

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Reaprovechamiento de aguas grises, una revisión de las alternativas  
como un atenuante ambiental.**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería  
Ambiental

**Autores:**

Claudia Peñaherrera Mora  
Flor Adelith Altamirano Carrasco

**Asesor:**

Mg. Carmelino Almestar Villegas.

**Tarapoto, diciembre de 2020**

# DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Carmelino Almestar Villegas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Reaprovechamiento de aguas grises, una revisión de las alternativas como un atenuante ambiental”** constituye la memoria que presenta las estudiantes, Claudia Peñaherrera Mora y Flor Adelith Altamirano Carrasco, para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental; cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 29 días del mes de diciembre del año 2020.



---

Mg. Carmelino Almestar Villegas

040

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En San Martín, Tarapoto, Morales, a ..... día(s) del mes de ..... del año 20..... siendo las..... horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión, campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo el (la) 30/01/2016

secretario(a): Mtra. Dayani Shirley Romero Vela y los demás miembros:

Mtra. Katterin Lince Luz Pinedo Gomez

y el (la) asesor (a) Mto. Carmelino Almueta

Villegas con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado:

Reaprovechamiento de aguas grises, una revisión de las alternativas como atenuante ambiental.

de los (las) egresados (as): a) Claudia Peñaherrera Mora

b) Flor Adelith Altamirano

Carrasco conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Ambiental  
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a las candidato (a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por las candidato (a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Claudia Peñaherrera Mora

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Candidato/a (b): Flor Adelith Altamirano Carrasco

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a las candidato (a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente/a

[Firma]  
Secretario/a

\_\_\_\_\_  
Asesor/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)



# Reaprovechamiento de aguas grises, una revisión de las alternativas como un atenuante ambiental.

## Reuse of gray water, a review of alternatives as an environmental mitigation.

Flor Altamirano-Carrasco<sup>1</sup>, Claudia Peñaherrera-Mora<sup>2</sup>, Carmelino Almestar-Villegas<sup>3</sup>

*Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú. correo electrónico: flor.altamirano@upeu.edu.pe*

*Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú. correo electrónico: claudiamora@upeu.edu.pe*

*Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú. correo electrónico: carmelino.almestar@upeu.edu.pe*

### Resumen

El reaprovechamiento de las aguas grises (AG) es una alternativa de estrategias de gestión sostenible basadas en realizar prácticas sustentables eficientes del recurso hídrico, así mismo tener presente que los servicios básicos de saneamiento son esenciales para promover la salud pública. Este estudio se justifica en la necesidad que hay de aportar alternativas y estudiar posibles soluciones a este problema, como es el que representan las aguas grises, producidas a diario por domicilios, en grandes cantidades; y plantea que para reintegrar estas aguas es necesario plantear un tipo de metodología de sistema de reutilización o aprovechamiento. Dentro de un panorama general se debe considerar implementar un circuito básico, con partes como es la conducción, almacenamiento y tratamiento de las mismas. Los tratamientos de las aguas contaminadas comprenden: procesos físicos, químicos y biológicos, este estudio muestra a los humedales como filtros biológicos capaces de remover hasta un 95% de materia orgánica o sólidos presentes en las aguas grises, por otro lado, se presenta los procesos físico-químicos convencionales en un tratamiento de aguas residuales. El aprovechamiento o beneficio de tratar estas aguas permite que puedan ser reutilizadas: para el riego de vegetales, también está la disposición para bebida de animales y también como una fuente de producción de plantas ornamentales. El reciclaje de aguas grises es y seguirá siendo una opción muy útil para la sociedad actual y emergente.

**Palabras clave:** aguas grises; características; sistemas de tratamientos; reutilización de aguas grises.

### Abstract

The reuse of gray water (AG) is an alternative to sustainable management strategies based on performing efficient sustainable practices of the water resource, as well as keeping in mind that basic sanitation services are essential to promote public health. This study is justified by the need to provide alternatives and study possible solutions to this problem, such as the one represented by gray water, produced daily by households, in large quantities; and it states that to reintegrate these waters it is necessary to propose a type of reuse or exploitation system methodology. Within a general panorama, it is necessary to consider implementing a basic circuit, with parts such as the conduction, storage and treatment of the same. The treatments of contaminated waters include: physical, chemical and biological processes, this study shows wetlands as biological filters capable of removing up to 95% of organic matter or solids present in gray water, on the other hand, the processes are presented Conventional physico-chemical in a wastewater treatment. The use or benefit of treating these waters allows them to be reused: for the irrigation of vegetables, there is also the provision for drinking animals and also as a source of production of ornamental plants. Gray water recycling is and will continue to be a very useful option for today's and emerging society.

**Keywords:** grey waters; characteristic; treatment systems; gray water reuse.

## 1. Introducción

Las Aguas Grises Domésticas (AGD) representan una fracción de 75% en volumen de Aguas Residuales Domésticas (ARD)[1], lo que nos muestra ser gran parte responsable de alteración de componentes del agua. 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.

En el diseño y evaluación financieramente de un sistema hidrosanitario con reutilización de aguas grises en un edificio multifamiliar, en la cual el tratamiento de las aguas grises cumple con los estándares de calidad para reúso con lo que se demuestra la viabilidad del sistema y se logra una reducción anual en el consumo de agua del 33 % y se contribuye al uso eficiente del recurso en el ámbito urbano [2].

En este estudio se justifica en la necesidad que hay de aportar alternativas y estudiar posibles soluciones a este problema, como es el que representan las aguas producidas; a diario, por domicilios en grandes cantidades (sus aguas grises) de las cuales algunos son vertidos directamente en fuentes superficiales o en espacios públicos. Los servicios básicos de saneamiento son esenciales para promover la salud pública, por esto un sistema eficiente de tratamiento de aguas residuales es uno de los factores fundamentales para la prevención de enfermedades que pueden contraer los más vulnerable: niños, ancianos y personas de bajos recursos; por la inaccesibilidad a aguas tratadas[3].

## 2. Características y composición de aguas grises

Las características y su composición de las aguas grises son fisicoquímicas y biológicas. Las aguas grises presentan nutrientes en cantidades menores a las aguas negras.

Por lo general estos factores de su composición y características dependen y varían de acuerdo a las instalaciones de su red de distribución del agua potable y aguas residuales domesticas por último depende del tipo de actividad que se realiza en casa es decir al uso de productos químicos o de uso doméstico usados en su actividad del hogar. Por la tanto se considera algunas características según su origen: Lava vajillas (contiene detergentes, blanqueadores, espuma, concentraciones de aceites y grasa y alta demanda de oxígeno); ducha y lava

manos (jabón, shampoo y pasta de dientes, contiene baja demanda de oxígeno); lavadora (contiene coliformes totales, detergentes, sólidos totales suspendidos y alto en pH) [4].

Las aguas grises tienen características específicas y esto depende de la calidad del agua proporcionado. Para su caracterización, se utilizan parámetros físico-químicos y biológicos, que indicarán cómo se debe realizar el tratamiento. El conocimiento de los componentes químicos determina los límites que debe recomendarse para no beber. Los microorganismos patógenos que causan los riesgos para la salud humana son más difíciles de cuantificar [5].

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos encontrados en aguas grises. Fuente: [5]

Parámetros	Unidad	Ducha	Máquina de lavar ropa	Lavabo baño
Temperatura	°C	56	25	24
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	24	12	20
Oxígeno disuelto	mg/L		77	8
Alcalinidad total	CaCO <sub>3</sub>		23	71
pH		8.06	9.12	9.37
Sólidos suspendidos	mg/L	135	41	325
Turbidez	NTU	283	137	355
DBO	mg/L	59	25	65
DQO	mg/L	539,5	72	427,6
Sólidos totales	mg/L	284	137	405
Aceites y grasas	mg/L	168,3	<10	136
Sulfuro	mg/L	1.9	<0.2	2.5

## 3. Impacto de las aguas grises

Las fuentes con las que se contaminan los recursos hídricos pueden ser naturales o antrópicas. En los diferentes modelos de producción, la circulación del agua se presta como el medio de transporte de contaminantes hacia cuerpos de agua cercanos, según el modelo de producción utilizado[6].

El tratamiento que se da a las aguas residuales domesticas es de vital importancia debido que se reutiliza el agua de

tal manera se evita su contaminación directa al ambiente. Sin embargo, existen zonas con inadecuado abastecimiento de agua por lo que sufren de enfermedades como el cólera, la hepatitis, la disentería, gastroenterocolitis, etc.; es por eso que para el tratamiento de aguas grises se tiene en cuenta diseño de políticas de saneamiento ambiental y los límites máximos permisibles que establece el decreto supremo [7].

El aporte o la concentración de los parámetros de agua gris es apreciablemente menor al relacionado en la carga contaminante de las aguas residuales, lo cual permite o facilita el trabajo de tratamiento, ya que desde esta condición se proponen unidades de procedimiento que se ajustan a un grado menor de complejidad para ser tratadas [8].

### 3.1. Niveles de contaminación a nivel demográfico

El crecimiento poblacional y económico son uno de los principales en la demanda de agua a nivel mundial. Por lo que debido a esta problemática es necesario buscar alternativas de solución o tecnológicas que permitan el uso eficiente de este recurso hídrico así mismo una alternativa eficiente es la reutilización de aguas grises [9].

En Latinoamérica el 70% de sus aguas residuales no son tratadas y el 30% son reutilizadas por lo que se evita la contaminación al medio ambiente y daños en la salud pública. Es necesaria la aplicación de políticas de tratamiento de aguas residuales para la identificación y detección de las causas de contaminación es por eso que de acuerdo a los niveles de contaminación del agua se necesitan distintos tipos de tratamiento [7].

## 4. Legislación y estandarización sobre reutilización de aguas

El Ministerio del Ambiente (MINAM) en Perú [10], mediante el decreto supremo N°003-2010 MINAM aprueba los límites máximos permisibles para efluentes de las plantas de tratamiento de aguas domésticas y municipales.

Tabla 2. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR. Fuente: [10]

Tabla de Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR		
Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

que menciona sobre la reutilización de los efluentes tratados como una opción de destino final no potable. Se basa como una opción de reutilización, efluente doméstico o con características similares. Así mismo también clasifica el efluente en cuatro clases, cada una con sus respectivos estándares de calidad para su reutilización.

El Consejo Nacional para el Medio Ambiente (CONAMA), en la Resolución No. 357, del 17 de marzo de 2005, establece la clasificación de los cuerpos de agua y las pautas ambientales para su clasificación, así como el establecimiento de las condiciones y estándares de calidad del agua para la descarga de efluentes. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), en la Resolución No. 54 del 28 de noviembre de 2005, establece, pautas y criterios para la reutilización directa de agua no potable, en el artículo 3 menciona sobre la modalidad de reutilización para fines urbanos, donde destina aguas de reutilización directa a riego, lavado de lugares públicos, automóviles, construcción civil, edificios, entre otros.

En el caso de Colombia está la Resolución 631 del 17 de marzo 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones [12].

### 4.1 Normas ambientales de recursos hídricos en algunos países como [11].

La primera regulación que se consideró la reutilización del agua en Brasil fue la norma técnica NBR 13969/97,

Tabla 3. Valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales grises domésticas. Fuente: [12].

En la resolución CONAMA 357 del 2015 demuestra su gran compromiso con el medio ambiente, pues los parámetros exigidos son más extensos que la demás normativa citada en otros países [13].

## 5. Sistemas de tratamientos

En lo respectivo al sistema de reutilización de aguas grises y su uso, es importante conocer la procedencia de estas mismas tomando en cuenta que las aguas grises son producidas por lavamanos, duchas y lavanderías. Para

PARAMETROS	VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
	COLOMBIA
pH	6 a 9
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	100 mg/L
Sólidos sedimentables (SS)	5mg/L
Material flotante	0,5 mg/L
Grasas y aceites	20 mg/L

reintegrar estas aguas es necesario plantear el tipo o metodología del sistema de reutilización o aprovechamiento, dentro de un panorama general se debe considerar implementar un circuito básico; con partes como es la conducción, almacenamiento y tratamiento de las mismas [14].

Dentro de las alternativas o metodologías más conocidas, no solo por la efectividad o resultados en la remoción de contaminantes, también por el accesible alcance a este método; están los sistemas que tienen como el centro o corazón del tratamiento: plantas.

Los efluentes que se destinan a su reutilización, deben someterse a un tratamiento, para que pueda satisfacer las expectativas de los usuarios especialmente que estas no afecten la salud.

### 5.1. Tratamiento biológico

#### 5.1.1. Biofiltros

Una alternativa para el manejo de las aguas grises es la aplicación de filtros biológicos, los que se valen de procesos naturales para la depuración de las aguas. Los

filtros biológicos han demostrado ser una tecnología apropiada para el tratamiento de aguas grises domésticas y garantizan una eficiencia en la remoción de materia orgánica en el orden del 95% [15]. Independientemente de la carga de entrada, el biofiltro funciona reduciendo los nutrientes y los materiales en los efluentes [16].

El tipo de biofiltro comúnmente usado, son los humedales artificiales (Figura 1), la clasificación de estos humedales se hace en función de la presencia o no de una superficie de agua libre en contacto con la atmósfera y/o el tipo de vegetación presente: humedales de flujo libre superficial (FLS), también llamados “islas flotantes artificiales” o “camas ecológicas flotantes”, se caracterizan por una superficie de agua expuesta a la atmósfera, circulando sobre la superficie del suelo en cuencas o estanques impermeabilizados para evitar la contaminación freática, con estructuras adecuadas de entrada y descarga para asegurar [17].

Estos funcionan como un sistema diseñado especialmente para el tratamiento de aguas residuales. Los humedales poseen cualidades y funciones físicas que actúan en la regulación del ciclo del agua; la especie vegetal como los microorganismos aprovechan dicha materia orgánica para el desarrollo de nuevas células y transformación de energía, se puede afirmar que las remociones de carga contaminante de los parámetros DBO5 y DQO son debidas a los organismos presentes en los sustratos [18], sus funciones químicas apoyan la regulación de ciclos de nutrientes y descomposición de biomasa, y las funciones bioecológicas apuntan a la productividad biológica, estabilidad e integridad de ecosistemas y retención de óxido de carbono [19].

En los procesos de remoción de MO presente en aguas contaminadas, los humedales de flujo subsuperficial son muy efectivos, siempre y cuando se mantengan

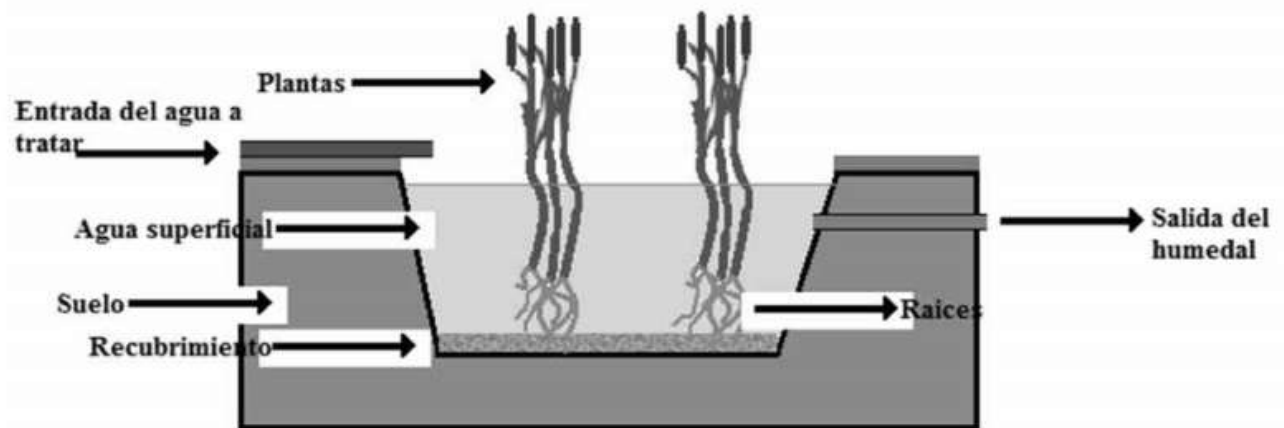


Figura 1. Humedales de flujo subsuperficial horizontal. Fuente: [22].

condiciones óptimas como el tiempo de retención hidráulica [20].

Este tipo de tecnología no convencional que puede ser utilizada en hogares e industrias que no cuentan con servicio de alcantarillado público [21], siendo el principal objetivo asegurar la salubridad de las personas, el uso de este sistema de tratamientos también permite producir plantas de ornato, trayendo la eliminación del impacto visual, a parte del beneficio de obtener un ingreso a partir de la venta de las plantas [22].

### 5.1.2. Ventajas de humedales artificiales

Eficientes en remover contaminantes, inclusive metales pesados. Son económicos que otros tipos de tratamiento, no utiliza productos químicos, no necesita de energía no renovable y suministro, como el mejor beneficio es que se practica el reciclaje y reutilización del agua [23] el fin principal de este estudio.

#### 5.1.2.1. Bioadsorción

La adsorción es un método que ha demostrado ser prometedor para la eliminación de contaminantes en medios acuosos. En este trabajo se revisan y distinguen estudios realizados con adsorbentes no-convencionales (materiales naturales) empleados como alternativas sustentables para la remoción de metales pesados y colorantes en agua. Esta tecnología resulta sumamente atractiva por su bajo costo, facilidad, simplicidad, alta

eficiencia y sobre todo por la degradabilidad de los materiales naturales [24].

El proceso de bioadsorción involucra una fase sólida (biomasa) y una fase líquida (agua) que contiene disueltos la sustancia de interés será adsorbida [25].

Este tipo de tratamiento es que a mayor tiempo de contacto entre la muestra y el sustrato (bioadsorbente), bajo las condiciones de experimentación indicadas, funciona en la disminución de la concentración de aceites y grasas, siendo evidencia de que este material orgánico permite la remoción de éstas, lo cual se presume que puede deberse a la formación de entramados tipo malla, capaces de retener en su superficie estos compuestos [26].

#### 5.1.2.2. Bioacumulación

Las plantas se consideran acumuladoras y por tanto con potencial de fitorremediación. Esta tolerancia se puede evaluar mediante su coeficiente de translocación el cual mide la capacidad de la planta para translocar los metales y/o contaminantes de la raíz al tallo y hojas sin tomar en cuenta la concentración de los metales externos a la planta [27].



Tabla 4. Diferencias de bioadsorción y biacumulación. Fuente: [23].

BIOADSORCIÓN	BIACUMULACIÓN
Proceso pasivo	Proceso activo
Biomasa sin vida	Biomasa con vida
No requiere nutrientes	Requiere nutrientes
Rápido	Lento
No hay crecimiento celular	Implica crecimiento celular

## 5.2. Tratamiento físico-químico

### 5.2.1. Fosa séptica

Se caracterizan por tener una construcción y operación simple. No requieren técnicas constructivas o equipos sofisticados estos requieren intervenciones constantes; es un reactor resistente a variaciones cualitativas del afluente y funciona bien en presencia de sólidos sedimentables. En fosas sépticas son funciones de decantación, sedimentación y flotación sólidos de aguas residuales y también la descomposición y digestión de sólidos sedimentados y material flotante [28].

### 5.2.2. Filtro anaeróbico

El filtro anaeróbico se puede definir como un reactor biológico donde las aguas residuales son purificados por microorganismos anaerobios presentes en espacios vacíos y en la superficie del material inerte que constituye el material filtrante el filtro anaeróbico se puede definir como un reactor biológico donde las aguas residuales son purificado por microorganismos anaerobios presentes en espacios vacíos y en la superficie del material inerte que constituye el material filtrante [28].

### 5.2.3. Filtro de arena

El filtro de arena se describe en la Asociación Brasileña de Normas Técnicas 13.969 (NBR), que caracteriza a este instrumento como Tanque lleno de arena y otros medios filtrantes, con fondo de drenaje y con alcantarillado flujo descendente, donde se eliminan los contaminantes, tanto por acción biológica como física [29]. La filtración de las aguas residuales a través de la capa de arena, donde se realiza la purificación tanto físicos (retención) como

bioquímicos (oxidación), sin la necesidad de una operación y mantenimiento complejos. El proceso de tratamiento de aguas residuales mediante filtros de arena se caracteriza por una alta eliminación de contaminantes, con operación intermitente [28].

### 5.2.4. Desinfección

La desinfección es una etapa extremadamente importante. De acuerdo con NBR 13,969 "Todos los efluentes que tienen como destino final la superficie de los cuerpos receptores o galerías de agua el agua de lluvia, además de reutilizarse, debe ser desinfectada".

Se presentan dos alternativas de cloración, el proceso de goteo de hipoclorito de sodio y el proceso que usa tabletas de hipoclorito de calcio, y estas alternativas no requieren mucha atención operativa.

El tiempo de retención hidráulica para el contacto debe ser de al menos 30 minutos y el alcantarillado el cloro debe permanecer con una concentración de al menos 0.5 mg / L de cloro residual libre [28].

## 6. Reúso de aguas grises

Las razones de poder realizar esta práctica son motivadas esencialmente por la escasez de recursos hídricos y la protección de los recursos hídricos que reciben efluentes. Cuando se trata de reutilizar el agua como una estrategia para combatir la escasez de recursos hídricos, es una reutilización planificada, en la que las aguas residuales se tratan y utilizan para una aplicación que representa un beneficio socio-económico [30].

Un importante beneficio socio-económicos que trae el tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, es que reduce la presión puesta en la disponibilidad y calidad del agua, además de reducir la descarga de aguas no tratadas en los cuerpos receptores [31].

### 6.1. Riego de vegetales y bebida de animales

Para la reutilización de aguas grises domesticas destinadas para el riego de hortalizas es necesario comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental (ECA) para que estos sean rentables y efectivos [32]. Así mismo hay diferentes tratamientos que se les da a estas aguas; se puede utilizar un sistema utilizado en la reutilización y para el tratamiento de aguas

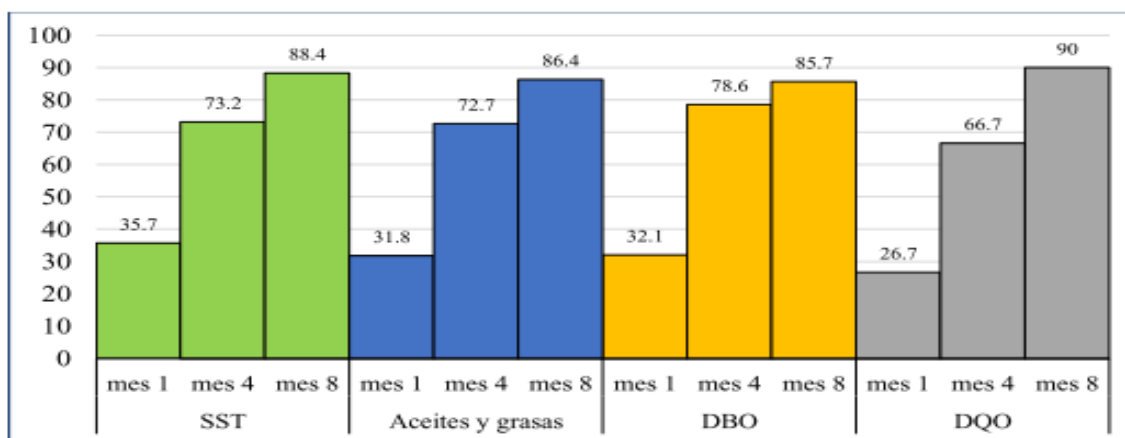


Figura 2: Porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domesticas tratadas con *Heliconia sp.*  
Fuente: Adaptado de la información [24].

grises será un proceso de filtración natural luego pasará por un sistema de irrigación en los huertos [33].

La técnica de electrocoagulación es usada como una alternativa en el tratamiento de aguas residuales grises domesticas para ser utilizado en el riego de vegetales [34]. También se presenta un diseño de tratamiento de aguas grises en la que contempla una trampa grasa y un filtro verde en lo que será aprovechado en el regadío de hortalizas [35].

En, un biofiltro con *eisenia foetida* y un biofiltro convencional en la que ambos presentan resultados rentables y se encuentran dentro de los ECA en las que posteriormente serán usados en el riego de vegetales y bebida de animales [36].

### 6.1.2 Riego a Plantas ornamentales

En algunos estudios se menciona que un porcentaje de 90% de efectividad en la aplicación de un biofiltro en la que será destinada al riego de plantas ornamentales y áreas verdes de modo que estas alternativas generan ahorro en el agua y reduce el costo del consumo de agua [37].

Así mismo en la composición del agua reciclada destinada al riego de jardín no presenta riesgo en las plantas ornamentales ni en el medio ambiente [38].

### 6.2. Beneficios del aprovechamiento de aguas grises

En este sentido, los proyectos de reutilización de agua residual o aguas contaminadas, en la mayoría de casos son considerados como medidas de adaptación al cambio climático que promueven una gestión ambiental más

sostenible, es por ello que en la eficiencia del tratamiento es donde radica la confiabilidad del sistema, principalmente en términos de calidad del agua [39]. Por ejemplo, la depuración de las aguas grises por medio de biofiltros domiciliarios permite dar un segundo uso al agua (reciclaje), siendo este el principal objetivo de tratamientos, antes que acudir la primera opción de depósito en algún cuerpo de agua superficial, un punto importante es también lo que incide desde el punto de vista financiero [15].

Los resultados o aporte de datos como, la de remoción de materia orgánica se toman también como una oportunidad dentro del estudio y aplicación de tratamiento de aguas contaminadas, ya que permiten tener como línea base, para futuras implementaciones de nuevas tecnologías [40].

### 7. Conclusiones

El reciclaje de aguas grises es y seguirá siendo una opción muy útil para la sociedad actual y emergente por las nuevas demandas que son muy por encima de las necesidades básicas. De acuerdo a este estudio podemos darnos cuenta que gracias a los sistemas y nuevas tecnologías de tratamiento con filtros biológicos y/o naturales, son una alternativa rentable, por la accesibilidad que tienen y la eficiencia en la remoción de contaminantes presentes en las aguas grises, provenientes de domicilios o industrias. El aprovechamiento o beneficio de tratar estas aguas permite que puedan ser reutilizadas; una de ellas: para el riego de vegetales ya que es la alternativa más factible, también está la disposición para bebida de animales y también como una fuente de producción de plantas ornamentales.

Las alternativas de reaprovechamiento a través de estos sistemas se encuentran dentro de las estrategias de gestión sostenible del agua en una vivienda, o en los núcleos urbanos. Sin embargo, el éxito de estas alternativas de mitigación ambiental, depende de la voluntad de las personas de cambiar sus hábitos, cambiar la forma en la que valoramos y usamos nuestros recursos, como el agua.

## Referencias

- [1] M. L. Murcia, O. G. Calderón, and J. E. Díaz, “Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo,” *Tecnológicas*, vol. 17, no. 32, p. 57, 2014, doi: 10.22430/22565337.204.
- [2] J. Meléndez and M. Lemos, “Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 18, no. 1, pp. 223–236, 2019, doi: 10.18273/revuin.v18n1-2019020.
- [3] WHO/UNICEF, “Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 update and MDG assessment,” 2015.
- [4] E. Rivadávia, “Evaluación de recirculación de agua gris a nivel domiciliario para abastecimiento de descarga de inodoros en una construcción a escala real, ubicada en la ciudad de Jualica - 2017,” pp. 2–103, 2018.
- [5] D. Sant’Ana and L. Pereira, “Uso de agua de lluvia y Reutilización de aguas grises en edificios,” *Cent. Apoyo al Desarro. Tecnológico*, 2017.
- [6] I. Gallego and D. García, “Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro: percolador-columna de arena,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. 8, no. 1, pp. 81–93, 2017, doi: 10.24850/j-tyca-2017-01-06.
- [7] F. Meoño, C. González, and Y. Morales, “Aguas residuales y consecuencias en el Perú,” vol. 2, p. 09\_18, 2015.
- [8] D. Parra, L. Carrillo, and E. Velandia, “Estudio de alternativas para el reaprovechamiento y reúso del agua doméstica,” p. 156, 2015.
- [9] R. Venegas, G. Córdova, E. García, and B. Solís, “Sistema de reciclado de aguas grises para viviendas,” no. 4, pp. 6089–6095, 2015.
- [10] MINAM, “Aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de aguas residuales domésticas o municipales,” pp. 415675–415676, 2010.
- [11] A. Biazus. Reutilización de aguas grises para fines potables en edificio residencial multifamiliar, tesis (Grado de Ingeniero Civil), Passo Fundo, Universidad de Passo Fundo, 2015, 78 pp.
- [12] M. de A. y D. Sostenible, “Resolución 361 de 2015: Límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones,” vol. 2015, no. 49, 2015.
- [13] K. Zuluaga. Referentes latinoamericanos de tratamiento de aguas residuales de origen urbano, Manizales, Universidad Católica Manizales, 2018, 75 pp.
- [14] A. Barragán, “Diseño de Vivienda Ecosostenible en el Alto Magdalena de Colombia: Proyecto Innovador para el Desarrollo Sustentable,” pp. 59–68, 2016.
- [15] H. Delgado and W. Pérez, “Biofiltros Domiciliarios,” 2015.
- [16] A. Zaldívar, J. Herrera, R. Pérez, and C. Teutli, “Evaluación del uso de los humedales de manglar como biofiltro de efluentes de camaronerías en Yucatán, México,” *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, vol. 47, no. 3, pp. 395–405, 2012, doi: 10.4067/s0718-19572012000300003.
- [17] C. Soler, R. Crespi, E. Soler, and M. Pugliese, “Evaluación de humedales artificiales de flujo libre superficial con macrófitas acuáticas flotantes,” pp. 69–78, 2018.
- [18] H. Zamora, P. Freire, and K. Jurado, “Biodegradabilidad de flujos de alimentación en humedales artificiales piloto para el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario ‘Antanas,’” *Unimar*, vol. 52, pp. 89–95, 2009, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [19] A. Pérez, P. Rodríguez, R. Salazar, and D. Castañeda, “Producción sustentable de plantas de ornato a partir de fitorremediación de aguas grises,” no. 4, pp. 4435–4440, 2015.

- [20] S. Higuera, "Biofiltro con cascarilla de arroz y pasto vetiver del efluente de la PTAR del INPEC – Yopal, (Chrysopogon zizanioides) para el tratamiento Casanare, Colombia," pp. 107–119, 2016.
- [21] J. Vicente, "Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales.," 2016, doi: 10.29019/enfoqueute.v7n3.104.
- [22] D. Rivera, "Humedales de flujo subsuperficial como biofiltros de aguas residuales en Colombia.," Cuad. Act., vol. 7, pp. 99–107, 2015, [Online]. Available: <http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/articulo/view/265/269>.
- [23] R. Cantoral, "Tratamiento De Aguas Residuales Grises Domésticas Con La Especie Paraguaitas (Cyperus alternifolius) En Humedales Artificiales, Urbanización Zárate – San Juan de Lurigancho 2015," p. 38, 2015.
- [24] M. Valladares, C. Valerio, P. de la Cruz, and R. M. Melgoza, "Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales," Rev. Ing. Univ. Medellín, vol. 16, no. 31, pp. 55–73, 2017, doi: 10.22395/rium.v16n31a3.
- [25] C. Tejada, Á. Villabona, and L. Garcés, "Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico," 2015.
- [26] M. Rodriguez, "Proceso de biosorción através de materiales de origen orgánico como alternativa para disminuir el contenido de aceites minerales presentes en las aguas del río Los Guayos, Municipio Los Guayos, Estado Carabobo.," 2018.
- [27] C. Carrión, C. León, S. Cram, I. Sommer, M. Hernández, and C. Vanegas, "Aprovechamiento potencial del lirio acuático (Eichhornia crassipes) en xochimilco para fitorremediación de metales," Agrociencia, vol. 46, no. 6, pp. 609–620, 2012.
- [28] M. Blacene. Reutilización de aguas grises: evaluación de viabilidad de la aplicación del sistema en residencias, tesis (Grado de Ingeniero Civil), Porto Alegre, Universidad Federal de Río Grande del Sur, 2011, 87 pp.
- [29] A. B. de N. Técnicas, "Fosas sépticas - Unidades de tratamiento complementario y eliminación final de efluentes líquidos - Proyecto, construcción y operación," Nbr 13969, p. 60, 1999.
- [30] H. Marecos do Monte and A. Albuquerque, Reutilização de Águas Residuais, vol. 2013, no. January 2010. 2010.
- [31] S. Crombet, A. Abalos, S. Rodríguez, and N. Pérez, "Evaluación del tratamiento anaerobio de las aguas residuales de una comunidad universitaria," Rev. Colomb. Biotecnol., vol. 18, no. 1, pp. 49–56, 2016, doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57715.
- [32] J. Rodriguez and A. Cubas. Efecto de biojardines con los géneros Heliconia sp y Alpinia sp en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas y propuesta de reutilización, tesis (Grado de Ingeniero Ambiental), Rioja, Universidad Nacional de San Martín, 2019, 70 pp.
- [33] E. Quiñonez, G. Durán, and F. Estrada, "Propuesta de sistema de recolección y tratamiento de aguas jabonosas y grises en la Isla Puná," vol. 9, p. 3\_12, 2016.
- [34] M. Vanessa, P. Alcocer, and M. Pacheco, "Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales – Ate Vitarte," vol. 22, pp. 65–74, 2019.
- [35] R. Rocha. Aprovechamiento de las aguas residuales domesticas grises mediante un sistema de tratamiento para su utilización como agua de regadío de una unidad productiva agrícola en la ciudad de Ibarra, tesis (Grado Magister en Gestión Ambiental), Ibarra, Universidad Internacional SEK, 2015, 117 pp.
- [36] A. Loro, "Evaluación de la eficiencia del tratamiento secundario de aguas residuales domésticas utilizando un biofiltro con eisenia foetida y un biofiltro convencional," p. 10\_90, 2018.
- [37] E. Pabón. Análisis del reciclaje de aguas residuales domésticas de una vivienda particular ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas para utilización en riego de plantas ornamentales, tesis (Grado de Ingeniero Ambiental), Quito, Universidad Tecnológica Equinoccial, 2017, 73 pp.

[38] A. Arévalo. Análisis del reciclaje de aguas residuales domésticas para utilización en riego de plantas ornamentales del Conjunto Residencial Balcones de Ponciano mediante un tratamiento fisicoquímico, tesis (Grado de Ingeniero Ambiental), Quito, Universidad Tecnológica Equinoccial, 2016, 120 pp.

[39] M. Escobar, L. Tovar, and J. Romero, “Diseño de un sistema experto para reutilización de aguas residuales tratadas,” vol. 26, p. 1\_15, 2016.

[40] J. Sandoval, B. Malo, J. Cartagena, and D. Rubio, “Evaluación a nivel laboratorio de la capacidad de remoción de materia orgánica de *Chlorella vulgaris* en las aguas residuales de la PTAR Salitre,” vol. 8, no. 1, pp. 34–42, 2018.

**F. Altamirano-Carrasco**, estudiante universitaria de la carrera, Ingeniería Ambiental en la Universidad Peruana Unión Filial Tarapoto-Perú, desde el año 2016, en la actualidad cursa el último ciclo de su carrera. En Agosto a Noviembre del año 2017, realizó un voluntariado en la Autoridad Regional Ambiental (ARA) en el área de Fauna Silvestre. Actualmente está realizando prácticas pre profesionales en la Municipalidad Distrital de Tres Unidos.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4793-900X>

**C. Peñaherrera-Mora**, estudiante universitaria de la carrera profesional, Ingeniería Ambiental en la Universidad Peruana Unión-Tarapoto-Perú, desde 2016. En la actualidad cursa el último ciclo de su carrera. De agosto 2016 a diciembre de ese mismo año, realizó una pasantía o voluntariado en el IIAP-San Martín/Tarapoto (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana), específicamente en una parcela del bosque dentro del Área de Conservación-Cordillera Escalera, en la captura de carbono. De agosto de 2019 a marzo de 2020, realizó sus practicas preprofesionales en la Unidad Operativa de Gestión Forestal y Fauna Silvestre sede San Martín (Autoridad Regional Ambiental).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6419-6565>

**C. Almestar-Villegas**, recibió el Br. Ing Agroindustrial en 2009 de la Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto; la Maestría en Docencia e investigación universitaria en 2020 de la Universidad Peruana Unión. De 2010 al 2012 en cargos de gestión pública y desde 2013 para la Universidad Peruana Unión. Actualmente es Profesor auxiliar, en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión. Sus intereses de investigación incluyen: Educación ambiental; monitoreo y tratamiento de efluentes, análisis

estadístico de datos; Salud y seguridad en el trabajo y Modelamiento ambiental.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1757-8832>