	MS	0282701	8665142	<i>Shinus molle</i>
A77	T	0282703	8665145	<i>Tecoma stans</i>
A78	F	0282700	8665141	<i>Ficus benjamina</i>
A79	F	0282699	8665142	<i>Ficus benjamina</i>
A80	F	0282700	8665145	<i>Ficus benjamina</i>
A81	H	0282699	8665143	<i>Prosopis pallida</i>
A82	H	0282698	8665145	<i>Prosopis pallida</i>
A83	F	0282697	8665144	<i>Ficus benjamina</i>
A84	F	0282699	8665147	<i>Ficus benjamina</i>
A85	MS	0282697	8665147	<i>Shinus molle</i>
A86	MS	0282696	8665146	<i>Shinus molle</i>
A87	T	0282697	8665149	<i>Tecoma stans</i>
A88	T	282696	8665150	<i>Tecoma stans</i>
A89	F	0282695	8665147	<i>Ficus benjamina</i>
A90	T	0282694	8665149	<i>Tecoma stans</i>

CODIGO	ESTE	NORTE	NOMBRE CIENTIFICO	
A91	F	0282693	8665150	<i>Ficus benjamina</i>
A92	MS	0282694	8665153	<i>Shinus molle</i>
A93	MS	0282692	8665153	<i>Shinus molle</i>
A94	T	0282691	8665154	<i>Tecoma stans</i>
A95	CE	0282690	8665156	<i>Casuarina equisetifolia</i>
A96	T	282691	8665157	<i>Tecoma stans</i>
A97	F	0282688	8665157	<i>Ficus benjamina</i>
A98	T	0282686	8665156	<i>Tecoma stans</i>
A99	EC	0282687	8665158	<i>Euphorbia candelebrum</i>
A100	F	0282687	8665157	<i>Ficus benjamina</i>
A101	F	0282686	8665159	<i>Ficus benjamina</i>
A102	B	0282685	8665160	<i>Bougainvillea peruviana</i>
A103	F	0282682	8665160	<i>Ficus benjamina</i>
A104	T	0282682	8665159	<i>Tecoma stans</i>
A105	T	0282679	8665160	<i>Tecoma stans</i>
A106	T	0282680	8665162	<i>Tecoma stans</i>
A107	PV	0282682	8665163	<i>Parkinsonia aculeata</i>
A108	T	0282688	8665153	<i>Tecoma stans</i>
A109	MS	0282688	8665152	<i>Shinus molle</i>
A110	T	0282689	8665150	<i>Tecoma stans</i>
A111	T	0282689	8665144	<i>Tecoma stans</i>
A112	MS	0282691	8665143	<i>Shinus molle</i>
A113	F	0282691	8665144	<i>Ficus benjamina</i>
A114	F	0282691	8665145	<i>Ficus benjamina</i>
A115	H	0282693	8665143	<i>Prosopis pallida</i>
A116	F	0282693	8665144	<i>Ficus benjamina</i>
A117	F	0282694	8665143	<i>Ficus benjamina</i>
A118	B	0282688	8665159	<i>Bougainvillea peruviana</i>

CODIGO	ESTE	NORTE	NOMBRE CIENTIFICO	
A01	F	0282708	8665142	<i>Ficus benjamina</i>
A02	MS	0282706	8665137	<i>Shinus molle</i>
A03	MS	0282702	8665135	<i>Shinus molle</i>
A04	F	0282703	8665140	<i>Ficus benjamina</i>
A05	F	0282703	8665137	<i>Ficus benjamina</i>
A06	F	0282705	8665138	<i>Ficus benjamina</i>
A07	MS	0282706	8665140	<i>Shinus molle</i>
A08	MS	0282710	8665140	<i>Shinus molle</i>
A09	MS	0282714	8665144	<i>Shinus molle</i>
A10	MS	0282716	8665145	<i>Shinus molle</i>
A11	H	0282712	8665145	<i>Prosopis pallida</i>
A12	MS	0282712	8665143	<i>Shinus molle</i>
A13	T	0282709	8665142	<i>Tecoma stans</i>
A14	T	0282711	8665146	<i>Tecoma stans</i>
A15	MS	0282714	8665150	<i>Shinus molle</i>
A16	MS	0282714	8665153	<i>Shinus molle</i>
A17	MS	0282711	8665152	<i>Shinus molle</i>
A18	MS	0282710	8665150	<i>Shinus molle</i>
A19	MS	0282708	8665148	<i>Shinus molle</i>
A20	MS	0282709	8665150	<i>Shinus molle</i>
A21	MS	0282711	8665154	<i>Shinus molle</i>
A22	MS	0282709	8665153	<i>Shinus molle</i>
A23	MS	0282710	8665154	<i>Shinus molle</i>
A24	MS	0282708	8665154	<i>Shinus molle</i>
A25	MS	0282707	8665156	<i>Shinus molle</i>
A26	MS	0282706	8665150	<i>Shinus molle</i>
A27	MS	0282706	8665149	<i>Shinus molle</i>
A28	T	0282705	8665149	<i>Tecoma stans</i>
A29	MS	0282704	8665148	<i>Shinus molle</i>
A30	MS	0282705	8665151	<i>Shinus molle</i>
A31	MS	0282708	8665150	<i>Shinus molle</i>
A32	MS	0282703	8665150	<i>Shinus molle</i>
A33	MS	0282703	8665152	<i>Shinus molle</i>
A34	MS	0282706	8665155	<i>Shinus molle</i>
A35	MS	0282705	8665155	<i>Shinus molle</i>
A36	MS	0282704	8665158	<i>Shinus molle</i>
A37	MS	0282703	8665157	<i>Shinus molle</i>
A38	MS	0282702	8665155	<i>Shinus molle</i>
A39	MS	0282700	8665152	<i>Shinus molle</i>
A40	MS	0282699	8665148	<i>Shinus molle</i>
A41	MS	0282698	8665150	<i>Shinus molle</i>
A42	MS	0282699	8665153	<i>Shinus molle</i>
A43	MS	282699	8665150	<i>Shinus molle</i>
A44	T	0282698	8665159	<i>Tecoma stans</i>
A45	T	0282699	8665159	<i>Tecoma stans</i>
A46	T	0282697	8665155	<i>Tecoma stans</i>
A47	MS	0282696	8665151	<i>Shinus molle</i>
A48	MS	0282697	8665152	<i>Shinus molle</i>
A49	CE	0282697	8665153	<i>Casuarina equisetifolia</i>
A50	T	0282696	8665154	<i>Tecoma stans</i>

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Escuela Universitaria de Postgrado
Maestria en Gestion Ambiental

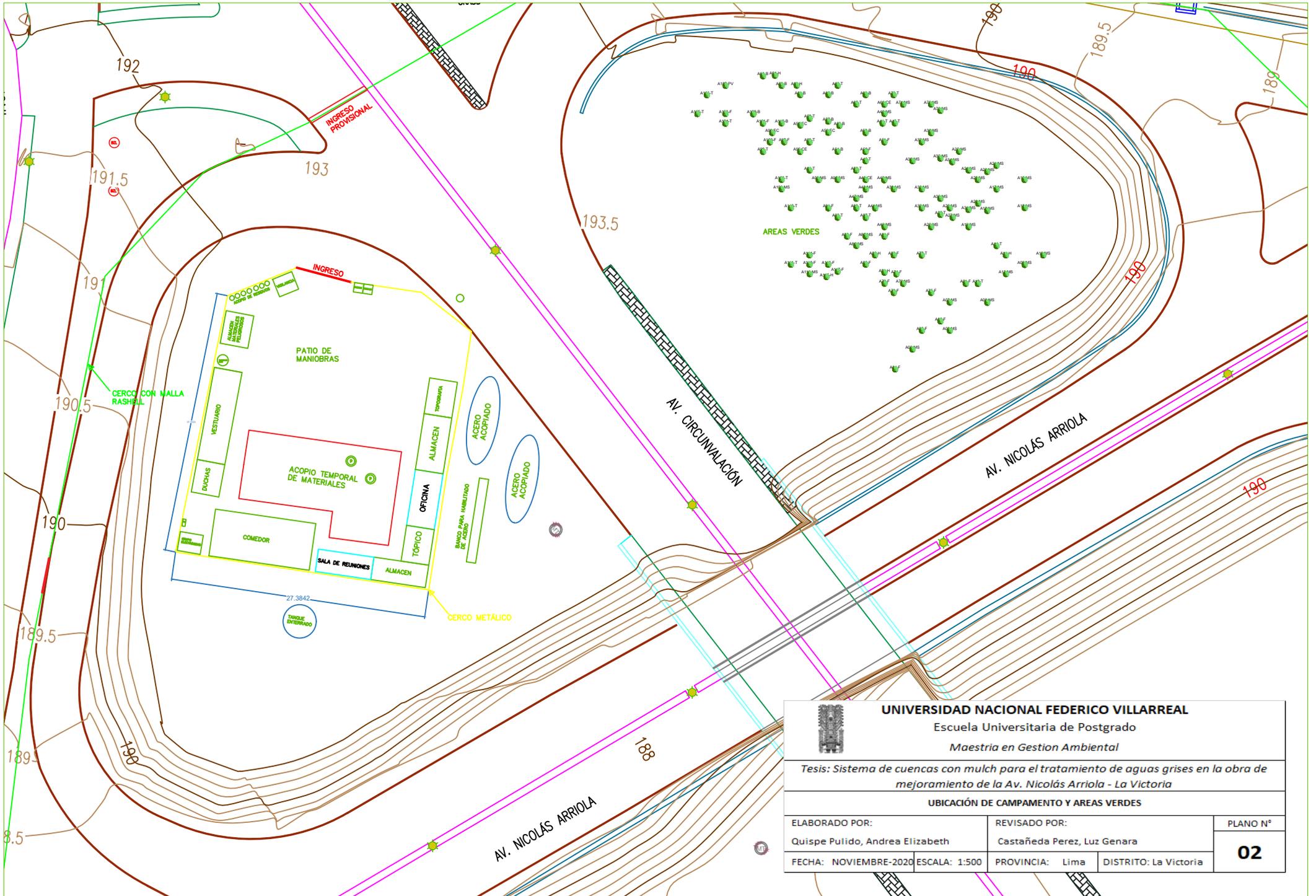
Tesis: Sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria

INVENTARIO DE ARBOLES

ELABORADO POR: Quispe Pulido, Andrea Elizabeth	REVISADO POR: Castañeda Perez, Luz Genara	PLANO N°
FECHA: NOVIEMBRE-2020	ESCALA: 1:200	01
PROVINCIA: Lima	DISTRITO: La Victoria	

ANEXO D

PLANO UBICACIÓN DE CAMPAMENTO




UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Escuela Universitaria de Postgrado
 Maestría en Gestión Ambiental

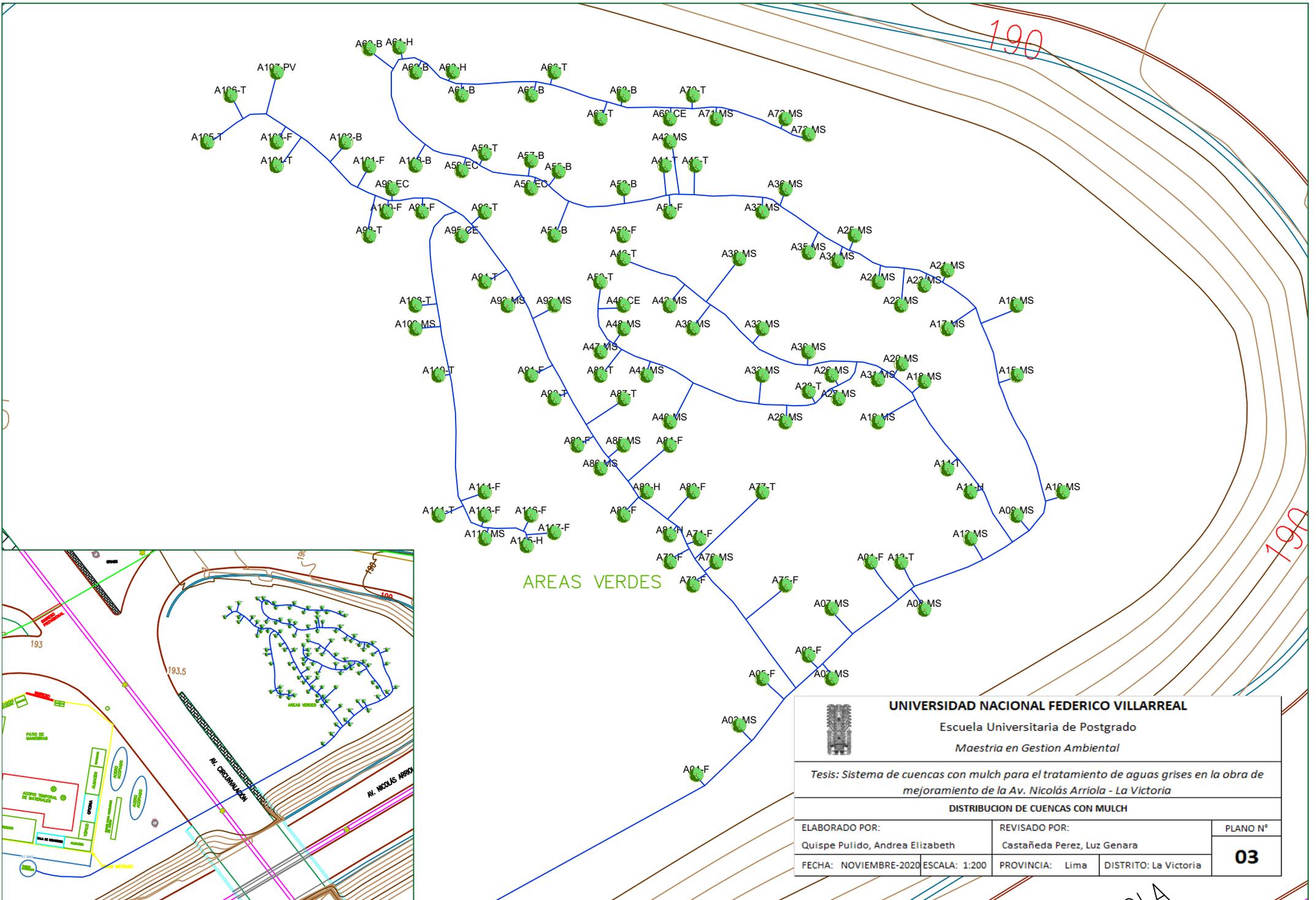
Tesis: Sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria

UBICACIÓN DE CAMPAMENTO Y AREAS VERDES

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	PLANO N°
Quispe Pulido, Andrea Elizabeth	Castañeda Perez, Luz Genara	02
FECHA: NOVIEMBRE-2020	ESCALA: 1:500	PROVINCIA: Lima DISTRITO: La Victoria

ANEXO E

PLANO **DISTRIBUCIÓN** **DE CUENCAS MULCH**



AREAS VERDES

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Escuela Universitaria de Postgrado

Maestría en Gestión Ambiental

Tesis: Sistema de cuencas con mulch para el tratamiento de aguas grises en la obra de mejoramiento de la Av. Nicolás Arriola - La Victoria

DISTRIBUCION DE CUENCAS CON MULCH

ELABORADO POR: Quispe Pulido, Andrea Elizabeth	REVISADO POR: Castañeda Perez, Luz Genara	PLANO N°
FECHA: NOVIEMBRE-2020	ESCALA: 1:200	PROVINCIA: Lima
		DISTRITO: La Victoria
		03

ANEXO F

**INFORMES DE ENSAYO
LABORATORIO SAG**

INFORME DE ENSAYO N° 126364- 2018 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ANDREA ELIZABETH QUISPE PULIDO
DOMICILIO LEGAL : SR. DE LOS MILAGROS MZ. C LOTE 2 ATE - LIMA
SOLICITADO POR : ANDREA ELIZABETH QUISPE PULIDO
REFERENCIA : TESIS
PROCEDENCIA : CAMPAMENTO PUENTE ARRÍOLA
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2018-11-09
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2018-11-09
MUESTREO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ^(a)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-O C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5 ^(b)	O ₂ mg/L
S.A.A.M (Detergentes)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C. 23rd Ed. 2017. Surfactants as MBAS.	---	mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL
Huevos de Helmintos en Aguas	SAG-141024 Rev. 01 (Validado), 2017. Referenciado en el Método de Baillenger modificado). Identificación y Cuantificación de Huevos de Helmintos en Aguas.	1	Huevos/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	
Matriz analizada	Agua Residual	
Fecha de muestreo	2018-11-09	
Hora de inicio de muestreo (h)	12:12	
Condiciones de la muestra	Refrigerada / Preservada	
Código del Cliente	AG-ST-01	
Código del Laboratorio	18110545	
Ensayo	Unidad	Resultados
Conductividad	µS/cm	7080
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	160.80
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	280.3
Oxígeno Disuelto OD	O ₂ mg/L	<0.5
S.A.A.M (Detergentes)	mg/L	2.00
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	107.40
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	140 x 10 ¹

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber superado el tiempo de perecibilidad.

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Bloq. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403

Quim. Belbeth Y. Fajardo Lec

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada de este documento o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rius Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO N° 126364- 2018 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua Residual
Matriz analizada		Agua Residual
Fecha de muestreo		2018-11-09
Hora de inicio de muestreo (h)		12:12
Condiciones de la muestra		Refrigerada
Código del Cliente		AG-ST-01
Código del Laboratorio		18110545
Ensayo	Unidad	Resultados
Huevos de Helmintos		
Nemátodos		
Familia / Género / Especie:		
<i>Ascaris sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Ancylostomideo</i>	Huevos/L	<1
<i>Enterobius vermicularis</i>	Huevos/L	<1
<i>Trichuris sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Toxocara sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Capillaria sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Trichostrongylus sp.</i>	Huevos/L	<1
Céstodos		
Género / Especie:		
<i>Dyphylidium sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Taenia sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis diminuta</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis nana</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis sp.</i>	Huevos/L	<1
Tremátodos		
Género / Especie:		
<i>Fasciola hepática</i>	Huevos/L	<1
<i>Paragonimus sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Schistosoma sp.</i>	Huevos/L	<1
Acantocéfalo		
Género:		
<i>Macracanthorhynchus sp.</i>	Huevos/L	<1
Total²	Huevos/L	<1

2: Indica el número de Huevos/L total por litro de muestra incluyendo todas las especies encontradas.

Nota: <1 es equivalente a 0, lo que indica la no detección de huevos de helmintos.

Lima, 20 de Noviembre del 2018.


 Blgo. Roger Aparicio Estrada
 C.B.P. N° 7403
 Asesor Técnico Biológico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

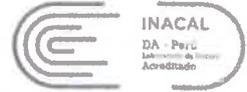
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 126380- 2018 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ANDREA ELIZABETH QUISPE PULIDO
DOMICILIO LEGAL : SR. DE LOS MILAGROS MZ. C. LOTE 2 ATE - LIMA
SOLICITADO POR : ANDREA ELIZABETH QUISPE PULIDO
REFERENCIA : TESIS
PROCEDENCIA : CAMPAMENTO PUENTE ARRÍOLA
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2018-12-10
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2018-12-10
MUESTREO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ^(b)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10,0	O ₂ mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-O C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5 ^(b)	O ₂ mg/L
S.A.A.M (Detergentes)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C. 23rd Ed. 2017. Surfactants as MBAS.	---	mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1,8 ^(a)	NMP/100mL
Huevos de Helmintos en Aguas	SAG-141024 Rev. 01 (Validado), 2017. Referenciado en el Método de Ballenger modificado). Identificación y Cuantificación de Huevos de Helmintos en Aguas.	1	Huevos/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	
Matriz analizada	Agua Residual	
Fecha de muestreo	2018-12-10	
Hora de inicio de muestreo (h)	2:10	
Condiciones de la muestra	Refrigerada / Preservada	
Código del Cliente	AG-CT-01	
Código del Laboratorio	18120554	
Ensayo	Unidad	Resultados
Conductividad	µS/cm	158
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15.25
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	54
Oxígeno Disuelto OD	O ₂ mg/L	3.8
S.A.A.M (Detergentes)	mg/L	0.08
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	10.9
Numeración de Coliformes Fecales (1)	NMP/100mL	100 x 10 ⁴

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber superado el tiempo de perecibilidad.

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Blgo. Roger Aparicio Estrada

Quim. Belbeth Y. Fajardo Leu

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

EPA: Environmental Protection Agency, ASTM: American Society for Testing and Materials, NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada en el formato o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2

Cod.: FI 02/Revisión: 08/FE-03/2018

EXPERTS WORKING FOR YOU

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 126380- 2018 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	
Matriz analizada	Agua Residual	
Fecha de muestreo	2018-12-10	
Hora de inicio de muestreo (h)	2:10	
Condiciones de la muestra	Refrigerada	
Código del Cliente	AG-CT-01	
Código del Laboratorio	18120554	
Ensayo	Unidad	Resultados
Huevos de Helmintos		
Nemátodos		
Familia / Género / Especie:		
<i>Ascaris sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Ancylostomídeo</i>	Huevos/L	<1
<i>Enterobius vermicularis</i>	Huevos/L	<1
<i>Trichuris sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Toxocara sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Capillaria sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Trichostrongylus sp.</i>	Huevos/L	<1
Céstodos		
Género / Especie:		
<i>Dyphylidium sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Taenia sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis diminuta</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis nana</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis sp.</i>	Huevos/L	<1
Tremátodos		
Género / Especie:		
<i>Fasciola hepática</i>	Huevos/L	<1
<i>Paragonimus sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Schistosoma sp.</i>	Huevos/L	<1
Acantocéfalo		
Género:		
<i>Macracanthorhynchus sp.</i>	Huevos/L	<1
Total²	Huevos/L	<1

2: Indica el número de Huevos/L total por litro de muestra incluyendo todas las especies encontradas.

Nota: <1 es equivalente a 0, lo que indica la no detección de huevos de helmintos.

Lima, 26 de Diciembre del 2018.

Elgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency, ASTM: American Society for Testing and Materials, NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Malto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 126388- 2019 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ANDREA ELIZABETH QUISPE PULIDO
DOMICILIO LEGAL : SR. DE LOS MILAGROS M2 LOTE 2 ATE - LIMA
SOLICITADO POR : ANDREA ELIZABETH QUISPE PULIDO
REFERENCIA : TESIS
PROCEDENCIA : CAMPAMENTO PUENTE ARRÍOLA
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2019-01-15
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2019-01-15
MUESTREO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ^(b)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-D C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5 ^(b)	O ₂ mg/L
S.A.A.M (Detergentes)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23rd Ed. 2017. Surfactants as MBAS.	---	mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL
Huevos de Helmintos en Aguas	SAG-141024 Rev. 01 (Validado), 2017. Referenciado en el Método de Ballenger modificado). Identificación y Cuantificación de Huevos de Helmintos en Aguas.	1	Huevos/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarada	Agua Residual	
Matriz analizada	Agua Residual	
Fecha de muestreo	2019-01-15	
Hora de inicio de muestreo (h)	10:45	
Condiciones de la muestra	Refrigerada / Preservada	
Código del Cliente	AG-CT-02	
Código del Laboratorio	19010235	
Ensayo	Unidad	Resultados
Conductividad	µS/cm	190
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	11.36
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	38
Oxígeno Disuelto OD	O ₂ mg/L	4.3
S.A.A.M (Detergentes)	mg/L	0.02
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	12.8
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	800

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber superado el tiempo de perecibilidad.

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Blgo. Roger Aparicio Estrada

SAG N° 7403

Quim. Belbeth Y. Fajardo Lec.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada por el laboratorio de este tipo o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO N° 126388- 2019
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua Residual
Matriz analizada		Agua Residual
Fecha de muestreo		2019-01-15
Hora de inicio de muestreo (h)		10:45
Condiciones de la muestra		Refrigerada
Código del Cliente		AG-CT-02
Código del Laboratorio		19010235
Ensayo	Unidad	Resultados
Huevos de Helmintos		
Nemátodos		
Familia / Género / Especie:		
<i>Ascaris sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Ancylostomídeo</i>	Huevos/L	<1
<i>Enterobius vermicularis</i>	Huevos/L	<1
<i>Trichuris sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Toxocara sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Capillaria sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Trichostrongylus sp.</i>	Huevos/L	<1
Céstodos		
Género / Especie:		
<i>Dyphylidium sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Taenia sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis diminuta</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis nana</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis sp.</i>	Huevos/L	<1
Tremátodos		
Género / Especie:		
<i>Fasciola hepática</i>	Huevos/L	<1
<i>Paragonimus sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Schistosoma sp.</i>	Huevos/L	<1
Acantocéfalo		
Género:		
<i>Macracanthorhynchus sp.</i>	Huevos/L	<1
Total*	Huevos/L	<1

2: Indica el número de Huevos/L total por litro de muestra incluyendo todas las especies encontradas.
Nota: <1 es equivalente a 0, lo que indica la no detección de huevos de helmintos.

Lima, 28 de Enero del 2019

Roger Aparicio Estrada
Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1503 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com