

## Datos generales

Desarrollo de un sistema de filtración de aguas grises para uso en áreas verdes.

- Joel Adrián Alanis Espino
- José Adrián Arcos García
- Jorge Emilio Martínez Rodríguez
- Victoria Lucely Franco Cardeña

Universidad Modelo, Escuela de Ingeniería, Ingeniería en energía y petróleo

Semestre: III

Profesor: Patricia Yolanda Contreras Pool

## Resumen

Es crucial eliminar los contaminantes del agua doméstica a través de filtros para aguas grises. Las aguas grises provienen de duchas, lavamanos y electrodomésticos, y contienen materia orgánica, inorgánica y microorganismos en bajas cantidades. No se deben reutilizar aguas provenientes de inodoros debido a su alto contenido de microorganismos con esto en cuenta el objetivo es desarrollar e implementar un sistema de filtrado que permita reutilizar de manera segura las aguas grises para riego casero, promoviendo el ahorro de agua. Su reutilización reduce el uso de agua potable y la cantidad de aguas residuales que son desperdiciadas y no reusadas.

## Problema

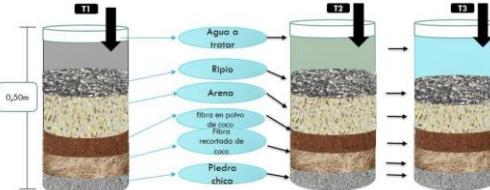
Anualmente, una cantidad significativa de agua es desperdiciada en lavanderías y hogares, ya que el agua gris generada es frecuentemente descargada directamente en áreas verdes o suelos sin un tratamiento adecuado. Este proceso ocurre sin la debida consideración de los contaminantes químicos presentes en el agua, los cuales pueden ocasionar daños a los suelos y contribuir a la contaminación de los acuíferos subterráneos.

## Análisis del entorno y estado de la técnica

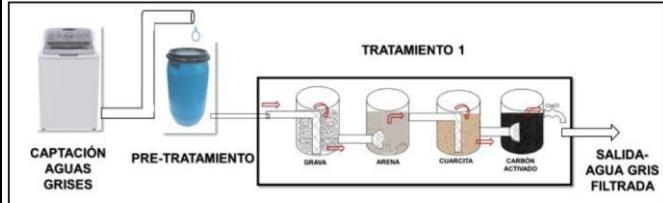
Las aguas grises, aquellas que provienen uso doméstico como lavabos, ducho, lavador y fregaderos, son una fuente importante de agua residual que, si se trata adecuadamente, puede convertirse en un recurso valioso para fines como el riego agrícola, limpieza o incluso descarga de inodoros. El tratamiento y reutilización de aguas grises ha cobrado una importancia crucial en el contexto global actual de escasez de agua y la búsqueda de soluciones sostenibles.

PARAMETROS	LIMITE PERMISIBLE (mg/L)
<b>Grasas</b>	<b>35-36</b>
<b>Solidos suspendidos</b>	<b>15-21</b>
<b>DBO</b>	<b>60-84</b>
<b>E. Coli</b>	<b>250-600 NMP</b>
<b>pH</b>	<b>6-9</b>
<b>Nitrógeno/Fosforo</b>	<b>N/A</b>

En varios países, se han desarrollado estudios y proyectos piloto para explorar métodos eficientes y sostenibles de tratamiento de aguas grises. Estos proyectos buscan ofrecer alternativas viables que contribuyan a la conservación del agua potable y a la reducción de la presión sobre los recursos hídricos.

ANTECEDENTE DE ESTUDIO	PUNTOS IMPORTANTES
<p>Estudio piloto en Jaboncillo, Ecuador (Ramírez Olives, R. A. (2023))</p>	<p>Estudio experimental para <b>evaluar el uso de fibra de coco en el tratamiento de aguas grises</b>, con el objetivo de <b>reutilizarlas para riego agrícola</b>. El agua residual doméstica no es apta para uso agrícola sin tratamiento. Sin embargo, el tratamiento con fibra de coco <b>logró remover el 27.93% de la materia orgánica</b>, aunque no alcanzó el objetivo del 50%. Se divide en 3 secciones: <b>área de sedimentación</b>, <b>área de filtración o zona de filtro inorgánico</b> y <b>área de filtro vegetal o zona de filtro orgánico</b>.</p>  <p>Figura 3.3. Funcionamiento del filtro por interacción de los 3 tratamientos en base a fibra de coco recortada y fibra de coco en polvo.</p>
<p>Diseño de filtros para aguas grises en Colombia (Cantillo, S. P., &amp; Corpus, W. (2018))</p> 	<p>Se desarrolló un filtro para el tratamiento de aguas grises, con el fin de utilizarlas en <b>sistemas de riego para huertas caseras</b>, un objetivo de <b>reducir la cantidad de contaminantes</b> en las aguas grises y convertirlas en un recurso reutilizable para riego de cultivos.</p> <p>Figura 1. Esquema general del proyecto</p>  <p>Fuente: Elaboración propia (2017)</p> <p>El filtro <b>logró reducir la turbidez del agua en un 98%</b>, el <b>pH</b> del agua filtrada se mantuvo entre <b>6,5 y 9</b>, <b>aceptable para riego agrícola</b>. La conductividad eléctrica no superó los <b>1000 µS/cm</b>, por lo que el agua tratada no representa un riesgo significativo de salinidad para las plantas.</p>
<p>Tratamiento de aguas grises en Perú con energía fotovoltaica (Espinal Velásquez, C. M., Ocampo Acosta, D., &amp; Rojas García, J. D. (2014))</p>	<p>Centrado en <b>mejorar la calidad de aguas grises</b> provenientes del <b>lavado de ropa con detergentes</b>, utilizando <b>energía fotovoltaica y materiales filtrantes</b> para el riego de vegetales, cumpliendo con los <b>Estándares de Calidad Ambiental para Agua</b>.</p>

Con 3 tratamientos (**Sin oxígeno, con oxígeno y con paneles solares**) los sistemas sin oxígeno fueron efectivos, pero la oxigenación mediante energía fotovoltaica en el tratamiento 2 mejoró significativamente la calidad del agua gris y el uso de paneles solares optimizó el tratamiento de aguas grises.



## Idea del proyecto

Este proyecto se enfocará en desarrollar e implementar un sistema de filtrado de aguas grises que permita optimizar su reutilización de manera segura para su posterior uso en el riego de áreas verdes, para esto se estará cumpliendo con la normativa NOM-003-SEMARNAT-1997 para asegurar la calidad tratada de las aguas. Este sistema tiene como objetivo principal disminuir el consumo de agua en entornos residenciales y comerciales, promoviendo prácticas sostenibles de ahorro de recursos y contribuyendo a la preservación del medio ambiente y de el suelo.

Para lograrlo, se diseñará un prototipo de filtro especializado en el tratamiento de aguas grises, el cual estará estructurado para eliminar al menos el 90% de los contaminantes sólidos y químicos provenientes de fuentes domésticas comunes, tales como lavabos y lavadoras. El prototipo será probado con distintas medidas y muestras de agua, esto con el fin de verificar que cumpla con los parámetros de seguridad y los estándares establecidos para el riego de áreas verdes. Adicionalmente, el proyecto incluirá un análisis de los contaminantes específicos presentes en las aguas grises, mediante la identificación y medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos clave. Esta fase permitirá conocer la composición del agua a tratar y establecer las estrategias adecuadas para asegurar que el sistema de filtrado cumpla con los requisitos de calidad exigidos por la normativa. En su conjunto, este proyecto representa una iniciativa viable y regulada que contribuye a la gestión sostenible del agua en entornos residenciales y comerciales, garantizando la seguridad y efectividad del agua reutilizada.

## Objetivos

### *Objetivos generales*

- Desarrollar e implementar un sistema de filtrado de aguas grises que facilite la reutilización eficiente y segura del agua para el riego de áreas verdes, cumpliendo con la NOM-003-SEMARNAT-2021.

### *Objetivo específico*

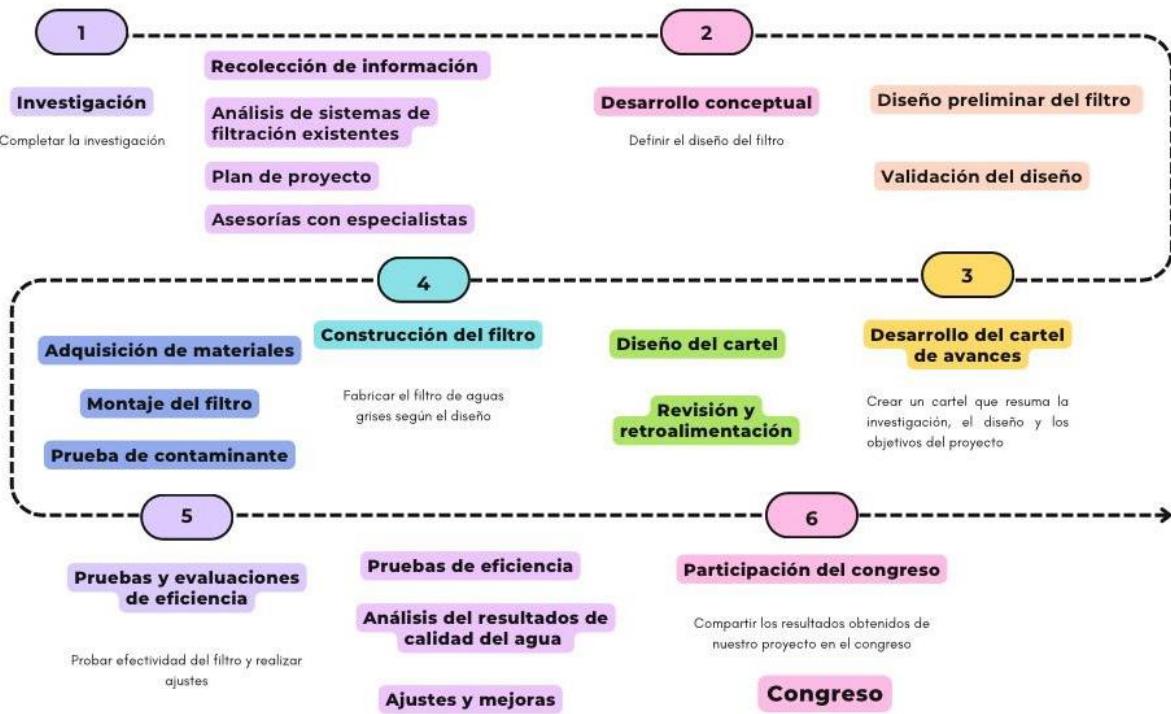
- Realizar un análisis de los contaminantes presentes en las aguas grises, mediante la identificación y medición de los principales parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

- Diseñar el prototipo del filtro de aguas grises que incluya un sistema de filtración multicapa capaz de eliminar al menos el 90% de los contaminantes sólidos y químicos provenientes de lavabos, duchas y lavadoras, en un plazo de 4 meses.
- Implementar el prototipo de filtración en una vivienda piloto y realizar pruebas de calidad del agua filtrada, asegurando que los parámetros de seguridad sean adecuados para el riego de áreas verdes según las normativas locales.

## Organización del equipo

- Joel Adrian Alanis Espino (líder de proyecto)
- José Adrián Arcos García (sublíder de proyecto)
- Jorge Emilio Martínez Rodríguez (modelador digital/sublíder de proyecto)
- Victoria Lucely Franco Cardeña (sublíder de proyecto)

## Diagrama del proyecto



## Etapas

1. Se llevará a cabo la recopilación de información, en la cual se analizarán sistemas de filtración de aguas grises ya existentes. Durante esta fase, se planificará el proyecto y se buscará asesoría de especialistas en el tema.
2. Se realizará el desarrollo preliminar del filtro, junto con la validación del diseño propuesto.
3. Se diseñará un cartel que mostrará los avances del proyecto, con el fin de obtener

- retroalimentación y realizar una revisión detallada.
4. Se procederá a la construcción del filtro, que incluirá la adquisición de materiales, el montaje del filtro y la realización de pruebas preliminares.
  5. Se efectuarán pruebas y evaluaciones necesarias para verificar la eficacia del filtro, analizar la calidad del agua tratada y realizar ajustes o mejoras en el diseño según sea necesario.
  6. El proyecto será presentado en un congreso para su exposición.

## Características

- El proyecto utilizará elementos de laboratorio para realizar las pruebas de calidad del agua.
- Se emplearán muestras de aguas grises provenientes de lavadoras y lavabo.
- Se contará con el equipo y los materiales necesarios para el desarrollo del filtro.
- Se utilizarán programas de montaje y modelado 3D, siendo SolidWorks la herramienta seleccionada.
- Se obtendrá asesoramiento de especialistas en recursos hídricos para asegurar la eficiencia del sistema de filtración.
- Se dispondrá de materiales de almacenamiento para conservar las muestras de agua tratada y sin tratar, a fin de facilitar su análisis comparativo.

## Delimitaciones

1. El prototipo deberá ser capaz de filtrar máximo 1 litro de agua gris para su riego en áreas verdes.
2. El filtro deberá ser capaz de eliminar el 90% de los contaminantes sólidos y químicos provenientes de fuentes domésticas comunes, tales como lavabos y lavadoras.
3. El agua gris deberá seguir los lineamientos con la normativa NOM-003-SEMARNAT-2021.

## Plan de trabajo (cronograma de actividades)

FASE	ACTIVIDADES	DURACIÓN ESTIMADA (HORAS)	FECHA ESTIMADA	ENCARGADO(S)	ARCHIVO
Fase 1: Investigación	Recolección de información: Recopilar datos y antecedentes sobre filtración de aguas grises, componentes necesarios y regulaciones.	4	11/09 - 09/10	JAAE, JEMR	Word/PDF
	Ánalisis de sistemas de filtración existentes: Estudiar tecnologías similares para determinar materiales y métodos efectivos.	2	09/10/2024	JAAE, VLFC	Word/PDF
	Plan de proyecto: Realizar un cronograma con las fases y actividades que corresponden al proyecto completo.	2	13/10/2024	JAAG, JEMR	Excel
	Prueba de contaminantes: Realizar pruebas en laboratorio a muestras de aguas grises para determinar concentraciones de contaminantes y obtener datos iniciales.	X	12/11 - 29/11	JAAE	Word/PDF
	Asesoramiento con especialistas: Organizar una reunión (online) con expertos en el tema (local, nacional, internacional) para entrevistarlos y resolver dudas.	3 - 6	13/11 - 29/11	JAAG, JEMR	Word/PDF
Fase 2: Desarrollo conceptual	Diseño preliminar del filtro: Definir los componentes del filtro y el flujo de agua.	4	13/11 - 20/11	JEMR, VLFC	SOLIDWORKS /obj
	Validación del diseño: Revisar el diseño con el profesor y ajustar según retroalimentación.	1	20/11/2024	JAAE	SOLIDWORKS /obj
Fase 3: Desarrollo del cartel de avances	Diseño del cartel: Estructurar y diseñar visualmente el cartel.	3	20/11 - 29/11	TODOS	Canva
	Revisión y retroalimentación: Presentar el cartel en seminario para ajustes.	1/2	02/12/2024	TODOS	Cartel
Fase 4: Construcción del filtro	Adquisición de materiales: Obtener los materiales necesarios.	1	27/01 - 03/02/25	TODOS	Fotos
	Montaje del filtro: Armar el sistema y verificar su funcionalidad básica.	4	10/02 - 24/02	TODOS	Fotos
Fase 5: Pruebas y evaluación de eficiencia	Pruebas de eficiencia: Realizar pruebas de filtración.	2	24/02 - 03/03	JAAE, JAAG	Fotos
	Analizar resultados de calidad del agua.	X	03/03 - 10/03	JAAE, VLFC	PDF/ Fotos
	Ajustes y mejoras: Implementar modificaciones según resultados.	2	10/03 - 17/03	JAAE, JEMR	X
Fase 6: Participación en un congreso.	Congreso: Realizar un cartel/pptx donde se presenten el diseño final del filtro, los resultados y las conclusiones del proyecto.	1	#/04/2025	TODOS	Cartel/pptx

## Diseño del proyecto



Diseñar un sistema para controlar, filtrar y analizar aguas grises, con el fin de evaluar la eficacia de un filtro que pueda mejorar la calidad de estas aguas para su reutilización. En primer lugar, se establece un sistema de recolección de aguas grises provenientes de duchas, lavabos y otros aparatos domésticos, asegurando que solo se recojan las aguas no contaminadas con aguas negras siendo la primera muestra de prueba para mandar analizar los contaminantes que tiene todo de acuerdo con la NOM-SEMARNAT-003-1997. Luego, se diseña un filtro compuesto por varias etapas: un filtro grueso para partículas grandes, un filtro de arena, carbón activado para impurezas más finas, cuarcita, grava, más los tubos, grifos y recipientes para la recolección. Posteriormente, se realizan pruebas de calidad comparando el agua antes y después del filtrado, midiendo parámetros como:

- ENSAYO PH - "NMX-AA-008-SCFI-2016"
- ENSAYO MATERIA FLOTANTE - "NMX-AA-006-SCFI-2010"
- ENSAYO DE TURBIEDAD - "NMX-AA-038-SCFI-2001"
- ENSAYO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO - "NMX-AA-028-SCFI-2001"
- ENSAYO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES - "NMX-AA-034-SCFI-2015"
- ENSAYO GRASAS Y ACEITES - "NMX-AA-005-SCFI-2013"
- ENSAYO DE COLIFORMES FÉCALES - "NMX-AA-042-SCFI-2015"
- ENSAYO DE HUEVOS DE HELMINTO - "NMX-AA-113-SCFI-2012"

Todo de acuerdo con su norma correspondiente, todos los análisis se realizarán en el laboratorio H2O pensiones Mérida. Los resultados se analizan para determinar la efectividad del filtro y si el agua tratada cumple con los estándares para su reutilización en riego de áreas verdes. Finalmente, el proyecto concluye con una evaluación de la viabilidad del sistema y posibles mejoras para optimizar su rendimiento y sostenibilidad.

Los materiales como grava, arena, cuarcita y carbón activado desempeñan funciones específicas y cruciales en el filtro de aguas grises.

## Proceso General de Filtración

- Entrada de Aguas Grises: Las aguas grises ingresan al sistema de filtración.
- Filtración por Grava: Las partículas más grandes son retenidas.
- Filtración por Arena y Cuarcita: Se eliminan partículas más finas.
- Adsorción por Carbón Activado: Se eliminan contaminantes químicos y olores.

## FUNCIONES DE LOS MATERIALES EN UN FILTRO DE AGUAS GRISES

MATERIAL	FUNCION
Grava	Filtración gruesa: Retiene partículas grandes y sólidos suspendidos.
Arena	Filtración fina: Captura partículas más pequeñas que la grava.  Mejora de calidad del agua: Ayuda a eliminar turbidez y otros contaminantes.
Cuarcita	Filtración adicional: Actúa como un medio adicional para atrapar impurezas.  Durabilidad: Mantiene su forma y estructura a lo largo del tiempo, facilitando el flujo del agua.
Carbón activado	Adsorción: Atrapa compuestos orgánicos, olores y productos químicos disueltos.  Mejora del olor: Ayuda a eliminar olores del agua.

## Selección de expertos en el tema

**Ing. Oscar Pérez**



- Ing. Ambiental egresado del Instituto Tecnológico de Mérida
- Diseño y operaciones de PTARS (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales)
- Líder en proyectos con nano filtración y conocimiento en el análisis fisicoquímico en PTARS

**H2O Inter Pro France**

- Compañía de tratamiento y reutilización de aguas residuales
- Cuenta con un equipo de 35 personas y ofrecen soluciones comerciales, y domésticas para el tratamiento de aguas.

**Micheld Meza Pinedo**

- Egresado de la Facultad de Ingeniería Ambiental de Lima, Perú
- Autor de un artículo científico sobre el tratamiento y reuso de aguas grises mediante un filtro lento de arena



## Resultados

Los avances obtenidos durante este periodo incluyen la identificación de expertos que serán contactados para brindar asesoría, la selección del laboratorio que llevará a cabo los análisis previos y posteriores a las pruebas, y el envío de muestras de agua para su análisis preliminar. Asimismo, se cuenta con un diseño preliminar del filtro de aguas grises.

Los resultados esperados para el siguiente periodo son la recepción de los análisis preliminares del agua, el contacto y entrevista con los expertos, la construcción del filtro y la verificación de que éste cumpla con la normativa vigente para aguas grises.

## Bibliografía

- López, J., Burgos, A., Cambeses, H. D., Sánchez, D., & Rodríguez, P. (2012). El reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural. Río Mandeo, cuenca fluvial y desarrollo sostenible, Recuperado de: [www.geama.org/sanitaria/index.php](http://www.geama.org/sanitaria/index.php).
- Aguirre-Álvarez, E., Lizárraga-Mendiola, L., Coronel-Olivares, C., Tavizón-Pozos, J. A., & VázquezRodríguez, G. A. (2023). Evaluación de una paleta vegetal apta para el tratamiento de aguas grises ligeras en soluciones basadas en la naturaleza. Ingeniería del agua, 27(3), 183-196.
- Torres Puentes, A. F. (2017). Evaluación de parámetros en la filtración rápida como tratamiento de agua gris doméstica.
- Ramírez Olives, R. A. (2023). Establecimiento de un sistema piloto para tratamiento de aguas grises domésticas empleando fibra de coco en la comunidad “JABONCILLO”, Parroquia Picoazá (Bachelor's

thesis, Calceta: ESPAM MFL).

- Parada, W. Construcción de prototipo de planta de tratamiento de aguas grises (Doctoral dissertation).
- Mejía Isidro, J. A. (2023). Evaluación de dos sistemas de tratamiento de aguas grises para el reúso en áreas verdes en escuelas públicas, Lima, 2023.
- Espinal Velásquez, C. M., Ocampo Acosta, D., & Rojas García, J. D. (2014). Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar.
- Castro, F. E. Propuesta de instalaciones hidráulicas y un filtro para la reutilización de aguas grises y la reducción del consumo de agua potable en viviendas de León, Guanajuato, México.
- Duchas y bañeras, 1. (s/f). AGUAS GRISES: ORIGEN, COMPOSICIÓN Y TECNOLOGIAS PARA SU RECICLAJE. Aquaespana.org. Recuperado el 11 de septiembre de 2024, de [https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora\\_08-Grises\\_origen.pdf](https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grises_origen.pdf)
- RotoplasEditorial. (2019, diciembre 12). ¿Cómo funciona el tratamiento de aguas grises? Rotoplas Argentina. <https://rotoplas.com.ar/como-funciona-el-tratamiento-de-aguas-grises/>
- Gómez, L., Moreno, M., Vargas, M., & Cedeño, M. (2021). Análisis de la generación de aguas grises en los hogares y evaluación de sistemas de tratamiento. Revista de Iniciación Científica, 7(5). <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.0.3254>
- Integración Curricular Previo A La, I. D. E. T. (s/f). CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL. Edu.ec. Recuperado el 11 de septiembre de 2024, de [https://repositorio.espm.edu.ec/bitstream/42000/2133/1/TIC\\_IA48D.pdf](https://repositorio.espm.edu.ec/bitstream/42000/2133/1/TIC_IA48D.pdf)
- (S/f). Uchile.cl. Recuperado el 11 de septiembre de 2024, de [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104596/franco\\_m.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104596/franco_m.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Cantillo, S. P., & Corpus, W. (2018). Diseño e implementación de un filtro para tratamiento de aguas grises en la aplicación de un sistema de riego para una huerta casera en San Andrés Islas, Colombia. LOGINN Investigación Científica y Tecnológica, 2(1).
- Espinal Velásquez, C. M., Ocampo Acosta, D., & Rojas García, J. D. (2014). Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar.