

## Datos generales

*“PROTOTIPO DE UN FILTRO DE AGUAS GRISES PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES”*

*Proyectos IV*

*4to Semestre IEP*

Profesor: Patricia Yolanda Contreras Pool

Integrantes:

José Adrián Arcos García

Victoria Lucely Franco Cardaña

Jorge Emilio Martínez Rodríguez

Joel Adrian Alanis Espino

Luis Jorge García Chale

### Idea del proyecto

Este proyecto se enfocará en desarrollar un prototipo de filtrado de aguas grises funcional 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-2021 para asegurar la calidad tratada de las aguas. Este prototipo tiene como objetivo principal disminuir el consumo de agua en entornos residenciales y comerciales, promoviendo prácticas sostenibles de ahorro hídrico y contribuyendo a la preservación del medio ambiente y del 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, para esto se usará una fuente de agua de lavadora. 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 análisis de los contaminantes según la norma, presentes en las aguas grises, mediante la identificación y medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a través de un laboratorio particular. En su conjunto, este proyecto representa una iniciativa viable y regulada que contribuye a la futura gestión sostenible del agua en entornos residenciales y comerciales, garantizando la seguridad y efectividad del agua reutilizada.

### Objetivos

#### General

- Desarrollar un prototipo funcional de un filtrador 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.

#### Específicos

- 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 lavadoras.

- Implementar el prototipo de filtración en una muestra de lavadora 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.

## **Diseño del proyecto**

El proyecto se divide en varias etapas, cada una con un propósito específico y un conjunto de tareas que los miembros del equipo deben completar. A continuación, se describe cada una de estas etapas:

- **ETAPA 1: Definición e Investigación Inicial**

Se lleva a cabo un proceso de recopilación de información, el cual tendrá como propósito principal el análisis de los distintos sistemas de filtración de aguas grises que actualmente existen y han sido implementados en diversos contextos. Durante este período, se desarrolla una planificación estructurada del proyecto, en la que se definen objetivos claros, metodologías de trabajo y recursos necesarios para su correcta ejecución.

Asimismo, se busca la asesoría de especialistas en el área, quienes aportan su conocimiento y experiencia para enriquecer el análisis y orientar la toma de decisiones. La consulta con expertos permite identificar los principales desafíos asociados a la filtración de aguas grises, así como explorar innovaciones y soluciones que puedan optimizar los sistemas existentes o dar lugar al desarrollo de nuevas propuestas más eficientes y sostenibles.

- **ETAPA 2: Desarrollo conceptual**

Se lleva a cabo el diseño de un sistema de filtración de aguas grises, el cual incorporará materiales cuidadosamente seleccionados por sus propiedades de purificación y eficiencia. Entre estos materiales se encuentran la arena sílica, la gravilla, los granos de zeolita y el carbón activado, cada uno con un papel específico en el proceso de filtrado.

La arena sílica y la gravilla actúan como primera capa filtrante, reteniendo partículas en suspensión y sedimentos presentes en el agua. Posteriormente, la zeolita contribuye a la eliminación de compuestos químicos y metales pesados, gracias a su alta capacidad de intercambio iónico y adsorción. Finalmente, el carbón activado desempeña un papel clave en la remoción de contaminantes orgánicos, residuos de detergentes y olores, mejorando significativamente la calidad del agua tratada.

Durante esta fase, no solo se trabaja en el diseño estructural del filtro, asegurando su funcionalidad y eficiencia, sino que también se llevan a cabo pruebas para validar y predecir su desempeño. Se establecen protocolos de evaluación que incluyen la medición de parámetros dados por la NOM como materia flotante, DBO, turbiedad, sólidos suspendidos, grasas y aceites, coliformes fecales, huevos de Hamilton y pH, los cuales se llevan a cabo antes del proceso de filtración, siendo necesarios de 1 a 3 pruebas preliminares para un análisis más estructurado.

- **ETAPA 3: Construcción del filtro**

Se da inicio a la construcción del filtro, lo que implica una serie de pasos cuidadosamente planificados para garantizar su correcto funcionamiento y eficiencia. En primer lugar, se lleva a cabo la adquisición de materiales, seleccionando aquellos de mayor calidad y adecuados para el proceso de filtración. La arena sílica, la gravilla, los granos de zeolita y el carbón activado serán obtenidos en base a criterios de grosor, capacidad de retención de contaminantes y beneficios al recurso hídrico.

Una vez obtenidos los materiales, se procede al montaje del filtro, diseñando una estructura que permita la adecuada disposición de cada capa filtrante. Se tiene en cuenta la funcionalidad entre los materiales y su capacidad de trabajo para garantizar una filtración progresiva y eficiente. Se implementa mecanismos para facilitar el flujo del agua a través de las distintas capas sin generar obstrucciones ni pérdidas innecesarias, optimizando así la durabilidad y mantenimiento del sistema. Agregando un diseño desarmable y armable para su fácil mantenimiento y transporte. Además, se documenta cada fase del proceso de construcción y prueba para garantizar la trazabilidad del desarrollo y permitir futuras mejoras.

- **ETAPA 4: Pruebas y evaluación**

Empiezan las pruebas y evaluaciones con el propósito de verificar la eficacia del filtro. Estas pruebas no solo permitirán comprobar su capacidad de eliminación de impurezas y el cumplimiento de los recursos filtrados con la NOM anteriormente mencionada, sino también evaluar su rendimiento a lo largo del tiempo, garantizando que el sistema funcione de manera óptima y sostenible.

Para ello, se analiza la calidad del agua tratada a través de una serie de parámetros anteriormente mencionados en el mismo laboratorio para asegurar fiabilidad en la recolección de datos. Se verifica la cantidad de flujo y capacidad, evaluando la velocidad con la que el agua atraviesa las distintas capas filtrantes y la eficiencia de cada material en la retención de contaminantes. El proceso de validación será documentado, generando informes que reflejen la comparación con los resultados obtenidos y la información preliminar. Esta documentación servirá como referencia para futuras aplicaciones del prototipo y permitirá replicar su diseño en otros contextos donde la filtración de aguas grises sea una necesidad.

- **ETAPA 5: Exposición y Conclusión del Proyecto**

El proyecto será presentado en un congreso especializado, donde se expondrán de manera detallada cada una de las etapas desarrolladas, desde la investigación inicial hasta la validación del sistema de filtración. Durante la presentación, se destacará el proceso de selección de materiales, enfatizando el papel clave de la arena sílica, la gravilla, los granos de zeolita y el carbón activado en la eliminación de impurezas y la mejora de la calidad del agua tratada. Se expondrán los resultados obtenidos en las pruebas de filtración, respaldados por análisis técnicos que evidencien la eficiencia del prototipo en términos de los parámetros dados por la NOM respectiva. Se abordará la eficiencia del filtro, su costo de mantenimiento y la posibilidad de replicar el diseño en distintos contextos sin comprometer su efectividad. Terminando así el proyecto del filtro de aguas grises portátil y desmontable.

## Simulación

Demostrando los adelantos del proyecto, se tiene la obtención de los materiales y la construcción del filtro.



La construcción del filtro de aguas grises comenzó con la preparación de la estructura de los cartuchos del material filtrante. Para ello, se utilizaron tubos de PVC, que fueron cortados con una sierra para obtener las dimensiones adecuadas, asegurando que estas quedaran bien sujetas para evitar el paso de impurezas. Se recortó el exceso de malla para garantizar un ajuste preciso y se sellaron las uniones con pegamento para PVC, asegurando una conexión firme y sin fugas.

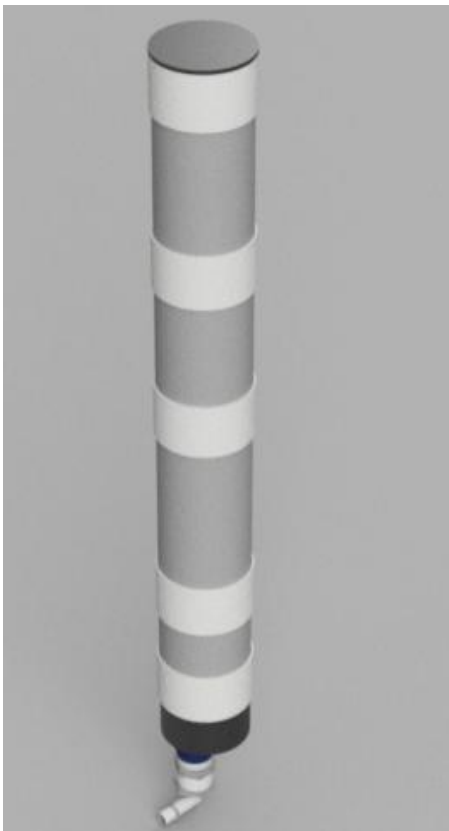


En el extremo opuesto de cada tubo, se aplicó cinta adhesiva para reforzar el sellado y evitar cualquier filtración no deseada. Con esta estructura, los cartuchos del material filtrante quedaron listos para cumplir su función en el sistema.



Para la salida del agua filtrada, se incorporó un reductor que permitió la correcta adaptación de los diámetros de las tuberías. Además, se utilizaron conectores de PVC, tanto sanitario como hidráulico, para garantizar una conexión eficiente entre las distintas secciones del sistema. Finalmente, se instaló una llave de paso, diseñada para controlar el flujo del agua, permitiendo su regulación según fuera necesario.

Una vez terminada la estructura del filtro se pasó al armado de un almacén de agua donde iría el agua sin tratar el cual conectado a una bomba haría que el agua pasara por el filtro de manera semi automática. Este meticuloso proceso dio como resultado un filtro de aguas grises funcional, capaz de retener impurezas, estar apegado a la NOM y permitir un uso más eficiente del recurso hídrico.



## Características

Para este proyecto, el principal material estructural es el PVC, seleccionado por su resistencia, durabilidad y facilidad de manipulación. Este material permitirá construir un filtro capaz de soportar el flujo continuo del agua sin deteriorarse, lo que garantizará una vida útil prolongada y un mantenimiento sencillo.

El sistema de filtración está compuesto por varias capas de materiales especializados en la purificación del agua. La primera fase del proceso incluye un pre tratamiento para eliminar residuos gruesos y sedimentos de mayor tamaño antes de que el agua pase al filtro principal. Posteriormente, el agua es conducida con una bomba a través de las capas filtrantes siendo de gravilla, arena sílica, zeolita y carbón activado.

En cuanto a los costos, se han considerado tanto los materiales como los ensayos de validación del sistema. La inversión en materiales filtrantes y en la estructura del filtro de PVC representa una parte significativa del presupuesto. Adicionalmente, los ensayos completos para evaluar la calidad del agua tratada superarán los 2,700 pesos mexicanos, ya que incluyen análisis de materia flotante, DBO, turbiedad, sólidos suspendidos, grasas y aceites, coliformes fecales, huevos de Hamilton y pH. Por restricciones financieros se harán solo 3 ensayos completos, siendo 2 de pruebas preliminares y 1 pruebas filtradas, lo cual da un total de más de 8,000 pesos mexicanos considerando el éxito del filtro en su primera muestra de pruebas.

Material utilizado	Precio en mercado (MXN)
6 Coples	\$10.00 c/u
1 llave de 1/2"	\$30.00
1m de PVC 4"	\$70.00
1m de PVC 2"	\$35.00
1m de PVC 1/2"	\$20.00
Pegamento Solvente (Cemento para PVC)	\$30.00 por 250 ml.
Tapón PVC	\$41.00
1m <sup>2</sup> de malla	\$180.00
Cinta para Ducto	\$6.20 por rollo
3 filtros de Nylon de 80micron	\$150.00 c/u
Conector PVC hidráulico/Sanitario	\$60.00
Reductor de 4"/2"	\$15.00
Recipiente de almacenamiento	\$200.00
Bomba	\$370.00
Manguera para bomba	\$50.00
Pintura aerosol	\$65.00
4 materiales filtrantes	\$380.00
	\$1712.20

Ensayos realizados	Precio de laboratorio H2O
Primeros estudios (27/11/24)	\$2,719
Segundo Estudio (13/02/25)	\$2,719
Tercer Estudio ()	\$2,719
	\$8,157

PRECIO TOTAL DEL PROYECTO	\$9,869
---------------------------	---------



## Pruebas



(Muestreo, Mediciones Directas, Volumetría, Gravimetría, Espectrofotometría, Microbiología y Absorción atómica)  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Q.F.B. MANUEL A. COMAS BOLIO

CLAVE: RE-CG-05-25	COTIZACIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE ENSAYOS	Hoja 1/3
LUGAR Y FECHA: NÚMERO DE COTIZACIÓN: NOMBRE DEL SOLICITANTE: NOMBRE DE LA EMPRESA: DOMICILIO DE MUESTREO: CORREO ELECTRÓNICO: TELÉFONO:	MÉRIDA, YUC. A 11 DE NOVIEMBRE DE 2024 <b>899-1</b> JOEL ADRIAN ALANIS ESPINO  alle47a por 58 y 60 237 Col. Miguel Hidalgo 97229, Merida, Yucatan <a href="mailto:JOEL.ADRIAN.ALANIS.ESPINO&lt;15233823@modelo.edu.mx&gt;">JOEL ADRIAN ALANIS ESPINO &lt;15233823@modelo.edu.mx&gt;</a> 999)-548936	

### DEFINICIONES:

• **NATURALES** (agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, residual y superficial (referencia punto 3.1 NMX-AA-072-SCFI-2001 )

• **RESIDUALES** (Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas (referencia punto 2.1 NMX-AA-003-1980 ).

• **RESIDUALES TRATADAS** No se encontró una definición específica Residuales tratadas en los estándares NMX-AA-089/1-SCFI-2010 y NMX-AA-089/2-SCFI-2010 por lo que se consideraron los puntos 3.49 Tratamiento biológico o por lodos activados: 3.50 Tratamiento físico-químico y 3.51 Tratamiento químico de la referencia NMX-AA-089/1-SCFI-2010, los cuales se refieren a los tratamientos que se le dan a las aguas residuales.

3.49 Tratamiento biológico o por lodos activados: Es el proceso biológico del agua residual en el cual ésta es mezclada con lodo activado y es posteriormente agitada y aerada. **NOTA 9:** El lodo activado es a continuación separado del agua residual tratada por sedimentación, y es eliminado o recirculado en el proceso según se requiera.

3.50 Tratamiento físico-químico: Combinación de tratamiento físico y químico para obtener un resultado específico.

3.51 Tratamiento químico: Un proceso que comprende la adición de productos químicos a fin de obtener un resultado específico.

Un proceso que comprende

**Agu potable:** Agua de una calidad adecuada para uso y consumo humano (referencia punto 2.3.2 NMX-AA-089/1-SCFI-2010) .

**Mar:** a) Cuerpo de agua salada que forma generalmente una parte delimitada de un océano. b) Gran lago salado (referencia punto 2.1.19 NMX-AA-089/1-SCFI-2010) .

ENSAYO	ESTANDAR O NORMA OFICIAL MEXICANA (SEGÚN CORRESPONDA)	MÉTODO	CANTIDAD		TOTAL
pH	NMX-AA-008-SCFI-2016 <sup>1</sup>	ELECTROMÉTRICO	1		
MATERIA FLOTANTE	NMX-AA-006-SCFI-2010 <sup>1</sup>	Cualitativo	1		
TURBIEDAD	NMX-AA-038-SCFI-2001 <sup>1</sup>	TURBIDIMÉTRICO	1		
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> ) <i>Nota: Solo se reportará como DBO5</i>	NMX-AA-028-SCFI-2021 <sup>1</sup>	Electrométrico	1		
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	NMX-AA-034-SCFI-2015 <sup>1</sup>	GRAVIMÉTRICO	1		
GRASAS Y ACEITES	NMX-AA-005-SCFI-2013 <sup>1</sup>	Gravimétrico	1		
COLIFORMES FECALES	NMX-AA-042-SCFI-2015 <sup>1</sup>	Número más probable, en tubos múltiples	1		
HUEVOS DE HELMINTO	NMX-AA-113-SCFI-2012 <sup>1</sup>	Por coagulación, flotación, decantación y técnica bifásica	1		
MUESTREO	NMX-AA-003-1980 <sup>1</sup>	DE ACUERDO AL ESTANDAR NMX-AA-003-1980	1		
			IMPORTE	\$	2,805.00
			16% DE IVA	\$	448.80
<b>PRECIO A PAGAR SI FACTURARÁ COMO PERSONA FÍSICA</b>			SUBTOTAL	\$	3,253.80
			2/3 DEL IVA	\$	299.20
			MENOS 10% DE ISR	\$	280.50
<b>PRECIO A PAGAR SI FACTURARÁ COMO PERSONA MORAL (EMPRESA)</b>			TOTAL	\$	2,674.10

## Cumplimiento de objetivos

Hasta el momento, se ha logrado construir y ensamblar el filtro de manera satisfactoria, utilizando los materiales y capas previamente establecidos en el diseño. No obstante, aún no se ha determinado si su funcionamiento es óptimo en términos de eficiencia, es decir, si logra remover al menos el 90% de los contaminantes presentes en el agua. Esta evaluación solo podrá confirmarse una vez se realicen los análisis correspondientes del agua filtrada, los cuales permitirán verificar si cumple con la normativa establecida para su reutilización.