



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA**  
**Instituto de Diseño**

“Dispositivo para la contención de filtros de arena,  
empleados para la recuperación de las aguas grises  
provenientes del equipo de lavado automático”

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero en Diseño**

**P R E S E N T A**

Nicolas Soriano Martínez

**DIRECTOR DE TESIS**

I.D. Armando López Torres

Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca, marzo de 2024



## Dedicatoria

*“La vida te empuja, te zarandea y a veces te quita cosas, seres queridos,  
pero lo que de verdad importa, está esperándonos cada día al otro lado de esa puerta,  
en un abrazo o en un simple, **te quiero.**”*

**Sé que quien pueda estar viendo esto pueda estar pasando por un momento difícil,**  
*que creáis que jamás lo superareis o creáis que nunca podríais llevar esa máscara,  
que os sintáis perdidos, solos, que no podéis soportarlo, pero aquí estáis otra vez,  
aguantando y creedme cuando digo que nunca vais a saber cuándo estaréis preparados  
porque nadie lo está nunca, ese es el secreto, no estarlo, después de todo es,*

**Un salto de fe.**

**Cualquiera puede llevar la máscara.**

**Cualquiera puede dar ese salto.”**

**JWulen**



## Agradecimientos

A mis padres les reconozco que sin importar las ocasiones que les pude faltar el respeto de alguna forma, siempre me aceptaron y abrazaron con todo el cariño que tenían para darme y pese a las adversidades o problemas y el miedo que sentía por lo mismo, siempre me juraron que todo iba a salir bien agregando lo mucho que me querían, porque el amor de los padres es inmenso, no importa el tiempo que pase yo siempre los llevaré en mi corazón, es por eso que agradezco y dedico este trabajo como muestra del amor que siento por ellos.

De igual forma le quiero agradecer a todos mis amigos que me acompañaron a lo largo de mi carrera, en especial a Elevelit, Geralndine, Oscar, Dafne, Vania, Luis, Kyoshi, Luz, EHUD, Rene, Omar, Edwin, Alexis, Eduardo, Angela, Zuri, Eunice, Nicolás, Pesce y Deyanira. Cada uno representa una hoguera que me brindo luz en mis momentos más difíciles, además de compartir sueños y esperanzas conmigo, su participación en mí vida ha traído las mejores experiencias, desde el fondo de mi corazón les estoy agradecido por todo lo que han hecho por mí y deseo que puedan cumplir los sueños que se propongan, no hubiera llegado hasta aquí sin ellos.

Agradezco a mi director de tesis el I.D. Armando López Torres el cual siempre me apoyó y acompañó en este proceso, me brindó palabras de aliento además de todos sus conocimientos, para que juntos pudiéramos realizar este proyecto, le doy mi más sincero respeto y de igual forma a la D.G. Consuelo Jaqueline Estrada Bautista, quien siempre me brindo animos para seguir adelante.

Siempre estaré agradecido con mis abuelos, hermanas, tíos, primos y demás familia, ya que, cada uno me ha apoyado a su manera.

Finalmente agradezco a todos los personajes de la ficción que me gustan, pese a no ser reales, me brindaron una enseñanza que pude aplicar a la vida diaria, cada uno me ha marcado y estoy feliz de haber contemplado cada paisaje presente en cada obra y las horas de diversión que me brindaron.



# ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. ASPECTOS PRELIMINARES.....	3
1.1 ANTECEDENTES .....	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.4 OBJETIVOS.....	8
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y METAS.....	8
1.4 METODOLOGÍA .....	9
CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL .....	11
2.1 MARCO TEÓRICO .....	13
2.1.1 EL AGUA COMO RECURSO VITAL.....	13
2.1.2 USO DOMÉSTICO DEL AGUA .....	15
2.1.3 AGUAS GRISES .....	16
2.1.4 FILTROS DE ARENA .....	18
2.2 MARCO SOCIAL.....	21
2.2.1 CICLO DE LAVADO .....	21
2.2.2 LAVADORA.....	22
2.2.3 EQUIPOS DE LAVADO MÁS UTILIZADOS .....	25
2.2.3 SISTEMAS DE DESAGÜE .....	28
2.2.4 USUARIO .....	29
2.3 MARCO LEGAL .....	30
2.3.1 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA (FAO)	30

2.3.2 NORMAS MEXICANAS.....	30
2.3.3 NORMAS INTERNACIONALES .....	31
2.4 ESTADO DEL ARTE .....	32
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS CONCEPTUAL.....	39
3.1 REQUERIMIENTO DE DISEÑO.....	41
3.1.1 REQUERIMIENTOS DE USO.....	41
3.1.2 REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN.....	42
3.1.3 REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES .....	43
3.1.4 REQUERIMIENTOS FORMALES .....	44
3.1.5 REQUERIMIENTOS LEGALES.....	45
3.1.6 GRADOS DE IMPORTANCIA .....	46
3.2 MATERIALES .....	51
3.2.1 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) .....	51
3.2.2 POLICLORURO DE VINILO (PVC).....	52
3.2.3 TUBULAR CUADRADO.....	53
3.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA, SUBSISTEMAS Y COMPONENTES.....	54
3.3.1 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS FUNCIONALES .....	54
3.3.2 INTERACCIÓN ENTRE LOS COMPONENTES.....	55
3.4 PROPUESTAS DE DISEÑO .....	55
3.4 EVALUACIÓN DE PROPUESTAS.....	58
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE DISEÑO.....	61
4.1 DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LAS PIEZAS .....	63
4.1.1 FILTRO COMPLETO.....	63
4.1.2 BASE .....	65
4.1.3 FILTRO.....	70
4.1.4 CONTENEDOR PRINCIPAL.....	75
4.2 GENERACIÓN DE PLANOS .....	80



4.3 RENDERS .....	101
4.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	104
4.4.1 DISPOSITIVO DE FILTRADO .....	104
4.4.2 CARACTERÍSTICAS .....	104
4.4.3 COMPONENTES .....	105
4.4.4 ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL .....	106
4.4.5 ENSAMBLAJE DEL FILTRO .....	107
4.4.6 INSTALACIÓN HIDRÁULICA .....	108
4.4.7 FUNCIONAMIENTO.....	109
4.4.8 MANTENIMIENTO.....	110
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN .....	113
5.1 SIMULACIÓN MEDIANTE ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO .....	115
5.1.1 DETERMINACIÓN DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL CONTENEDOR .....	115
5.1.2 SIMULACIÓN .....	122
5.2.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS .....	128
CONCLUSIONES. ....	129
REFERENCIAS.....	131
ANEXOS.....	141
ANEXO 1.....	143
ANEXO 2.....	149
ANEXO 3.....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Composición de las aguas grises.</i>	17
<i>Tabla 2 Constituyentes del agua gris</i>	18
<i>Tabla 3 Porcentajes de remoción de bacterias</i>	20
<i>Tabla 4 Porcentajes de remoción de compuestos químicos</i>	21
<i>Tabla 5 Clasificación de las lavadoras</i>	23
<i>Tabla 6 Ranking PROFECO de las mejores lavadoras</i>	28
<i>Tabla 7 Normas Mexicanas para la disposición de aguas residuales</i>	30
<i>Tabla 8 Normatividad Colombiana para contaminantes presentes en el agua residual</i>	31
<i>Tabla 9 Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano</i>	32
<i>Tabla 10 Análisis de comparaciones de características físicas de aguas grises con los parámetros internacionales</i>	36
<i>Tabla 11 Requerimientos de uso</i>	41
<i>Tabla 12 Requerimientos de función</i>	42
<i>Tabla 13 Requerimientos estructurales</i>	43
<i>Tabla 14 Requerimientos formales</i>	44
<i>Tabla 15 Requerimientos legales</i>	45
<i>Tabla 16 Grados de importancia</i>	46
<i>Tabla 17 Datos técnicos del HDPE</i>	52
<i>Tabla 18 Datos técnicos del PVC</i>	52
<i>Tabla 19 Datos técnicos AISI 1020</i>	53
<i>Tabla 20 Matriz de selección</i>	59
<i>Tabla 21 Resultados de medición</i>	120

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Porcentajes típicos de uso de agua para una familia, CDMX.....	6
Figura 2 Recolección de agua de lavadora.....	7
Figura 3 Fases de la Metodología de Ullrich.....	10
Figura 4 Composición de los sistemas de filtración casera.....	20
Figura 5 Lavadora LG de carga frontal.....	26
Figura 6 Lavadora carga superior Midea.....	26
Figura 7 Lavadora circular semiautomática Easy LRE21.....	27
Figura 8 ¿Qué tipo de lavadora utiliza?.....	27
Figura 9 Sistema de tratamiento y reutilización de agua.....	33
Figura 10 Equipo de membranas.....	34
Figura 11 Diagrama de flujo de sistemas de filtros.....	35
Figura 12 Proporción de altura de cada filtro.....	35
Figura 13 Esquema del prototipo.....	37
Figura 14 Filtro para tratar agua gris.....	37
Figura 15 Propuesta de diseño 1.....	56
Figura 16 Propuesta de diseño 2.....	57
Figura 17 Propuesta de diseño 3.....	58
Figura 18 Isométrico filtro completo.....	63
Figura 19 Medidas generales del dispositivo.....	64
Figura 20 Forma del dispositivo completo.....	64
Figura 21 Forma y disposición de los elementos presentes en la base.....	65
Figura 22 Isométrico de la base de perfil cuadrado 1" C-18.....	66
Figura 23 Vistas y dimensiones de la base de perfil cuadrado 1" C-18.....	66
Figura 24 Isométrico de la carcasa.....	67
Figura 25 Vistas y dimensiones de la base de perfil cuadrado 1" C-18.....	68
Figura 26 Muestra de ensamblaje.....	69
Figura 27 Forma de la base.....	69
Figura 28 Vistas y dimensiones del filtro.....	70

Figura 29 Isométrico de la base .....	71
Figura 30 Vistas y dimensiones de la base .....	71
Figura 31 Isométrico de los contenedores A y B .....	72
Figura 32 Vistas y dimensiones de los contenedores A y B .....	72
Figura 33 Isométrico del contenedor con exclusiva .....	73
Figura 34 Vistas y dimensiones del contenedor A con exclusiva .....	73
Figura 35 Muestra de ensamblaje .....	74
Figura 36 Forma filtro completo .....	75
Figura 37 Isométrico del contenedor principal .....	76
Figura 38 Vistas y dimensiones del contenedor con exclusiva .....	77
Figura 39 Isométrico y vistas del contenedor con filtro y tuberías .....	78
Figura 40 Isométrico de la tapa .....	78
Figura 41 Vistas y dimensiones de la tapa .....	79
Figura 42 Isométrico reductor .....	79
Figura 43 Renderizado de la vista posterior .....	101
Figura 44 Renderizado de la vista lateral .....	102
Figura 45 Renderizado de vista isométrica .....	103
Figura 46 Vista del contenedor .....	104
Figura 47 Principales componentes del dispositivo .....	105
Figura 48 Conexión de la base .....	106
Figura 49 Conexión de la base y el contenedor .....	106
Figura 50 Conexión entre contenedor y cople .....	107
Figura 51 Conexión de la base y contenedor .....	107
Figura 52 Orden de ensamblaje de filtro .....	108
Figura 53 Conexiones del dispositivo .....	109
Figura 54 Recorrido del agua dentro del dispositivo .....	110
Figura 55 Ejemplo de arena fina (malla No.50) .....	117
Figura 56 Ejemplo de arena (malla No.18) .....	118
Figura 57 Ejemplo de grava (malla 5/16") .....	118
Figura 58 Ejemplo de Zeolita fina .....	119

Figura 59 Mediciones realizadas.....	119
Figura 60 Cargas y sujeciones en el modelo de la base de filtro.....	123
Figura 61 Análisis estático de tensión de la base.....	123
Figura 62 Cargas y sujeciones en el modelo del contenedor .....	125
Figura 63 Análisis estático de tensión del contenedor .....	126
Figura 64 Cargas y sujeciones en el modelo de la base.....	127
Figura 65 Análisis estático nodal del contenedor .....	127



# Introducción

El cuidado del recurso hídrico se ha convertido en un tópico relevante en todo el mundo, especialmente en regiones donde la escasez del agua es cada vez más frecuente. En este contexto, el reúso de las aguas grises ha surgido como una alternativa para reducir el consumo de agua potable y minimizar la contaminación del medio ambiente. Las aguas grises son aquellas que provienen de actividades domésticas, como el lavado de ropa y platos, el baño y la limpieza en general. Aunque estas aguas no son adecuadas para el consumo humano, pueden emplearse en actividades domésticas que no demandan un alto nivel de calidad del agua, como el riego de jardines o la limpieza de automóviles y superficies.

En este contexto, esta investigación tuvo como objetivo diseñar un dispositivo para la contención de filtros de arena que permitan la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático. La implementación de este dispositivo permitirá el ahorro de agua y la disminución del impacto ambiental generado por la eliminación de aguas residuales sin tratamiento. Además, la creación de un dispositivo de este tipo puede favorecer la normalización de tecnologías ecológicas y promover la aplicación de conocimientos de diseño para crear objetos útiles y funcionales.

El presente documento se estructura en cinco partes. En primer lugar, se presenta una introducción al contenido de la tesis en la que se exponen los elementos generales de la estructura metodológica. En segundo lugar, se describirán los conceptos clave y el conocimiento que se tiene de los temas centrales de la tesis. En tercer lugar, se aplican las primeras herramientas para extraer las necesidades del caso de estudio. En cuarto lugar, se considera el diseño a detalle de la propuesta que elegida en la etapa "Propuestas de diseño". Finalmente, se evalúa la eficiencia del dispositivo en términos de un análisis de elemento finito.





# Capítulo 1. Aspectos Preliminares.



## 1.1 Antecedentes

El agua es un recurso natural vital para la supervivencia del ser humano y demás seres vivos que habitan en el planeta tierra; así mismo tiene un papel importante en la preservación del medio ambiente. El uso de este recurso hídrico trasciende por encima de las necesidades básicas para la supervivencia, llegando a ser requerido como fuente de energía, en usos agrícolas y procesos industriales, lo cual lo hace necesario para el desarrollo de un país. El agua disponible con la que cuentan los países para el abasto público y actividades productivas proviene en mayor medida de la precipitación pluvial. “Así, la disponibilidad natural media en el país es de 451.6 kilómetros cúbicos de agua en promedio al año” (Conagua, 2016). Sin embargo, año tras año este recurso hídrico se encuentra en disminución debido al cambio climático. “Se estima que, por cada grado de calentamiento global, aproximadamente un 7% de la población mundial estará expuesta a una disminución de al menos el 20% de los recursos hídricos renovables” (Un Water, 2021). Estas afectaciones se pueden ver claramente en las sequías que han azotado al país en los últimos años. “En el episodio de sequía vivido a lo largo del 2022 se estima que el 15.1% de la población del país habita en regiones que enfrentan problemas de escasez de agua” (Banxico, 2022, p. 5).

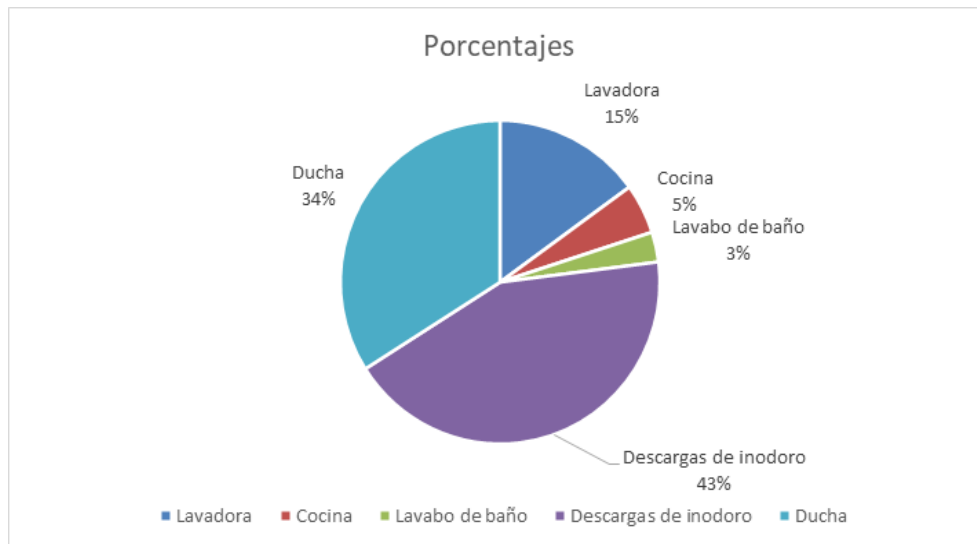
Aunado a todo esto, el aumento de la población genera una demanda de servicios que conduce inevitablemente a una presión sobre las fuentes de agua para la producción y consumo de bienes y servicios. Las proyecciones de CONAPO (2015), “entre 2020 y 2030 la población del país se incrementará en 12.74 millones de personas”. Debido a estas circunstancias, CONAGUA (2019) estima que para el año 2030 el agua renovable per cápita llegará a niveles cercanos o, en el peor de los casos, inferiores a los 1,000 m<sup>3</sup>/Hab/año, lo que se clasifica como una condición de escasez grave.

El crecimiento poblacional no solo trae consigo el aumento de las necesidades del recurso hídrico, sino también un aumento en la generación de aguas residuales. “Se considera a las aguas residuales como cualquier tipo de agua cuya calidad se ve afectada de manera negativa por la influencia antropométrica” (Zarza, 2022). Lamentablemente, “el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas” (Unesco, 2017).

Dentro de la categoría de aguas residuales, estas pueden ser clasificadas de diversas maneras, como las provenientes de la industria, del ámbito agrícola o del hogar, siendo estas últimas las de mayor interés para la presente investigación, ya que todos los seres humanos las generan. El agua que se utiliza para el hogar se denomina “de utilización doméstica” y son aquellas que se emplean para la ducha, arrastre de excretas, lavado de ropa, lavado de utensilios empleados en la cocina, limpieza en el hogar, preparación de alimentos, higiene corporal, etc. Dentro de la utilización doméstica, existen algunas actividades que consumen más agua que otras:

## Figura 1

Porcentajes típicos de uso de agua para una familia, CDMX.



Nota: Imagen rediseñada por el autor. Fuente: GMX Seguros (2022)

Como se puede identificar, la descarga del inodoro, la ducha y la lavadora son las actividades que tienen un mayor consumo de agua en el hogar, por ende, son las que generan mayor cantidad de aguas residuales.

Es por todas estas razones que el reaprovechamiento del agua en los hogares se ha convertido en un tópico de suma importancia en los últimos años, generando así diversas investigaciones tanto de carácter profesional como del desarrollo en tecnologías domésticas.

## 1.2 Planteamiento del problema

De acuerdo con la temática planteada en el apartado 1.1, se identifican algunas actividades del hogar que consumen más agua, y la lavadora como elemento individual ocupa la tercera posición (**ver Figura 1**). Se puede notar que el proceso de lavado empleando estos equipos es la forma más común para realizar esta actividad, ya que “aproximadamente el 71% de las viviendas en México tienen en operación una lavadora” (INEGI, 2018).

Aunado a la cantidad de agua que consume, el interés en la lavadora proviene del hecho de que, en la mayoría de los casos, no se encuentra conectada directamente al sistema hidráulico de la casa, tal como lo están el lavadero, la taza de baño, el fregadero o la regadera. Por lo tanto, desechar el agua residual proveniente de la lavadora consiste en la mayoría de los casos en un proceso manual, el cual implica tomar la manguera que tienen las lavadoras y colocarla en un desagüe o llenar botes para transportar el agua a zonas donde se pueda regar.

## Figura 2

### *Recolección de agua de lavadora*



Fuente: Salgado (2022)

Se ha identificado que es factible captar el agua residual durante el proceso de lavado de una lavadora, debido a esto se han generado diversas investigaciones para el aprovechamiento del agua residual proveniente del ciclo de lavado que emplea el uso de una lavadora; los filtros como elemento individual se enfocan únicamente en la calidad del agua y las investigaciones referentes a estos buscan mejorar la practicidad de los mismos con la finalidad de poder normalizar su uso, algunos sistemas existentes permiten un filtrado correcto del agua; sin embargo, requieren de un espacio considerable para su implementación, este factor es destacable, ya que Lamundi (2019) afirma que “en México, las viviendas de interés social, pueden llegar a ser de hasta 28 metros cuadrados”, por lo que, el aprovechar el espacio en este tipo de viviendas se vuelve un aspecto muy importante a considerar en pro de continuar normalizando el uso de filtros.

### 1.3 Justificación

Dada la necesidad que existe en torno al cuidado del recurso hídrico, causado por la escasez del mismo, se plantea el realizar una investigación que permita el uso de sistemas de filtros de arena ya comprobados a fin de aprovechar las investigaciones sobre los mismos, esto gracias a su eficiencia en el proceso de filtrado de aguas grises para su reúso en actividades domésticas que no demandan un alto nivel de calidad del agua tales como el arrastre de excretas, trapear, limpiar pisos, limpiar el automóvil y riego de jardines, las cuales son el alcance que se plantea para esta investigación.

La lavadora se considera un elemento aislado de la instalación hidráulica, ya que no forma parte de las redes de desecho de agua o alcantarillado del hogar, tal como lo está el lavabo, el baño o la regadera. La adición de un dispositivo filtrador no representaría un mayor problema en su

implementación en el proceso de lavado, el uso del filtro de arena o también conocido como granulométrico, en el proceso de lavado también representa una solución con respecto a la frecuencia de uso que este requiere para su correcto funcionamiento, ya que el lavado de ropa es una actividad regular.

Plantear un contenedor que se pueda ubicar en espacios reducidos permitirá que un mayor número de usuarios lo puedan implementar en sus hogares, un tamaño reducido se espera que represente también una mejora con respecto a su practicidad, permitiendo que el usuario lo pueda manipular con mayor facilidad para así brindar un mantenimiento correcto y estimando una reducción del tiempo en esta actividad.

Debido a la formación de Ingeniero en Diseño adquirida se considera posible el aportar en la creación de un dispositivo que cumpla con los parámetros anteriormente planteados, todo esto gracias a algunas de las materias vistas a lo largo de esta carrera tales como, química de los materiales, resistencia de materiales, Ingeniería y manufactura asistida por computadora CAE-CAM, modelos y análisis y diseño de estructuras.

Este proyecto considera optimizar el recurso del agua y reducir el daño ambiental que se genera por el vertimiento de las aguas residuales sin tratamiento; la generación de esta investigación también representa una adición en pro de favorecer y normalizar tecnologías ecológicas aplicando conocimientos de diseño a fin de crear un objeto útil y funcional.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Diseñar un dispositivo para la contención de filtros de arena que permitan la recuperación de aguas grises provenientes de equipos de lavado automático para su uso en actividades domésticas que no demandan un alto nivel de calidad del agua.

### 1.4.2 Objetivos específicos y metas

**OE1.** Investigar sobre los aspectos generales de la recuperación de aguas grises en los ciclos de lavado.

M1 **Resumen** de las principales características de aguas residuales generada por la lavadora.

M1 Análisis de la Normatividad en México en materia de disposición y reúso de agua residual.

M1 Análisis del impacto social en el aprovechamiento de aguas grises.

**OE2.** Identificar los requerimientos para el proceso de recuperación de aguas grises.

M1. Análisis de la actividad del ciclo de lavado para usuarios domésticos.

M2. Análisis comparativo de los sistemas de recuperación de aguas grises.

M3. Desarrollo de tres alternativas de solución para su evaluación de acuerdo a requerimientos identificados.

M4. Descripción de propuesta a desarrollar.

**OE3.** Diseñar la propuesta de contención de filtros seleccionada.

M1. Conceptualización de la arquitectura del sistema.

M2. Definición de subsistemas y componentes.

M3. Refinamiento de propuesta seleccionada.

**OE4.** Generar modelo 3D de la propuesta seleccionada.

M1. Definir geometría de piezas.

M2. Selección de los materiales del dispositivo.

M3. Elaboración de modelo virtual.

**OE5.** Realizar pruebas y sus respectivos refinamientos.

M1. Simulación mediante análisis de elemento finito (Análisis de resistencia).

M2. Interpretación de resultados.

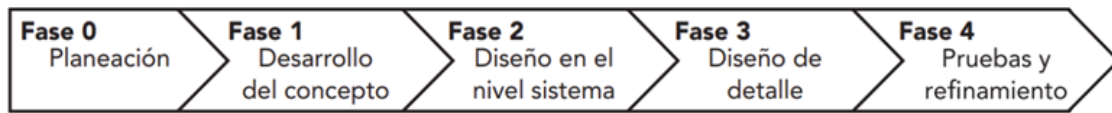
M3. Generación de manual de uso.

## 1.4 Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se utiliza el método de Karl T. Ullrich, debido a que esta metodología abarca todos los campos que intervienen en el desarrollo de un proyecto de diseño; la metodología consta originalmente de 6 etapas, sin embargo, debido a los alcances que se proponen para esta investigación, solo se trabajara las primeras 5. En la **figura 3** se muestran las etapas que se trabajarán en la investigación.

### Figura 3

#### *Fases de la Metodología de Ullrich*



Fuente: Ullrich y Eppinger, 2013.

Las actividades por desarrollar en cada una de las etapas son las siguientes:

- Fase 0, Planeación: Para esta fase se estaría desarrollando los apartados del protocolo de tesis, los cuales abarcan, 1) “Introducción al tema”, 2) “Estado del Arte”, 3) “Planteamiento del problema”, 4) “Justificación”, 5) “Objetivos Generales”, 6) “Objetivos específicos”, 7) “Metas”, 8) “Índice Preliminar”, y 9) “Cronograma de actividades” de la tesis.
- Fase 1, Desarrollo de concepto: Para esta fase se estaría identificando las necesidades específicas, se generarían los conceptos de diseño y se seleccionaría uno o más para seguir su desarrollo; para conseguir esto se estaría desarrollando las siguientes actividades 1) Investigación de Marco Referencial, 2) Identificación de usuario, 3) Recabar necesidades del usuario, 4) Análisis de objetos similares (Benchmarking), 5) Desarrollo de propuestas de diseño, 6) Evaluación de las propuestas y Selección de propuesta a detallar.
- Fase 2, Diseño en el nivel sistema: Para esta fase se estaría buscando definir la arquitectura del producto y su desglose en subsistemas, así como los componentes que lo conformarían, para lograr esto se estarían desarrollando las siguientes actividades 1) Generar arquitectura del producto, 2) Definir subsistemas y componentes y 3) Refinar el diseño de la propuesta seleccionada.
- Fase 3, Diseño de detalle: Para esta fase se estaría buscando establecer la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes, el producto, para lograrlo se estarían llevando a cabo las siguientes actividades; 1) Definir geometría de piezas, 2) Seleccionar materiales y 3) Elaboración de modelo virtual.
- Fase 4, Pruebas y Refinamiento: Para esta fase se involucra la evaluación del modelo, para lograr esto se estarían llevando a cabo las siguientes actividades, 1) Simulación mediante análisis de elemento finito, 2) Interpretación de resultados, 3) Generación de lista de especificaciones y 4) generación de Manual de uso.



# Capítulo 2. Marco Referencial



## 2.1 Marco Teórico

En este apartado se presentan aquellos datos necesarios para referenciar y comprender el tema a desarrollar. Dichas referencias se encuentran agrupadas en los siguientes apartados.

### 2.1.1 El agua como recurso vital

Para Mazarí M. (2023) el agua es un recurso natural necesario para el desarrollo de diferentes formas de vida y ecosistemas, este recurso cubre aproximadamente el 75% de la superficie terrestre. El agua forma una capa en la superficie terrestre, conocida como hidrosfera, y se estima que cubre un área de 510 millones de kilómetros cuadrados. La cantidad total de agua en el planeta es de aproximadamente 1390 millones de kilómetros cúbicos y podemos encontrarla en los tres estados de la materia de forma natural: sólido (hielo), gaseoso (vapor) y líquido (agua).

Gracias a sus propiedades físicas y químicas, el agua es una sustancia única y muy preciada, entre sus propiedades físicas, CONAGUA (2017) destaca lo siguiente:

- Es incolora e inodora.
- Es capaz de absorber una gran cantidad de calor antes de aumentar su temperatura.
- Posee una tensión superficial muy alta.
- Es capaz de desplazarse a través de raíces de plantas y vasos sanguíneos gracias a la acción capilar.
- Su punto de congelación es cero grados Celsius (0 °C).
- Su punto de ebullición es cien grados Celsius (a nivel del mar).

La fórmula química del agua es H<sub>2</sub>O, que consiste en un átomo de hidrógeno y dos de oxígeno. La molécula del agua cuenta con una carga positiva y una negativa, lo que permite que las moléculas del agua se unan entre sí, ya que las cargas eléctricas opuestas se atraen. El agua es capaz de disolver una gran cantidad de sustancias en comparación con otros líquidos, por lo que se le conoce como “el solvente universal”. El agua pura cuenta con diversas propiedades de entre las que se destaca que tiene un pH neutro de 7 lo que significa que no es ácida ni básica, reacciona con óxidos básicos y ácidos, reacciona con metales y no metales y se une a las sales formando hidratos.

Las alteraciones de estas propiedades, dependiendo de su ubicación o la interferencia humana, crean diversos tipos de agua, Zarza L.F. (2022) los clasifica de la siguiente forma:

1. Agua potable: Agua apta para el consumo humano.

2. Agua Dulce: El agua que se encuentra sobre la superficie de la tierra y caracterizada por tener una baja concentración de sales y sodios disueltos.
3. Agua Salada: Es la encontrada en los mares y océanos y su principal característica es su concentración de sales minerales disueltas (35%).
4. Agua salobre: Es el agua con una salinidad entre el agua dulce y salada.
5. Agua dura: Es aquella que contiene un alto nivel de minerales disueltos.
6. Aguas blandas: Son aquellas donde se encuentra una mínima cantidad de sales disueltas.
7. Agua Destilada: El agua destilada es aquella sustancia cuya composición se basa en la unidad de moléculas de H<sub>2</sub>O y ha sido purificada o limpiada mediante destilación.
8. Aguas residuales: Toda agua afectada por el uso humano.
9. Aguas negras: Son aguas contaminadas con eses y orinas.
10. Aguas grises: Aguas resultantes del uso doméstico.
11. Aguas brutas: El agua que no ha recibido ningún tratamiento.

Se puede apreciar que la existencia del agua es reguladora de los ecosistemas, como seres vivos, el agua juega un papel importante en nuestro desarrollo y supervivencia. No solo necesitamos agua para hidratarnos y consumirla, sino que los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, que está presente en nuestros tejidos corporales y órganos vitales. Otro beneficio del agua para el organismo es el mantenimiento de la temperatura corporal, al eliminar el exceso de calor mediante la transpiración y la sudoración a través de la piel.

Como ser racional, el ser humano ha descubierto cómo darle uso al agua para facilitar algunas actividades. Es así que el agua se ha convertido en el epicentro del desarrollo sostenible, socioeconómico, energético y en la generación de alimentos. Algunas de las actividades que se realizan son en el ámbito agrícola, ganadero, generación de energía, industrial y doméstico. Por estos motivos, el agua es un recurso natural vital para el desarrollo y un pilar fundamental para la supervivencia de todos los seres que habitan el planeta.

El agua utilizable por el ser humano se ha reducido en gran medida, lo cual es visible en las sequías que afectan a diversas partes del planeta en la actualidad, por lo que el cuidado del recurso hídrico se ha convertido en un tema de interés en los últimos años. Es clara la necesidad de cuidar este recurso y cualquier aporte que represente un beneficio en pro de esto es valioso. El agua es el motor de la vida en el planeta, cuidarla es una responsabilidad compartida y un tema que en ningún momento se debe olvidar u obviar.

## 2.1.2 Uso doméstico del agua

Como se puede apreciar en el apartado **2.1.1**, el agua es aprovechada por los seres humanos de diversas formas, ya sea para subsistir o para la producción e intercambio de bienes y servicios. De todas las mencionadas, se puede destacar el agua empleada en el hogar. El interés particular de los usos domésticos del agua para esta investigación surge del hecho de que todos los seres humanos las utilizamos.

Uno de los usos más importantes que se le da al agua es en labores domésticas, para que esta pueda llegar a los hogares, es importante la existencia de un abastecimiento público. En México, existe el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), en el cual se plasman los volúmenes concesionarios a los usuarios de las aguas nacionales. REPDA clasifica los usos del agua en México como: abastecimiento público, industria autoabastecida, energía eléctrica e hidroeléctricas.

Para determinar cada una de estas, REPDA utiliza el término “uso agrupado”, esta categorización distingue si el uso es consecutivo o no. Para el uso agrupado de abastecimiento público, se incluye la totalidad del agua entregada mediante redes de agua potable, tanto a usuarios domésticos, industria y servicios conectados a estas redes. Para los usuarios domésticos, REPDA los clasifica en el rubro de público urbano. El volumen concesionado de este rubro en el año 2018 fue de 13,056 hm<sup>3</sup> (hectómetros cúbicos), siendo esta la cantidad de agua que reciben los hogares mexicanos para su disposición en sus actividades domésticas.

“En México, el consumo promedio de agua por persona es de 380 litros de agua al día” (Conagua, 2015), esta cantidad sobrepasa con creces el mínimo necesario para cubrir las necesidades básicas de higiene y alimentación, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015) recomienda “una cantidad aproximada de 20 litros al día por habitante”. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (2018), “el tamaño promedio del hogar en México es de 3.6 personas”, por lo que se consideraría un consumo de 1368 litros de agua al día por familia en México.

En el hogar, la cantidad de agua consumida se reparte en diversas actividades:

- Alimentación: Agua utilizada para lavar alimentos y preparar comidas.
- Limpieza: Agua destinada para la limpieza y mantenimiento del hogar.
- Lavado de ropa: Agua utilizada para el lavado de prendas.
- Lavado de utensilios de cocina: Agua empleada para la limpieza y desinfección de herramientas de cocina.
- Higiene: Agua utilizada para acciones de desinfección y prevención.

-Aseo personal: Agua utilizada para la ducha, lavado de rostro, cepillado de dientes y lavado de manos.

-Aseo del hogar: Agua utilizada para el riego y saneamiento de áreas en el hogar.

-Riego del jardín: Agua empleada para el riego de plantas.

-Arrastre de excretas y orines: Agua utilizada en la taza del baño.

Si bien estas son algunas de las actividades más comunes que realizadas en el hogar, es importante señalar que existen otras actividades menos frecuentes, como lavar el auto, bañar a las mascotas y actividades recreativas.

Todos estos representarían los consumos directos del agua en el hogar, existe otro rubro denominado como consumo indirecto y usualmente pasa desapercibido, principalmente ocasionado por goteras y fugas en las instalaciones del hogar. Tener un grifo goteando en el hogar las 24 horas representa una pérdida de aproximadamente 30 litros, esto es 10 litros más sobre lo mínimo necesario para cubrir necesidades básicas y de higiene.

Un usuario promedio espera que, al abrir la llave del agua, está siempre pueda correr de forma continua las 24 horas del día, desgraciadamente este recurso año tras año se encuentra en disminución, de acuerdo con la Organización Mundial de la salud “México es el quinto país que usa más agua en el mundo. Además, el Valle de México es la zona que desperdicia más en el país y una de las principales causas son los malos hábitos de consumo”, contribuyendo así con la disminución del mismo.

### 2.1.3 Aguas grises

Toda el agua empleada en actividades humanas sufre una afectación negativa, el agua que se genera es llamada “agua residual”. Zarza (2022) define que “se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella”. El agua residual es clasificada según su origen:

-Aguas residuales urbanas: Se trata de la combinación de aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales y de escurrimiento pluvial.

-Aguas residuales industriales: Son las aguas vertidas desde cualquier local utilizado para cualquier actividad comercial o industrial.

-Aguas residuales domésticas: Son las aguas provenientes de zonas de viviendas y servicios y son generadas por actividades domésticas y el metabolismo humano.

Para esta investigación se realiza un enfoque en las aguas residuales domésticas; como se puede apreciar en el apartado 2.1.2, existen diferentes usos del agua en el hogar, por lo que la calidad resultante varía según el uso empleado, es por esto que el agua residual doméstica puede subdividirse en aguas negras y aguas grises.

Las aguas negras son todas aquellas que contienen orina y heces fecales, por ende, son aquellas provenientes de la taza del baño y regaderas, y debido a su contenido llegan a ser más complicadas de tratar.

Las aguas grises son aquellas que provienen de las operaciones de lavado doméstico, estas suelen provenir de lavabos, tarjas, lavaplatos y lavadoras; “algunas veces se subdivide al agua gris, considerado únicamente la que se descarga en los lavamanos, ducha y baños, pero excluyendo fuentes de grasa u otras sustancias altamente contaminantes” (Jefferson B. et al., 2004).

Considerando lo dicho por Ghaitidak, D. y Yadav, K. (2013) y la Asociación Española de Empresas del Sector del Agua (AQUA España; 2018), una de las principales características del agua gris es la cantidad de surfactantes que contienen, la concentración alta de jabones y una composición de materia orgánica e inorgánica, así como microorganismos.

La composición promedio de las aguas grises en la literatura son:

**Tabla 1**

*Tabla de composición de las aguas grises*

Principal composición		
	Parámetros	Unidades
Físico-Químicos	Sólidos en suspensión	45–330 mg / L
	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	90–290 mg / L
	Nitrógeno total Kjeldahl (N Kjeldahl)	2.1–31.5 mg / L
	Turbidez	22-220 NTU
Microbiológicos	Coliformes totales	10 <sup>1</sup> – 10 <sup>6</sup> UFC/100ml
	Escherichia Coli	10 <sup>1</sup> – 10 <sup>5</sup> UFC/100ml

Fuente: AQUA España. (2018)

Retomando lo dicho por Jefferson B. et al. (2004), las características del agua gris de un solo hogar pueden llegar a ser muy variables y dependen de la calidad del agua distribuida, el uso que se le ha dado y el tipo de sistema de distribución, de igual forma, su composición llega a variar dependiendo de la cantidad de personas que viven en la casa, diferentes niveles de vida social y cultural, entre otros factores.

Es por eso que considerar únicamente la composición promedio de las aguas grises en la literatura no es suficiente. Se ha encontrado que, en la Universidad de Edimburgo, Nghiem, D.L., Oschmann, N. y Schäfer, A.I. (2006) llevaron a cabo un estudio para determinar los constituyentes principales del agua gris y los rangos de variabilidad en cada parámetro en comparación con las aguas residuales domésticas generales (**ver tabla 2**).

**Tabla 2**

*Constituyentes del agua gris.*

No.	Parámetro	Unidades	Parámetro
1.	pH	5.9 – 7.7	5 – 10.9
2.	Sólidos Totales, mg/L	200 - 1200	113 - 2410
3.	Sólidos Disueltos totales, mg/L	100 - 850	137 – 1260
4.	Sólidos suspendidos, mg/L	24 - 608	3.1 - 330
5.	DBO <sub>s</sub> , mg/L	28 - 400	33 - 1460
6.	DQO, mg/L	45 - 1000	3.8 - 1380
7.	Nitrógeno Total, mg <sub>Total</sub> de N/L	20 - 117	0.28 - 74
8.	Fósforo, mg <sub>Total</sub> de P/L	3.2 - 30	0.0062 - 74
9.	Calcio, mg <sub>Total</sub> de Ca/L	1.1 - 200	3.6 - 200

Fuente: Nghiem, D.L., Oschmann, N. y Schäfer, A.I. (2006)

El agua gris cuenta con un amplio espectro de variación en la concentración de materia orgánica y en el parámetro de DQO/DBO, mientras que en otros parámetros el agua gris es incluso de peor calidad que el agua residual. Sin embargo, típicamente el agua gris contiene considerablemente menos patógenos, por lo tanto, es más conveniente (y socialmente aceptada) para él reúso en viviendas (Suárez, L.B., 2010).

“Las aguas grises son sin duda un recurso valioso que se puede utilizar para aliviar la escasez de agua y aumentar la conservación del agua en los hogares individuales. Es particularmente importante para regiones áridas y semiáridas. Las aguas grises tratadas también se pueden utilizar para muchas actividades domésticas, como la cisterna del inodoro, el riego de jardines, el lavado de automóviles o la limpieza de pavimentos”

Nghiem, D.L., Oschmann, N. y Schäfer, A.I., 2006.

## 2.1.4 Filtros de arena

Se podría considerar al agua gris como un recurso que puede ser aprovechado en pro de aumentar el ciclo de vida útil del agua en la realización de actividades domésticas. El ciclo de vida útil del agua se refiere a “la cantidad de procesos que se le da al agua en el caso de que tenga un grado de contaminación mínima, para extender su uso cuantas veces se requiera” (EUFIC, 2019).



La utilización de sistemas de filtrado de agua es una solución pertinente para aprovechar al máximo este recurso. “Se define un filtro de agua como un aparato compuesto generalmente por un material poroso que ayuda a retener y eliminar las partículas sólidas del agua” (Rotoplas, 2022).

Existen diversos filtros de agua, Ángel J. (2015) define tres principales tipos de filtro:

- **Mecánico:** Los filtros mecánicos se utilizan para eliminar partículas sólidas en suspensión al pasar a través de ellos. Estas partículas se retienen en un soporte sintético, evitando su paso y quedando fijadas hasta que se limpie el filtro.
- **Biológico:** Los filtros biológicos contienen diversos materiales que permiten el crecimiento de bacterias las cuales transforman sustancias orgánicas no retenidas por filtros mecánicos.
- **Químico:** Los filtros químicos tienen como objetivo retener las sustancias disueltas en el agua que no pueden ser capturadas por filtros mecánicos o biológicos. Un ejemplo común de material filtrante utilizado en estos filtros es el carbón activado.

Esta clasificación de los filtros ha impulsado el desarrollo de tecnologías domésticas que aprovechan sus características. Estos “filtros caseros” son construidos de manera sencilla, utilizando materiales fácilmente disponibles (Ibarra N.E., 2016).

Actualmente se han desarrollado a nivel mundial una variedad de sistemas de filtración adaptados para su uso doméstico. Entre estos sistemas se destacan los filtros de bioarena (BSF), los filtros de bioarena modificados (MBSF), los filtros cubos (BF), los filtros de vela cerámica (CCF), el filtro poroso impregnado de plata coloidal (SIPP), el filtro de matriz estructurada con carbón activado (FME), el filtro xilema (FX), y el filtro de membrana (LifeStraw Family).

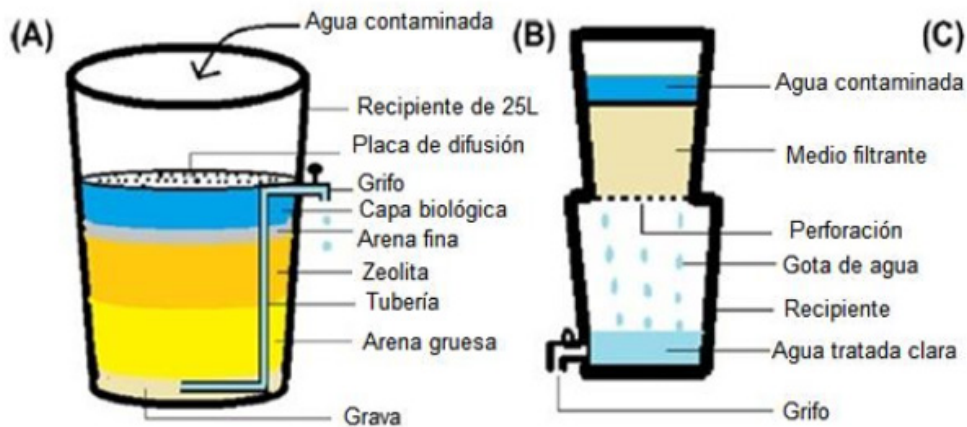
En el presente documento se hace un especial énfasis en los filtros de arena, ya que son alternativas de bajo costo, fáciles de operar, eficientes y accesibles. El filtro de arena es una de las variedades de filtros de agua existentes, dentro de esta categoría, podemos encontrar diferentes tipos, como los filtros rápidos de arena, los filtros lentos de arena, los filtros ascendentes, los filtros por gravedad y los filtros de bioarena, que se clasifican según su forma de operar. Se aprecia que, dentro de los filtros caseros, existen dos sistemas que corresponden a filtros de arena: los filtros de bio arena (BSF) y los filtros cubos (BF, por sus siglas en inglés).

BSF: Los filtros de bioarena (**ver figura 4**) se diseñan utilizando 4 capas de diferentes materiales: La primera capa se compone de 5 cm de grava con un tamaño de partícula de 7.5 mm, la segunda capa se compone de 5 cm de arena con un tamaño de partícula de 0.95 mm, la tercera capa consiste en zeolita con un espesor de 2.5 cm, mientras que la última capa contiene 2.5 cm de arena con un tamaño de partícula de 0.3 mm, este sistema cuenta con una tasa de filtración de 171 L/h. (Ibarra N.E., 2016).

BF: El filtro cubos (**ver figura 4**) se diseña empleando dos cubetas o baldes. La primera cubeta tiene una capa de 2 cm de grava y una capa de arena fina de 5 cm. La parte inferior de la primera cubeta tiene pequeñas perforaciones que permiten que el agua pase hacia una segunda cubeta que rodea la primera y actúa como recipiente para recoger el agua filtrada que sale a través del grifo, este sistema cuenta con una tasa de filtración de 167 L/h. (Ibarra N.E., 2016).

**Figura 4**

*Composición de los sistemas de filtración casera.*



Nota: (A) Filtro de bioarena; (B) filtro cubos. Fuente: Ibarra N.E. (2016).

El funcionamiento básico de estos filtros consiste en hacer pasar una mezcla entre un elemento sólido y uno líquido, y gracias a las porosidades en el material se retienen los sólidos y se dejan pasar exclusivamente los líquidos consiguiendo así una clarificación del agua. A continuación, se presentan los datos de investigación correspondientes a estos filtros:

**Tabla 3**

*Porcentajes de remoción de bacterias.*

Sistema de filtración	Microorganismos	Remoción (%)
BSF	Escherichia coli	93.16
	Vibrio cholerae	99
	Salmonella typhimurium	98
	Shigella dysenteriae	99
BF	Escherichia coli	97
	Vibrio cholerae	98
	Salmonella typhimurium	98
	Shigella dysenteriae	99

Fuente: Ibarra N.E. (2016).

**Tabla 4***Porcentajes de remoción de compuestos químicos.*

Sistema de filtración	Remoción (%)						
	F-	Ca	Fe	Mg	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	As
BSF	99.9	71.5	75.3	56.8	94.7	51.3	27.9
BF	99.9	90.6	64.2	57.2	18.6	39.3	68.9

Nota: F-: fluoruro, Ca: calcio, Fe: hierro, Mg: magnesio, NO<sub>3</sub>: nitrato, PO<sub>4</sub>: fosfatos, As: arsénico. Fuente: Ibarra N.E. (2016).

Se puede denotar que los filtros de arena son efectivos en la remoción de componentes químicos y bacterianos presentes en el agua, además de ser prácticos considerando factores económicos y eficiencia de proceso; posicionando así a los filtros de arena como uno de los más fáciles de construir y económicos en su mantenimiento.

## 2.2 Marco Social

El marco social abarca los aspectos relacionados con los usuarios humanos y las máquinas de lavado, y tiene como objetivo recopilar información que nos permita comprender mejor sus necesidades. La información contenida en esta sección se obtuvo a través de consultas en línea y encuestas realizadas a los habitantes del Fraccionamiento Fovissste Tercera Sección, Huajuapán de León.

### 2.2.1 Ciclo de lavado

De manera lógica se puede entender el proceso del ciclo de lavado como todas las actividades que van desde la selección de ropa sucia hasta que esta se encuentra limpia y seca; aunque este proceso es realizado por la mayoría de la población, cada individuo tiene sus propios pasos para su realización; gracias a una encuesta realizada por el autor y consultas por internet se identifica un patrón en esta actividad:

1.-Clasificación de ropa: Se suele separar la ropa por colores y tipo, teniendo una clasificación en ropa de cama, ropa de cocina, toallas, ropa de colores claros, ropa de colores oscuros, ropa interior y calcetines.

2.-Pre enjuague: La ropa es colocada en agua con detergente líquido previo al lavado de la misma para así facilitar este proceso.

3.-Lavado: Es la actividad en la cual la ropa es introducida en la lavadora pieza por pieza, seleccionando el ciclo y el tiempo deseado; para esto la lavadora ya debe tener una carga de agua y de detergente que se desea utilizar.

4.-Enjuague: Al momento que el ciclo de la lavadora culmina se van sacando las prendas una por una y se exprimen para ser introducidas en agua mezclada con suavizante de telas para aromatizarla y cortar la espuma que deja la lavadora (expresión popular).

5.-Centrifugado: Esta actividad es variable dependiendo del modelo de lavadora con la que cuenta el usuario, posterior al enjuague la ropa es exprimida y se mete de vuelta a la lavadora para que sea removida la humedad de la misma por el efecto de centrifugado.

6.-Secado: Toda la ropa es colgada en tendederos al aire libre para que quede completamente seca.

7.-Limpieza del área de lavado: El usuario durante esta etapa se encarga de limpiar su zona de lavado, recoger y almacenar los detergentes u objetos que utilizó, así de deshacerse del exceso de humedad que queda en la zona.

8.-Limpieza de lavadora: En este punto el usuario vacía toda el agua contenida en la lavadora con ayuda de la manguera de desagüe con la que cuentan, el agua es desechada por el alcantarillado, en la mayoría de los casos, existen usuarios que recolectan esta agua y la almacenan en botes, una vez vaciada la lavadora la limpian para poder desechar cualquier suciedad restante.

9.-Doblado: Una vez seca la ropa se retira de los tendederos y se dobla para poder ser almacenada quedando lista para poder ser utilizada.

## 2.2.2 Lavadora

El término Lavadora se utiliza para nombrar a la maquinaria electrónica empleada para el lavado de textiles, para su accionamiento se mezcla con agua, detergente y las prendas textiles, donde estas últimas se van limpiando a través del constante movimiento generado por el accionamiento de un motor eléctrico; las lavadoras modernas lavan, enjuagan, agregan suavizantes y secan por medio del centrifugado dejando las prendas listas para el proceso de doblado, de forma general se clasifican a las lavadoras como lavadoras industriales y domésticas.

Para Martínez F. (2022) “las lavadoras industriales son equipos construidos para prestar un servicio continuo de Lavado de prendas”, están cuentan con capacidades que van desde los 18 kg hasta los 180 kg, cabe recalcar que en los equipos domésticos la capacidad de carga hace siempre referencia a kilos de ropa mojada, mientras que en las lavadoras industriales la capacidad de carga que se nos indica es siempre la real, es decir, los kilos de ropa seca que podemos introducir en la misma. Las lavadoras domésticas tal cual como lo dice su nombre son equipos construidos para un uso en el hogar, la franquicia de lavanderías europeas La Wash (s.f.) explica que estos equipos “están pensados para un uso de moderado a alto y pueden realizar sin problemas entre dos y tres ciclos de lavado a diario” y “puede consumir hasta 150 litros de agua por ciclo de lavado”.

Las lavadoras de uso doméstico son las de interés para los fines de esta investigación, estas se encuentran en la categoría de enseres mayores o aparatos de línea blanca y es considerado un electrodoméstico, lo que significa que estos equipos son utilizados por la mayoría de la población.

**Tabla 5**

*Clasificación de las lavadoras*

Constituyentes principales			
<i>Tipo.</i>	Clasificación	Características	Funcionamiento
<i>De eje vertical</i>	Automática	Realizan todo el proceso de lavado, desde llenar el contenedor de agua, lavar, enjuagar, exprimir y algunas hasta secar sin la intervención del usuario, más que la de programar el ciclo.	Mueve y oscila la carga sumergida en el agua por medio de agitación mecánica u otro movimiento. El eje principal del contenedor es vertical.
	Semiautomática	Requiere de la intervención del usuario para continuar con las subsiguientes etapas del ciclo.	
	Manual	Inicia y se detiene manualmente y no cuenta con dispositivo de control	
<i>De eje horizontal</i>	Automática	Realizan todo el proceso de lavado, desde llenar el contenedor de agua, lavar, enjuagar, exprimir y algunas hasta secar sin la intervención del usuario, más que la de programar el ciclo.	La ropa se coloca en un tambor horizontal y se sumergen parcialmente en el agua, el lavado se realiza por la rotación del tambor sobre su eje, el movimiento puede ser continuo o periódicamente invertido.

Fuente: NOM-005-ENER-2016, "Eficiencia energética de lavadoras de ropas electrodomésticas. Límites, métodos de prueba y etiquetado".

Este tipo de lavadoras se comercializan básicamente de dos tipos, de eje vertical y de eje horizontal, la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2018) definen que las de eje vertical "se caracterizan porque la ropa se introduce en el contenedor por la parte superior, mientras en las de eje horizontal su carga se realiza por la parte frontal. A su vez, estas se clasifican en manuales, semiautomáticas y automáticas." En el mercado existen diversas marcas y modelos de lavadoras, pese a esto de forma general todas están compuestas por partes similares que cumplen una determinada función, la PROFECO (2018) y Arqhys Blog (2013) establecen que las lavadoras están compuestas por:

**Carcasa:** Se trata del cuerpo o la estructura externa que forma a la lavadora, suele tener uno o dos accesos por donde se introduce la ropa, que puede estar en el frente o en la parte superior de la carcasa y protege a cada uno de los componentes internos que en conjunto hacen funcionar a la máquina.

**Cubeta:** Es la parte que cubre el tambor.

**Amortiguadores:** Se trata de unos muelles que permiten aguantar todo el peso de la cubeta y del tambor. A través de estos, el movimiento del tambor llega a ser disminuido y controlado, así como también el balancero y el sonido.

**Tambor:** Se refiere a esa parte hueca de la lavadora en donde se coloca la ropa a lavar. Suele tener la forma de un cilindro metálico, aunque también puede ser de plástico con muchos orificios pequeños por el cual el agua fluye. Es en esta parte que se hace posible la mezcla entre el agua, la ropa y el detergente.

**Agitador:** Tubo con aletas o dispositivo que se mueve sobre su propio eje con un movimiento alternativo circular (cíclico o reversible), generando corrientes de aire para remover las manchas.

**Impulsor:** Dispositivo en forma de disco ubicado en la parte inferior, generalmente. Gira alrededor de su propio eje con movimientos continuos o alternos, generando fuertes corrientes de agua, maximizando el cuidado de la ropa.

**Infusor:** Empuja la ropa con sutileza en el agua, con un movimiento de arco inverso, para una limpieza suave y completa.

**Microprocesador:** Es aquí en donde la máquina tiene cada uno de los datos programados que logran mantener el control funcional de la máquina, permitiendo así que este lave la ropa.

**Correa:** Parte que conecta el motor con el tambor y que permite transferir todo movimiento creado del motor a la polea que mantiene un giro solidario al tambor.

**Motor eléctrico:** Es la parte que se encarga de recibir toda la energía eléctrica procedente del sistema de electricidad, que es transportada desde el enchufe a través de un cableado. Esta corriente es controlada por un microprocesador y es la que permite que la lavadora realice la acción del lavado. Este motor suele estar ubicado en la caja inferior de la lavadora o en la parte trasera y central de esta.

**Resistencia:** Esta parte usualmente se halla entre la cubeta y el tambor de la lavadora; en ocasiones se suele encontrar en un depósito del condensador. Es a través de la resistencia que el agua se calienta al grado que el microprocesador indique.

**Temporizador:** A través de esta parte el usuario logra marcar la cantidad de tiempo que desea que la máquina lave la ropa.

Transmisión: Es la parte de la lavadora que se encarga de transferir todo movimiento que se produzca en el tambor de la lavadora, llevando al giro de esta.

Filtro: Este se encarga de retener cualquier suciedad u objeto que pueda obstaculizar los conductos de la lavadora. Se encuentra ubicado en el tubo de desagüe. Con su uso no se obstruye el conducto de desagüe.

Tubo de desagüe: Se trata de tuberías de evacuación general de PVC por donde toda el agua contenida en el tambor es desechada hacia el alcantarillado.

Debido a los componentes y avances tecnológicos presentes en estos equipos, el uso de la lavadora permite un ahorro de tiempo y esfuerzo comparado con el lavado a mano, volviéndolo una tarea rápida de realizar.

### 2.2.3 Equipos de lavado más utilizados

En el mercado se tienen diversas marcas y modelos de lavadoras domésticas, dentro de la clasificación de eje vertical y horizontal, existen tres principales exponentes:

- 1.-Lavadora de carga frontal (**ver FIGURA 5**): La principal característica de este tipo de lavadoras es que su abertura de carga se encuentra en la cara frontal de las máquinas y su tambor se llena de una mezcla de agua y espuma y gira, haciendo girar la ropa.
- 2.-Lavadora de carga superior (**ver FIGURA 6**): La abertura de carga se encuentra en la parte superior del dispositivo, cuenta en el centro del tambor con un agitador que crea un efecto de torbellino, en conjunto esta lavadora tiene una forma de prisma rectangular.
- 3.-Lavadora circular (**ver FIGURA 7**): Cuenta con una abertura para carga en la parte superior y cumple un funcionamiento similar a la lavadora de carga superior, su principal diferencia es que su forma está adaptada a la forma del tambor y sus componentes se encuentran en la parte inferior.

**Figura 5**

*Lavadora LG de carga frontal*



Fuente: Tienda en línea LG. <https://www.lg.com/mx/lavadoras-y-secadoras/lg-wm22vv2s6r>

**Figura 6**

*Lavadora Carga Superior Midea*



Fuente: Tienda en línea Midea. <https://www.midea.com/mx/lavanderia/lavadoras-de-carga-superior/MA500W17W>



## Figura 7

Lavadora circular semiautomática Easy LRE21

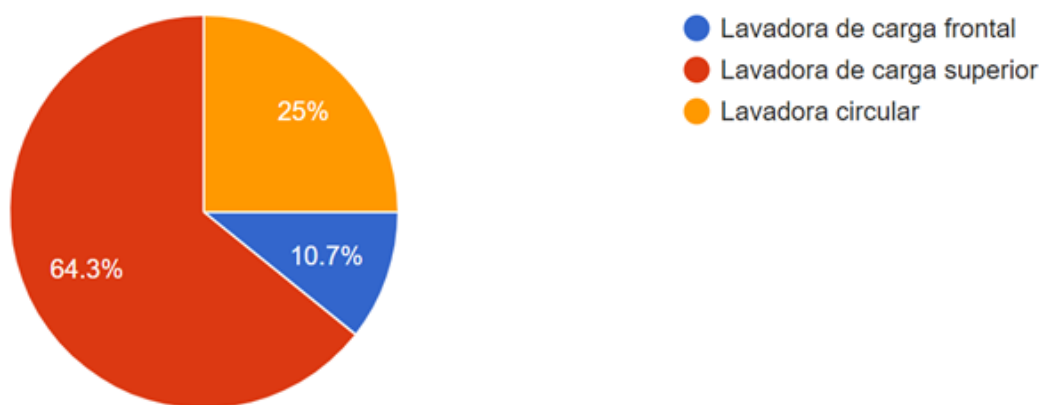


Fuente: Tienda en línea Easy. <https://easy.com.mx/lavadoras/detail/lavadora-redonda-21-kg-morada-easy>

La encuesta (ver ANEXO 1) realizada a los habitantes del Fraccionamiento Fovissste, tercera sección compara estos tres exponentes para determinar de forma preliminar cuál es el dispositivo de lavado más utilizado, arrojando los siguientes resultados:

## Figura 8

¿Qué tipo de lavadora utiliza?



Nota: Encuesta realizada a los habitantes de Fraccionamiento Fovissste Tercera Sección, Huajuapán de León. Fuente: Autor

Se observa que en su mayoría se utiliza una lavadora de carga superior; para corroborar esto se utilizó el estudio de calidad realizado por la PROFECO en el año 2022, en el estudio se analizaron dispositivos de lavado de las 9 principales marcas en México, se consideran estas como el estándar de uso del consumidor promedio y dándoles un ranking de excelente a suficiente.

**Tabla 6**

*Ranking PROFECO de las mejores lavadoras*

Marca	Modelo	Puntuación
Maytag	7MMVWC416FW	Excelente
Samsung	WF22K6500AV	Excelente
Electrolux	LI22Y	Muy buena
LG	WM20WV6	Muy buena
MABE	LMH72201WBAB0	Muy buena
MABE	LMH79104SBAB0	Muy buena
LG	WT21VSS6	Muy buena
Whirlpool	8MWTW1922EN1	Muy buena
Koblenz	LWM27IIB	Buena
MABE	LMA70213VBAB0	Buena
SAMSUNG	WA19J6750LV	Buena
Koblenz	LWS27II	Suficiente

Fuente: Revista del consumidor, PROFECO

Analizando la tabla y promediando las puntuaciones, se infiere que la lavadora LG WT21VSS6 se encuentra dentro de la categoría estándar. La Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI), estima que aproximadamente el 24% de la población mexicana pertenece al grupo socioeconómico D (Bajo inferior), por lo que la adquisición de un equipo denominado estándar es asequible para el grupo socioeconómico D.

Al analizar el modelo LG WT21VSS6 se resalta que es un equipo de carga superior, destacando de forma que las lavadoras de carga superior son un equipo ampliamente utilizado.

### 2.2.3 Sistemas de desagüe

Para la presente investigación es necesario determinar el tipo de desagüe con el que cuentan las lavadoras, para determinar la forma en que se puede captar.

Se identifican dos formas comunes de sistemas de desagüe para lavadoras. La primera, conocida como desagüe por gravedad, implica que el agua contenida en el tambor de la lavadora se evacua a través de una tubería situada en la parte inferior de la misma, siendo que este proceso se lleva a cabo de manera natural gracias a la acción de la gravedad, permitiendo que el agua fluya hacia abajo hasta que se logre el vaciado completo del tambor.

El segundo se trata de un sistema de desagüe implementando una bomba, GE Aplanaces (s.f.) determina que pueden elevar el agua del drenaje hasta un máximo de 30", es decir no más de 76.2 cm.

Para este trabajo se utiliza como referencia las lavadoras con un sistema de desagüe con ayuda de una bomba, en el apartado **2.2.3** se identificó el modelo LG WT21VSS6 como uno de los más utilizados y este cuenta con un sistema de bombeo, de igual forma la elección de este tipo de desagüe va acorde al surgimiento de tecnologías que buscan normalizar su uso e incluso adaptarlo a lavadoras que cuentan con un sistema de desagüe por gravedad, dispositivo en cuestión se llama "Aqua Recovery", el cual es un accesorio que se instala en la lavadora o en la pared para recuperar el agua con una manguera. Tiene una perilla para programar el reúso de agua desde el inicio y una palanca para detener o reactivar el flujo de agua (First Build México, s.f.). El dispositivo solo recupera el agua gris y por lo visto en sus demostraciones que tienen en diversas redes, se infiere que puede elevar el agua del desagüe a una altura similar a la que establece GE Aplanaces (s.f.).

Estas tecnologías emergentes reafirman la preocupación por el cuidado del agua y reconocen el agua gris como un elemento que se puede aprovechar en beneficio de esta meta.

## 2.2.4 Usuario

La descripción del usuario permite identificar las necesidades y requisitos que este tiene en cuanto al uso del dispositivo de contención de filtros de arena para la recuperación de aguas grises. Al describir al usuario, se puede establecer algunas características, expectativas, comportamientos y necesidades. Esto ayuda a que el dispositivo se adapte a las necesidades y deseos de los usuarios, lo que resulta en un producto más efectivo y satisfactorio.

Además, la descripción del usuario también puede ser de utilidad en la fase de diseño, ya que puede permitir la identificación de problemas potenciales que puedan afectar la usabilidad del dispositivo, y esto, a su vez, contribuirá a la mejora del mismo.

Característica principal del usuario: Personas dedicadas a los quehaceres del hogar

Género: Mayormente mujeres

Grupo etario: Entre 30 a 50 años

Grupo Socioeconómico: C-D

Zona geográfica: México

Ocupación: Indistinto

Estado civil: Indistinto

Tipo de familia: Indistinta, pero con un máximo de 4 integrantes

Nivel de educación: Secundaria en adelante.

## 2.3 Marco Legal

En este apartado se lleva a cabo una revisión de las normas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), que regula las aguas de riego; con la finalidad de comprobar si es asequible el uso de aguas grises; además de otras normas nacionales e internacionales que determinan la cantidad de contaminantes permitidos en las aguas, sin embargo, de estas se retoman únicamente parámetros o estipulaciones que se adecuen al trabajo de investigación.

### 2.3.1 Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO)

La organización de las Naciones Unidas (ONU) cuenta con una división denominada FAO la cual cuenta con un compendio de normas alimentarias aceptadas internacionalmente, dentro de este compendio se tienen normas sobre calidad de agua para riego en el sector agrícola.

Murcia M.L., Calderón O.G. y Díaz J.E. (2013), realizaron una investigación titulada “Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo”, en esta investigación realizaron un experimento en donde analizaron dos muestras de agua gris doméstica, la primera muestra es agua gris doméstica (AGD) sin tratar y la segunda muestra es el agua gris doméstica tratada con filtración, en esta investigación. Al comparar sus resultados con las normas sobre la calidad del agua para riego acorde a la FAO, determinaron que ambas muestras pueden ser empleadas para riego ya que no presentan restricción de uso con relación a su Conductividad Eléctrica (CE) y a su relación entre Sodio, Calcio y Magnesio (SAR), demostrando que el uso del agua gris es viable para riego, sin embargo es necesario considerar que a largo plazo, el riego constante de AGD sin tratar pueden producir efectos adversos sobre la tasa de infiltración del suelo, por lo que se recomienda la utilización de un sistema de filtración para evitar cambios negativos en la estructura del suelo.

### 2.3.2 Normas Mexicanas

En México existen Normativas que establecen límites permisibles de descargas de aguas residuales y que clasifican su usabilidad.

**Tabla 7**

*Normas Mexicanas para la disposición de aguas residuales*

Norma	Aplicación
NOM-002-Semarnat-1997	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

NOM-006-CONAGUA-1997	Establece las especificaciones y métodos de prueba de las fosas sépticas prefabricadas
----------------------	--

Fuente: Diario Oficial de la Nación

Aunque la normativa NOM-003-Semarnat-1997 no es directamente aplicable a la calidad del agua que se pretende obtener en el dispositivo, contiene ciertos parámetros relevantes que son considerados importantes para la investigación. Del mismo modo, la normativa NOM-006-CONAGUA-1997 proporciona algunos parámetros relevantes para el diseño del dispositivo de contención ya que, al tratarse de contenedores prefabricados, ofrecen pautas valiosas sobre los requisitos a considerar en la fabricación del dispositivo. Los aspectos considerados de estas normativas se aprecian de manera específica en la **sección 3.1.5**, donde se detallan los requerimientos necesarios para la generación del dispositivo.

### 2.3.3 Normas Internacionales

La preocupación por el recurso hídrico es algo que otros países han percibido. Tal es el caso de Colombia, que, a pesar de tener una gran disponibilidad de agua, al igual que Canadá, Rusia y Brasil, cuenta con normas para regular los contaminantes presentes en las aguas residuales. Por lo que a manera de ejemplo únicamente, se presentan las normativas para el uso de aguas residuales en otros países.

**Tabla 8**

*Normatividad legal colombiana para contaminantes presentes en el agua residual*

Norma	Aplicación
DECRETO 3930 DE 2010	Que corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Así mismo, regular, entre otros aspectos, la clasificación de las aguas, señalar las que deben ser objeto de protección y control especial, fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento, estableciendo la calidad de las mismas y ejerciendo control sobre los vertimientos que se introduzcan en las aguas superficiales o subterráneas, interiores o marinas, a fin de que estas no se conviertan en focos de contaminación que pongan en riesgo los ciclos biológicos, el normal desarrollo de las especies y la capacidad oxigenante y reguladora de los cuerpos de agua.
Decreto 1594 de 1984	Criterios de calidad admisibles

Fuente: Departamento Administrativo de la Función Pública, República de Colombia- 2010

**Tabla 9**

*Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*

Norma	Aplicación
DS N.º 031-2010-SA.	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Fuente: Ministerio de Salud, Lima – Perú, 2011

Las normas internacionales sirven para ampliar y reforzar algunos conceptos y parámetros que no se contemplan de manera tan notoria en las normas mexicanas, contribuyendo en la percepción de otros panoramas para abordar una solución factible y generación de requerimientos.

## 2.4 Estado del Arte

En la presente sección, se describen proyectos que abordan el uso de sistemas de re aprovechamiento del agua en hogares y que sirvieron como referencia en este trabajo de investigación, estos se obtuvieron mediante la consulta de artículos científicos, tesis y monografías.

En el análisis de proyectos homólogos, se tiene que Díaz, J.J. y Ramírez, L.Y. (2016). en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá se elaboró el “Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de lavadora aplicado para hogares de Bogotá D.C.”.

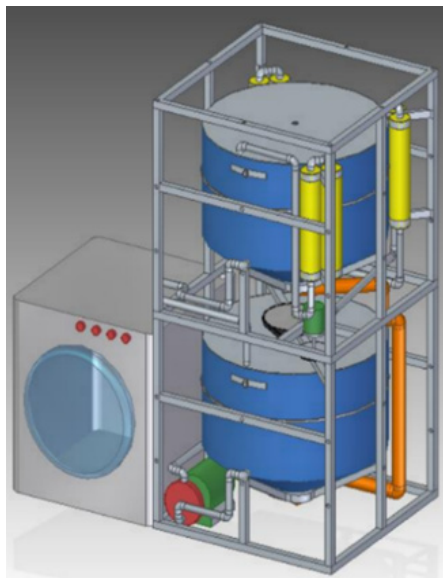
El sistema consta de dos tanques de almacenamiento, uno sobre otro, soportados con una estructura metálica. Cada tanque tiene en su interior mecanismos que contribuyen a la recirculación y limpieza del agua. El tanque número 1 recoge el agua arrojada por la lavadora, este tanque cuenta con dos dosificadores, uno de floculante y otro de coagulante, además tiene en su parte superior un motor que hace girar una hélice que se encarga de agitar las sustancias anteriormente mencionadas. Cuenta también con un aspersor que facilita el aseo del interior del tanque, una salida para drenar hacia el desagüe, y otra salida atada a una motobomba que dirige el agua hacia un filtro de arenas, el cual está dividido en 6 contenedores de 50 cm de alto por 20 cm de ancho, cada contenedor en su interior cuenta con materiales diferentes, el primero es de grava, el segundo es de gravilla, el tercero y cuarto es de arena, el quinto es de carbón activo y el último filtro es nuevamente de arena. Posterior al filtrado el agua es conducida al tanque número 2. El tanque número 2 cuenta en su interior con un aspersor similar al del tanque número 1 para facilitar el lavado, también tiene un flotador, un oxigenador y un dosificador para adicionar el desinfectante cuando sea necesario.

Con la implementación del filtro propuesto para este sistema de tratamiento y reutilización de agua de lavadora se estima la captación de al menos el 30% de los SST, se entiende como SST (sólidos suspendidos totales) como los sólidos que no son sedimentables y que se mantienen mezclados en el agua.

Los resultados de la muestra del agua tratada con el filtro señalan que el agua contiene 59 mg/L de SST, lo cual se encuentra dentro del límite permitido para vertimiento acorde a la “Resolución 3957 de 2009” de Bogotá y permite que sean utilizadas de vuelta en otro ciclo de lavado.

### Figura 9

*Sistema de tratamiento y reutilización de agua.*



Díaz, J.J. y Ramírez, L.Y. (2016).

El sistema propuesto por Díaz, J.J. y Ramírez, L.Y. cuenta con un manual de uso y manual de mantenimiento ubicado en la página 73 de la monografía, este se trata de una imagen con recomendaciones que brindan los autores, el manual únicamente tiene un enfoque en la limpieza de los tanques de almacenamiento y no realiza ninguna especificación de la limpieza o mantenimiento de los filtros.

En lo que corresponde a tesis, se tiene que Suárez (2010) en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey generó la tesis llamada “TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES MEDIANTE UN SISTEMA HÍBRIDO CON MEMBRANAS”, en esta se propone la implementación de combinaciones de membranas para filtrar aguas grises resultantes del lavado de ropa, todo con la finalidad de reutilizar el efluente en actividades domésticas que no demandan un alto nivel de calidad del agua; el equipo de membranas utilizado integra un contenedor de 100 L donde se almacena el agua que se desea tratar y membranas de microfiltración y ultrafiltración de la marca Koch® con dimensiones de 2.5” de diámetro por 40” de largo.

La calidad del efluente de aguas grises que contiene detergente líquido tratado con una combinación de membranas “PF-MF-UF” (pretratamiento, microfiltración y ultrafiltración) arroja los siguientes resultados con respecto a los Solidos Suspendidos Totales: SST (mg/L) = 36

## Figura 10

### *Equipo de membranas*



Nota: Las pruebas finales se llevaron a cabo con membranas de microfiltración, ultrafiltración y el pretratamiento elegido. Fuente: Suárez (2010)

Con seguimiento en línea de tesis, se tiene que Yerner (2020) en la Universidad César Vallejo ubicada en Lima, Perú desarrolló un “Sistema de recolección, filtrado y reutilización de aguas de lavadoras en la Urb. Casuarinas”, este sistema se compone de tres etapas, la primera etapa consiste en un procedimiento de trampa de grasas, la segunda etapa consiste en filtración lenta mediante el uso de tres contenedores plásticos que almacenan filtros de arena y finalmente en la tercera etapa el agua filtrada es almacenada en un contenedor de donde será bombeada directamente para ser reutilizada en el inodoro del hogar; la salida principal es conducida mediante un cople “T” de reducción de 4 a 2 pulgadas, con un ingreso de caudal de 12 L/s que pasa por una tubería de 2 pulgadas.

Para este procedimiento se consideran 3 filtros de arena, cada filtro se encuentra contenido dentro de un tambo de plástico. El primer y segundo tambo tienen en su interior 20 cm de grava gruesa, 20 cm de grava fina, 65 cm de arena fina y 25 cm de aire (espacio vacío); el tercer tambo contiene: 20 cm de grava gruesa, 20 cm de grava fina, 35 cm de carbón activado, 30 cm de arena fina y 25 cm de aire.



**Figura 11**

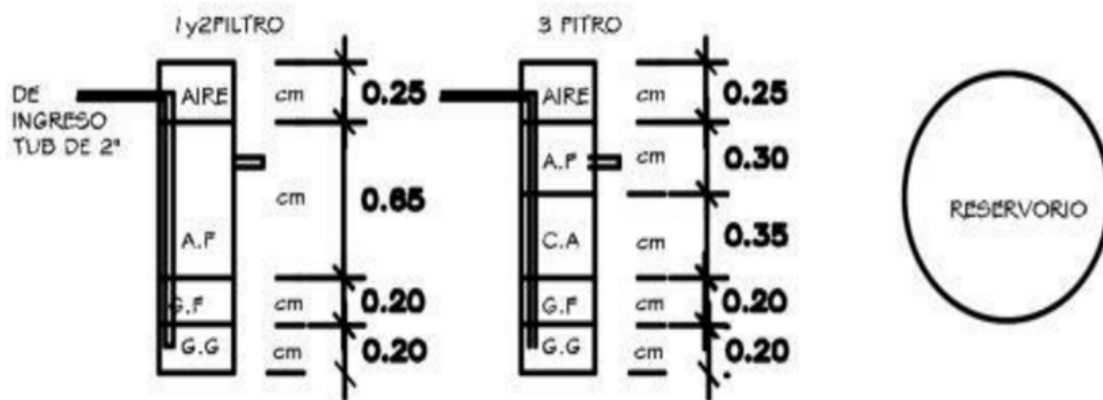
*Diagrama de flujo de sistemas de filtros*



Fuente: Yerner (2020)

**Figura 12**

*Proporción de altura de cada filtro*



Fuente: Yerner (2020)

La evaluación del agua tratada únicamente con el filtro nos arroja datos de NTU (Turbidez), podemos entender a la turbidez como la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión; teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 10**

*Análisis de comparaciones de características físicas de aguas grises con los parámetros internacionales.*

<b>Análisis de Laboratorio</b>	<b>Turbidez</b>
unidad	<b>NTU</b>
Muestra Final	<b>180</b>
Promedio	<b>200</b>

Fuente: Yerner (2020)

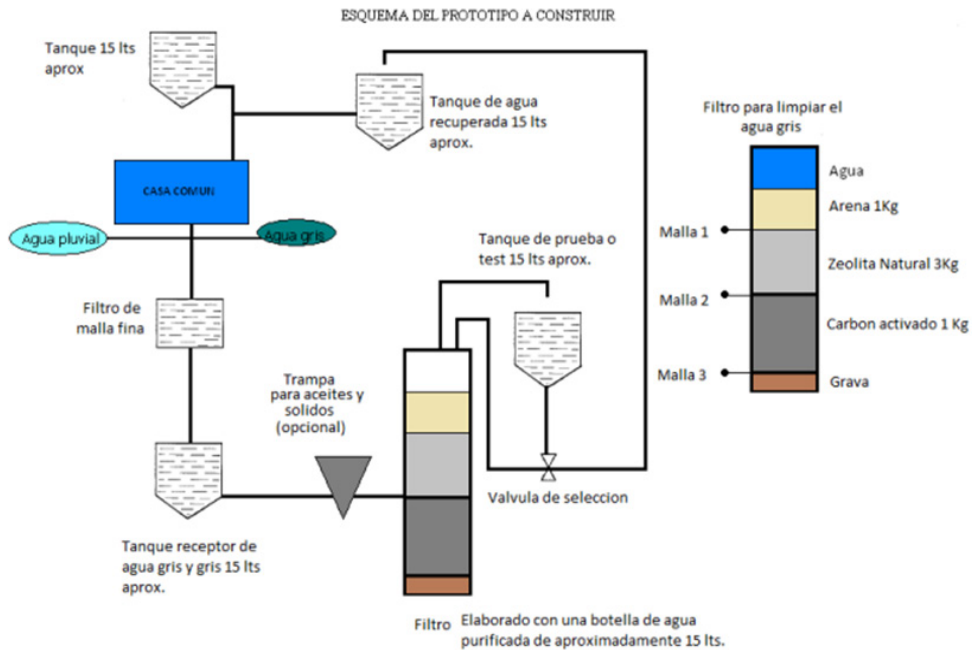
Las características de estas aguas resultantes en este sistema logran cumplir con los parámetros internacionales establecidos, lo que las hace adecuadas para su uso en descargas del sanitario y otras actividades que no impliquen el consumo humano.

Para la realización del sistema propuesto por Yerner se consideró un hogar ubicado en Urb. Las Casuarinas, por lo que se trata de un diseño personalizado que satisface las necesidades específicas de un hogar en concreto, analizando el filtro se puede denotar que para su implementación se requiere de un amplio espacio, ya que se trata de una red de tuberías que utilizan la gravedad para desplazar el agua; el sistema se enfoca en la calidad del agua debido a esto no cuenta con un manual de uso aunque la tesis en la página 47 tiene un apartado de “Construcción y accesibilidad” donde se hace mención que se tiene que dar mantenimiento al sistema para evitar riegos sanitarios, tampoco se hacen especificaciones del ensamble, únicamente de los materiales; por este motivo no se puede conocer de manera concreta si las tuberías son fijas a los tambos y en caso de que lo sean se intuye una dificultad al momento de dar el mantenimiento, ya que para limpiar el sistema se tendría que separar las conexiones de los tambos para retirar el contenido de los mismos y limpiarlos o sustituirlos.

En la siguiente tesis, se tiene que Huerta, Jiménez y Prado (2011) en el Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacateco desarrollaron un “Sistema Automático Recuperador de Aguas Pluviales y Aguas Grises”, se trata de un sistema automático capaz de tener y llevar el control del tratamiento de aguas por medio de filtración lenta en un filtro que pueda ser controlado de acuerdo a la conductividad del fluido, este se encuentra formado por un sistema de tuberías donde lo más destacable es el uso de elementos electrónicos tales como electroválvulas y servos; este se encuentra compuesto de la siguiente forma.

**Figura 13**

*Esquema del prototipo*

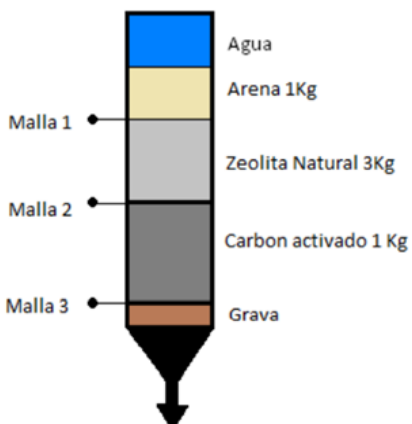


Fuente: Huerta, Jiménez y Prado (2011)

El sistema cuenta con la implementación de un filtro de arena de acción lenta, el cual sirve para procesar el agua proveniente de regaderas, lavabos y precipitaciones pluviales. El filtro está compuesto por tubo de PVC de 4" de diámetro por 1 m de alto que en su interior contienen diferentes arenas y gravas separadas por capas mediante mallas, este se encuentra agrupado de la siguiente forma:

**Figura 14**

*Filtro para tratar agua gris*



Nota: Las mallas pueden ser de tela convencional, pero para esta investigación se utilizaron mallas de mezclilla Fuente: Huerta, Jiménez y Prado (2011)

En la tesis no se muestra de manera concreta un estudio de la calidad del agua resultante de este filtro, pero al tratarse de un filtro de arena similar a los anteriormente vistos en el estado del arte se puede intuir su efectividad en el proceso de filtrado.

Las recomendaciones que da el autor tienen un enfoque en el cuidado que se debe tener con el sistema, ya que los agentes externos al agua pluvial o jabonosa pueden estropearlo, al tratarse de una red de tuberías se requiere modificar la instalación hidráulica del hogar y de un amplio espacio para su implementación; esto complica el mantenimiento que se le debe dar al filtro, ya que se tiene que desarmar la tubería, realizar la limpieza pertinente y volver a armar la tubería, volviéndolo un proceso tardado.

Los filtros de arena son la opción factible para su implementación y desarrollo en la generación del dispositivo que se busca crear (**ver anexo 2**), su origen como una tecnología casera dota a este filtro como un elemento que se puede complementar con una investigación como la presente, en pro de normalizar más este tipo de tecnologías, además los materiales que lo componen son fáciles de conseguir, los sistemas fabricados implementando este tipo de filtro comprueban su eficacia.

# Capítulo 3. Análisis conceptual



## 3.1 Requerimiento de diseño

Para identificar de manera integral las necesidades, características y propiedades que deben ser consideradas en la solución propuesta para la investigación, se realiza un análisis para determinar requerimientos.

Para a identificación de los requerimientos se toman en cuenta los parámetros establecidos por Rodríguez, G. (2014) en el “Manual de diseño Industrial”, complementándolo con algunos elementos vistos en la carrera de Ingeniería en Diseño y los datos recabados en la encuesta realizada a los habitantes del Fraccionamiento, Fovissste 3.<sup>a</sup> sección, para que se puedan adaptar a los alcances que tiene esta investigación:

### 3.1.1 Requerimientos de uso

Son aquellos que por su contenido se refieren a la interacción directa entre el producto y el usuario.

**Tabla 11**

*Requerimientos de uso*

REQUERIMIENTOS DE USO			
No.	Parámetros	Criterios	Requisito
1.	Conveniencia	-Tamaño promedio en una familia mexicana (3.6 personas).  -Cantidad de veces que una familia lava por semana (Máximo 3).  -Cantidad de agua consumida por cada ciclo (Máximo 80 L)	- El contenedor debe tener una capacidad de 80 litros máximo.
2.	Mantenimiento	-Los filtros en los sistemas desvistos son elementos combinados o sujetos a la estructura.	- El filtro debe ser desmontable y accesible.

3.	Mantenimiento	- Se debe proporcionar un sistema eficiente de remoción de lodos generado durante el proceso de decantación/sedimentación, con el fin de evitar su descomposición y garantizar un funcionamiento adecuado del sistema.	- El contenedor cuenta con sistema de desagüe para lodos.
4.	Antropometría	-El principal usuario son mujeres amas de casa de entre 30 a 50 años	- El contenedor no debe tener un tamaño que exceda el promedio de altura de una persona.
5.	Transportación	-El contenedor está diseñado para receptor el agua de una lavadora doméstica, la cual es un elemento móvil en el hogar.	-El contenedor debe ser transportable.

Fuente: Elaboración propia (2023)

### 3.1.2 Requerimientos de función

Son aquellos que por su contenido se refieren a los principios fisicoquímico-técnicos de funcionamiento de un producto.

**Tabla 12**

*Requerimientos de función*

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN			
No.	Parámetros	Criterios	Requisito
6.	Mecanismo	-El 30% de SST pueden ser captados por filtros	-Se debe implementar más de un material filtrante.
7.	Practicidad	-El agua tratada no debe tener malos olores.	-El filtro deberá contar con carbón activado o zeolita natural como elemento filtrante.



8.	Practicidad	-El filtro debe ser fácil de hacer y económico.	-Implementación de filtros de arena (granulométrico)
9.	Conveniencia	- El material contenido tiene probabilidades de rotura o partición de las arenas.	- El filtro cuenta con un diámetro de mínimo 20 cm.
10.	Practicidad	-La zona de sedimentación debe estar en calma	- Implementación de un elemento que reduzca la fuerza del caudal de agua entrante.
11.	Acabado	-El contenedor estará en un ambiente de humedad.	- Debe tener elementos impermeables para evitar la corrosión.

Fuente: Elaboración propia (2023)

### 3.1.3 Requerimientos estructurales

Son aquellos que por su contenido se refieren a los componentes, partes y elementos constitutivos de un producto.

**Tabla 13**

*Requerimientos estructurales*

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES			
No.	Parámetros	Criterios	Requisito
12.	Número de componentes	-El contenedor cumplirá diversas funciones para poder entregar una calidad de agua aceptable para actividades domésticas que no demanden un alto nivel de calidad del agua.	- Que incluya un filtro, un espacio para sedimentación, contenedor de agua, una estructura de soporte y un sistema de tuberías.
13.	Acabado	-El contenedor estará en un ambiente de humedad.	- Debe tener un acabado que permite una limpieza fácil.

14.	Mantenimiento	-El contenedor primario cuenta con principios de un tanque de Imhoff	-La zona de sedimentación tendrá un área del 20% del total de la carga hidráulica a tratar.
15.	Forma	-Se requiere de una pendiente para que los sólidos que se precipitan hacia el fondo se puedan concentrar en un área.	-La zona de sedimentación deberá tener una pendiente mínima de 45 °.

Fuente: Elaboración propia (2023)

### 3.1.4 Requerimientos formales

Son aquellos que por su contenido se refieren a los caracteres estéticos de un producto.

**Tabla 14**

*Requerimientos formales*

REQUERIMIENTOS FORMALES			
No.	Parámetros	Criterios	Requisito
16.	Estilo	- El contenedor debe adaptarse a diferentes espacios	-Contará con un estilo minimalista
17.	Centro de gravedad	- El contenedor requiere estabilidad para que no ocasione accidentes.	-La distribución de los elementos debe ser equilibrada para evitar que el peso se incline excesivamente hacia un lado en comparación con el otro.
18.	Superficie	-El contenedor debe evitar que el agua se estanque en su superficie.	- Debe tener una superficie lisa y uniforme.

Fuente: Elaboración propia (2023)

### 3.1.5 Requerimientos legales

Son aquellos que cumplen con normas o pautas establecidas por una organización gubernamental o jurídica.

**Tabla 15**

*Requerimientos legales*

REQUERIMIENTOS LEGALES			
No.	Parámetros	Criterios	Requisito
19.	Mecanismo	-El 70% de los SST presentes en el agua de lavadora pueden ser removidos mediante sedimentación.	- El contenedor debe tener un espacio adecuado que permita la sedimentación y/o decantación de los sólidos suspendidos.
20.	Conveniencia	-Implementación de filtros funcionales	-Los filtros deben tener materiales que cumplan con la función de entregar la calidad del agua deseada.
21.	Estructura	-Se tiene que evitar la acumulación de olores.	-El volumen correspondiente al espacio libre por encima del tirante de agua, equivalente al 20% de la capacidad de trabajo como mínimo.
22.	Estructurales	- “El volumen correspondiente al espacio libre por encima del tirante de agua, equivalente al 20% de la capacidad de trabajo como mínimo”	- Espacio libre en el contenedor primario correspondiente al 20%.
23	Practicidad	-El dispositivo debe permitir filtrar el agua gris.	-El dispositivo debe contar con un filtro que permita la obtención de agua para uso doméstico no potable.

24	Estructura	-El dispositivo no está exento a ser obstruido por la acumulación de SST	-El dispositivo debe contar con un rebosadero en caso de obstrucción.
----	------------	--	---

Fuente: Elaboración propia (2023)

### 3.1.6 Grados de importancia

Para concluir la identificación de los requerimientos, se asignan grados de importancia a cada uno de ellos mediante una calificación que varía de 5 a 1, esta calificación establecerá el nivel de prioridad de cada requerimiento en el desarrollo del dispositivo.

Un puntaje de 5 se asigna a aquellos requerimientos considerados fundamentales e inamovibles, cuyo cumplimiento es esencial para el correcto funcionamiento y éxito del producto final; un puntaje de 3 se otorga a los requisitos que deben ser tenidos en cuenta durante el proceso de diseño, aunque su ausencia no comprometa la viabilidad del dispositivo y finalmente un puntaje de 1 se asigna a aquellos requisitos que, aunque deseables, no son indispensables para la funcionalidad básica del dispositivo, y su presencia o ausencia puede ser evaluada de forma más flexible.

Esta calificación permitirá establecer prioridades claras y tomar decisiones informadas durante el desarrollo del dispositivo, asegurando que se satisfagan los requerimientos más críticos y prioritarios.

**Tabla 16**

#### *Grados de importancia*

Importancia de los requerimientos				
No.	Requisito	Grado de importancia	Justificación	Fuente
1.	El contenedor debe tener una capacidad de 50 litros como máximo.	5	El dispositivo debe contener la cantidad de agua requerida	-Encuesta realizada a los habitantes de Fovissste

2.	El filtro debe ser desmontable y accesible.	5	Este parámetro es uno de los alcances que se establecieron desde la conceptualización del dispositivo.	-Criterio del diseñador.
3.	El contenedor cuenta con sistema de desagüe para lodos.	5	Los sólidos sedimentados en caso de no ser desechados pueden generar descomposición.	-Estado del Arte, Ramírez y Díaz (2016). -Principios Tanque de Imhoff.
4.	El contenedor no debe tener un tamaño que exceda el promedio de altura de una persona	3	Los contenedores y filtros tienen que cumplir con parámetros específicos, por lo que en caso de que no se adecuen con el requerimiento se buscara una forma de atenuar esto.	-Estado del Arte, Yerner (2020).
5.	El contenedor debe ser transportable.	5	La zona de lavado es una zona donde se genera humedad, por lo que mover el dispositivo es fundamental para realizar limpieza.	-Criterio del diseñador.

6.	Se debe implementar más de un elemento filtrante.	3	Se recomienda que cada filtro cuente con un solo material filtrante, ya que entre mayor sea este, mayor es la eficiencia de filtración.	-Estado del Arte, Ramírez y Díaz (2016).
7.	El filtro cuenta con carbón activado o zeolita natural como elemento filtrante.	5	Estos materiales son fundamentales en el proceso de filtrado.	-Estado del Arte, Yerner (2020).
8.	Implementación de filtros de arena (granulométrico)	5	La arena y la grava son materiales fáciles conseguir.	-Criterio del diseñador
9.	El filtro cuenta con un diámetro de mínimo 20 cm.	3	Estas medidas permiten una circulación rápida para el agua	-Estado del Arte, Ramírez y Díaz (2016).
10.	Implementación de un elemento que reduzca la fuerza del caudal de agua entrante.	1	Pese a que el agua llegue a estar turbia en un momento llegara al estado de reposo.	-Principios Tanque de Imhoff.
11.	Debe tener elementos impermeables para evitar la corrosión.	3	La zona de lavado es una zona donde se genera humedad.	-Criterio del diseñador

12.	Cuenta con un filtro, un espacio para sedimentación, contenedor de agua, una estructura de soporte y una bomba de agua.	3	Elementos que se plantearon a lo largo del trabajo de investigación.	-Criterio del diseñador
13.	Debe tener un acabado que permite una limpieza fácil.	1	El acabado se determinará por los materiales que funcionen para el filtro.	-Encuesta realizada a los habitantes de Fovissste
14.	La zona de sedimentación tiene un área del 20% del total de la carga hidráulica a tratar.	5	Es un espacio necesario para el correcto funcionamiento.	-Anexo 3, Principios Tanque de Imhoff.
15.	La zona de sedimentación debe tener una pendiente mínima de 45 °.	5	Pendiente necesaria para el correcto funcionamiento	-Criterio del diseñador
16.	Cuenta con un estilo minimalista	3	El estilo se determinará por los materiales que funcionen para el filtro.	-Criterio del diseñador

17.	La distribución de los elementos debe ser equilibrada para evitar que el peso se incline excesivamente hacia un lado en comparación con el otro.	5	El dispositivo debe ser estable	-Criterio del diseñador
18.	Debe tener una superficie lisa y uniforme.	5	Dependerá del material que sea óptimo para la contención.	-Encuesta realizada a los habitantes de Fovissste
19.	El contenedor debe tener un espacio adecuado que permita la sedimentación y/o decantación de los sólidos suspendidos.	5	Separar Sólidos sedimentables y no sedimentables es fundamental.	NOM-003-Semarnat-1997
20.	Los filtros deben tener materiales que cumplan con la función de entregar la calidad del agua deseada.	5	Esta es la principal función del dispositivo.	NOM-003-Semarnat-1997



21.	El volumen correspondiente al espacio libre por encima del tirante de agua, equivalente al 20% de la capacidad de trabajo como mínimo.	5	Es una norma ya establecida para contenedores de aguas residuales.	NOM-006-CONAGUA-1997
22.	Espacio libre en el contenedor primario.	5	Evita la sobrecarga en el contenedor.	NOM-006-CONAGUA-1997
23	El dispositivo debe contar con un filtro que permita la obtención de agua con la calidad deseada.	5	Asegura que el agua resultante no es dañina para su uso.	-DECRETO 3930 DE 2010. -DECRETO 1594 DE 1984 -DS N.º 031-2010-SA.
24	El dispositivo debe contar con un rebosadero en caso de obstrucción.	5	Método preventivo	-Criterio del diseñador

Fuente: Elaboración propia (2023)

## 3.2 Materiales

En esta sección, se trata detenidamente la selección apropiada de materiales, dado que esta elección tiene un impacto sustancial en el rendimiento, durabilidad y seguridad del producto.

### 3.2.1 Polietileno de alta densidad (HDPE)

El polietileno es químicamente el polímero más simple, se trata de un plástico barato que se puede modelar de diversas formas, este material apenas libera sustancias al estar en contacto con el agua, por lo que la composición química del material que almacena no se ve afectado, el HDPE inherentemente impermeable, lo que significa que no permite la entrada de humedad ni de líquidos. Su resistencia al impacto es bastante alta además de resistentes a la corrosión, por lo que no presentaría problemas para contener aguas grises.

En la siguiente tabla se presentan los datos técnicos relevantes para esta investigación del Polietileno de alta densidad (HDPE).

**Tabla 17**

*Datos técnicos del HDPE*

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	10700000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.4101	N/D
Módulo cortante	3772000000	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	952	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	22100000	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/m <sup>2</sup>
Límite elástico		N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.461	W/(m·K)
Calor específico	1796	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Fuente: SolidWorks (2020)

### 3.2.2 Policloruro de Vinilo (PVC)

El policloruro de vinilo es un material económico y fácil de trabajar además de contar con la peculiaridad de no oxidarse, este material es empleado en forma de tubería en las instalaciones hidráulicas de plomería ya que es fácil de desmontar y de limpiar, además de ser un material impermeable brindando así excelentes resultados en instalaciones hidráulicas de diferentes tipos, a continuación, se muestra información técnica de este material.

**Tabla 18**

*Datos técnicos del PVC*

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2,410,000,000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.3825	N/D
Módulo cortante	8667000000	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	1300	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	40700000	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/m <sup>2</sup>

Límite elástico		N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.147	W/(m·K)
Calor específico	1355	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Fuente: SolidWorks (2020)

### 3.2.3 Tubular cuadrado

El perfil tubular cuadrado considerado para este trabajo de investigación es de 1 pulgada x 1 pulgada C-18, se encuentra compuesto por acero AISI 1020 que es un material que cuenta con una alta resistencia estructural y es muy duradero, manteniendo sus propiedades óptimas cuando se aplican prácticas adecuadas en su instalación y mantenimiento. Este material es ideal para muchas aplicaciones constructivas y estructurales, así como para la fabricación de elementos decorativos.

**Tabla 19**

*Datos técnicos AISI 1020*

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2.05e+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.32	N/D
Módulo cortante	8e+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	1110000000	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	710000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1.23e-05	/K
Conductividad térmica	44.5	W/(m·K)
Calor específico	475	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material	2.05e+11	N/D

Fuente: SolidWorks (2020)

La elección de estos materiales se basa en la resistencia que presentan a la corrosión y sus propiedades impermeables lo cual las hace idóneas para las condiciones a las que estarán expuestas y brindara de una vida útil más duradera al dispositivo, en el caso del de perfil cuadrado 1" C-18 se tomarán medidas para contrarrestar la corrosión.

## 3.3 Arquitectura del sistema, subsistemas y componentes.

En este apartado, exploraremos en detalle la importancia de la arquitectura de producto y cómo su comprensión y aplicación adecuada son esenciales para el desarrollo de esta investigación, como Ulrich y Eppinger (2013) explican: la arquitectura de producto es un concepto clave, ya que proporciona el plano maestro que determina cómo los diferentes elementos funcionales se organizan en componentes físicos y cómo interactúan entre sí. Esta estructura es esencial para comprender la esencia y la funcionalidad de un producto, así como para guiar su diseño y desarrollo de manera eficiente y efectiva.

### 3.3.1 Descripción de elementos funcionales

A continuación, se detallan los principales componentes físicos que conforman el dispositivo:

#### **Exclusa de entrada**

Este componente se encarga de recibir y canalizar las aguas residuales provenientes de la máquina de lavado.

#### **Contenedor principal**

Su principal función es el almacenamiento del filtro y el agua que se desea procesar. Permite que los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se depositen en la parte inferior por efecto de la gravedad, permitiendo así su separación.

#### **Sistema de filtrado**

El sistema de filtrado está compuesto por una serie de filtros que se encargan de retener las partículas suspendidas más pequeñas presentes en el agua. Incluye diferentes materiales filtrantes con diferentes aberturas nominales, como gravilla, arena y carbón activado.

#### **Tubería de salida**

Se trata de un tubo por donde es expulsada el agua ya tratada por el filtro y que se encuentra lista para su utilización en actividades domésticas no potables.

#### **Válvula de Lodos**

Se instalará una **válvula esférica** y una **manguera** en la parte inferior del contenedor para facilitar la eliminación del exceso de lodos acumulados y facilitar el vaciado del mismo de manera eficiente.

#### **Base**

El contenedor contará con una base metálica equipada con **ruedas**, lo que permitirá que el dispositivo se mueva fácilmente de un lugar a otro, en caso de ser necesario.

### 3.3.2 Interacción entre los componentes

La arquitectura del sistema se define por la interacción entre los diferentes componentes mencionados anteriormente, a continuación, se describen las principales interacciones:

#### **Entrada de agua**

El agua proveniente de la lavadora entra por una exclusiva donde es filtrada en primera instancia por una malla receptora para así llegar al contenedor.

#### **Sedimentación**

Cuando el agua se encuentra en el contenedor, debe estar en reposo aproximadamente 15 minutos para que los SST se precipiten hacia el fondo por gravedad.

#### **Filtración**

Mientras el contenedor se llena el agua, esta va ascendiendo a través del filtro, el filtro retiene partículas lo cual ayuda a la separación de los SST.

#### **Salida de agua**

Cuando el contenedor se encuentra en su máxima capacidad el agua llega hasta una tubería donde puede escapar el agua ya tratada por efecto de decantación.

#### **Salida de lodos**

En caso de que el sistema se llegue a obstruir, el contenedor tiene en su base una válvula que permite desalojar los lodos que se encuentran almacenados, evitando así que el agua se quede almacenada y genere una descomposición.

## 3.4 Propuestas de diseño

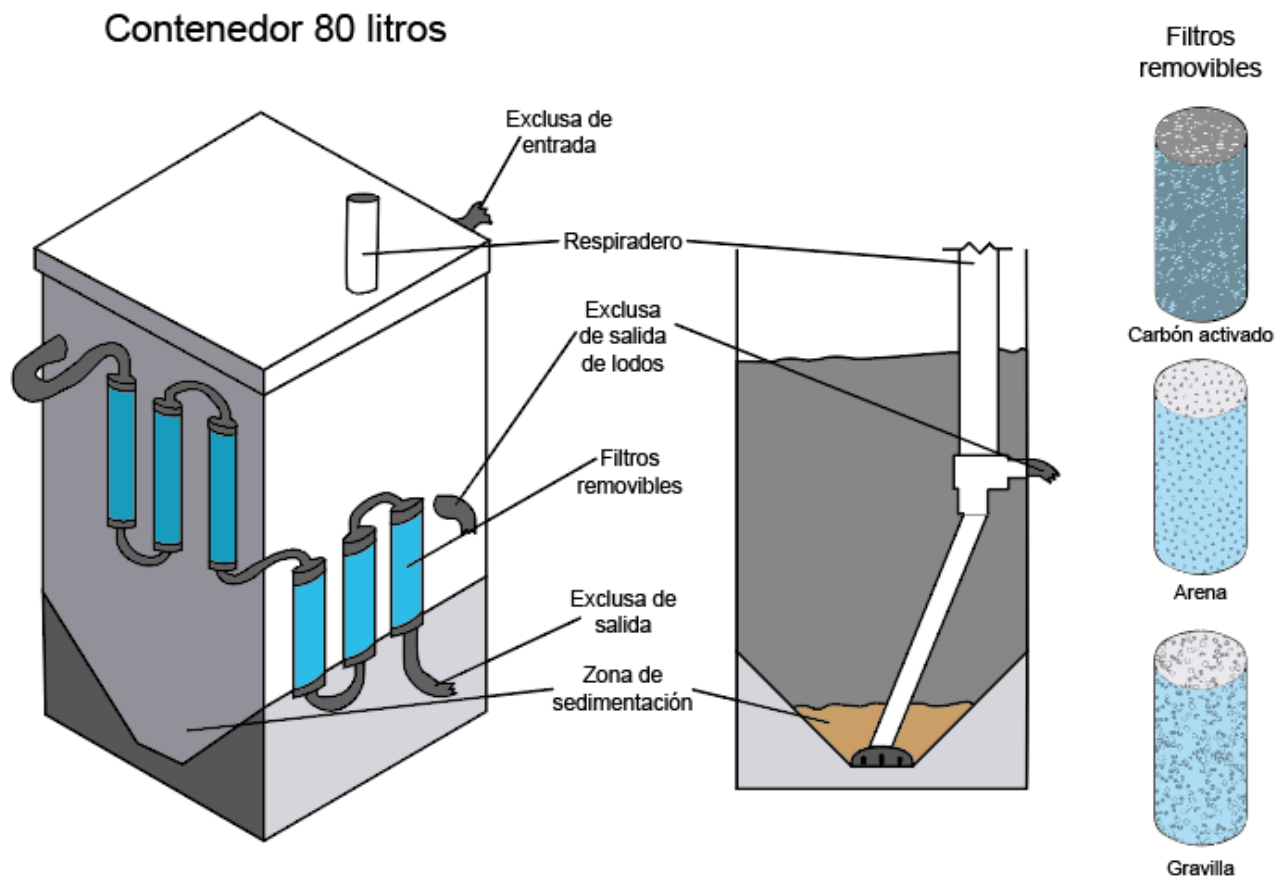
Este apartado es un punto crucial de la creación del dispositivo contenedor de aguas grises, ya que se enfoca en generar dos bocetos conceptuales respaldados por toda la investigación previa los cuales determinan la dirección que tomará el diseño. Estos bocetos representan visiones iniciales de cómo se espera que luzca el dispositivo final, capturando ideas clave y características que busquemos incorporar.

A medida que entramos en la evaluación de propuestas, es fundamental analizar cada boceto en función de su viabilidad técnica, eficiencia funcional y su alineación con los objetivos generales del proyecto. La selección de uno de estos bocetos marca un paso crucial hacia la definición y refinamiento del diseño definitivo del dispositivo contenedor de aguas grises, acercándonos aún más a la materialización de nuestra visión en una solución efectiva.

En las siguientes figuras se muestran de manera grafica la conceptualización de estas ideas, junto con algunas anotaciones sobre detalles técnicos, estas anotaciones son preliminares por lo que están sujetas a cambios.

**Figura 15**

*Propuesta de diseño 1*

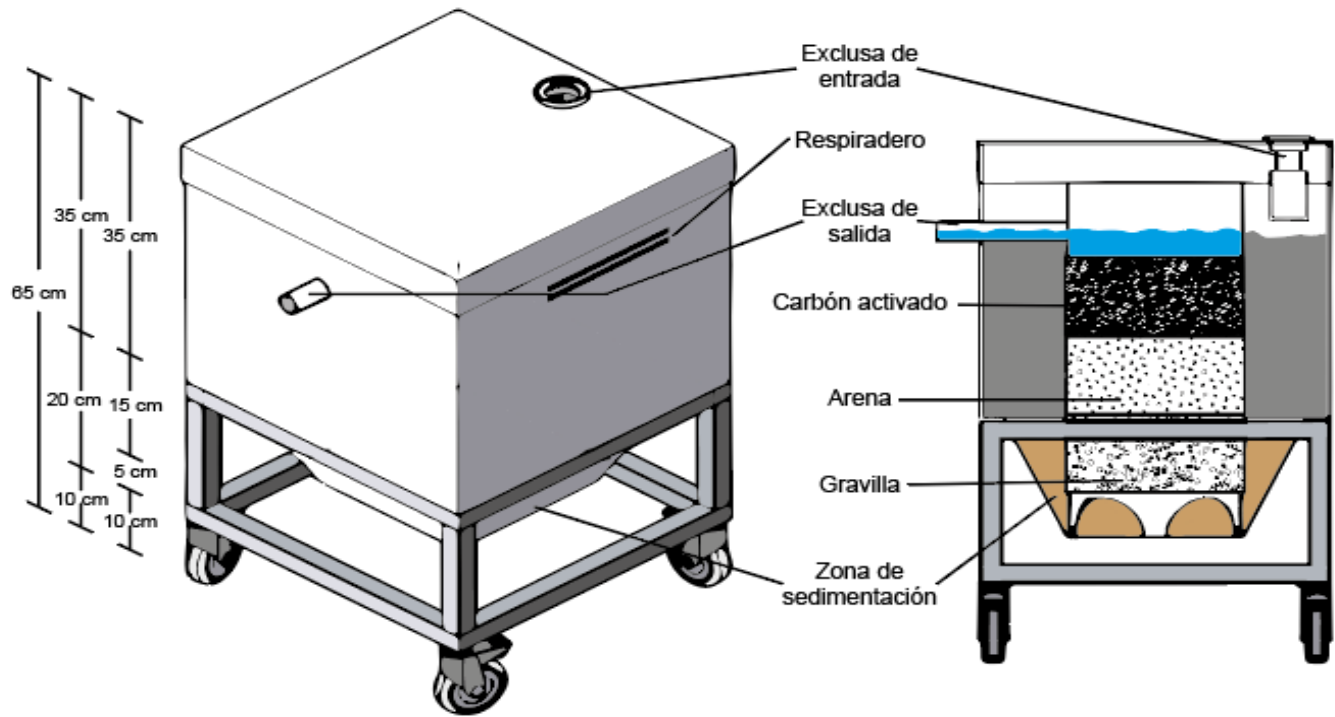


Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 16

Propuesta de diseño 2

### Contenedor 80 litros

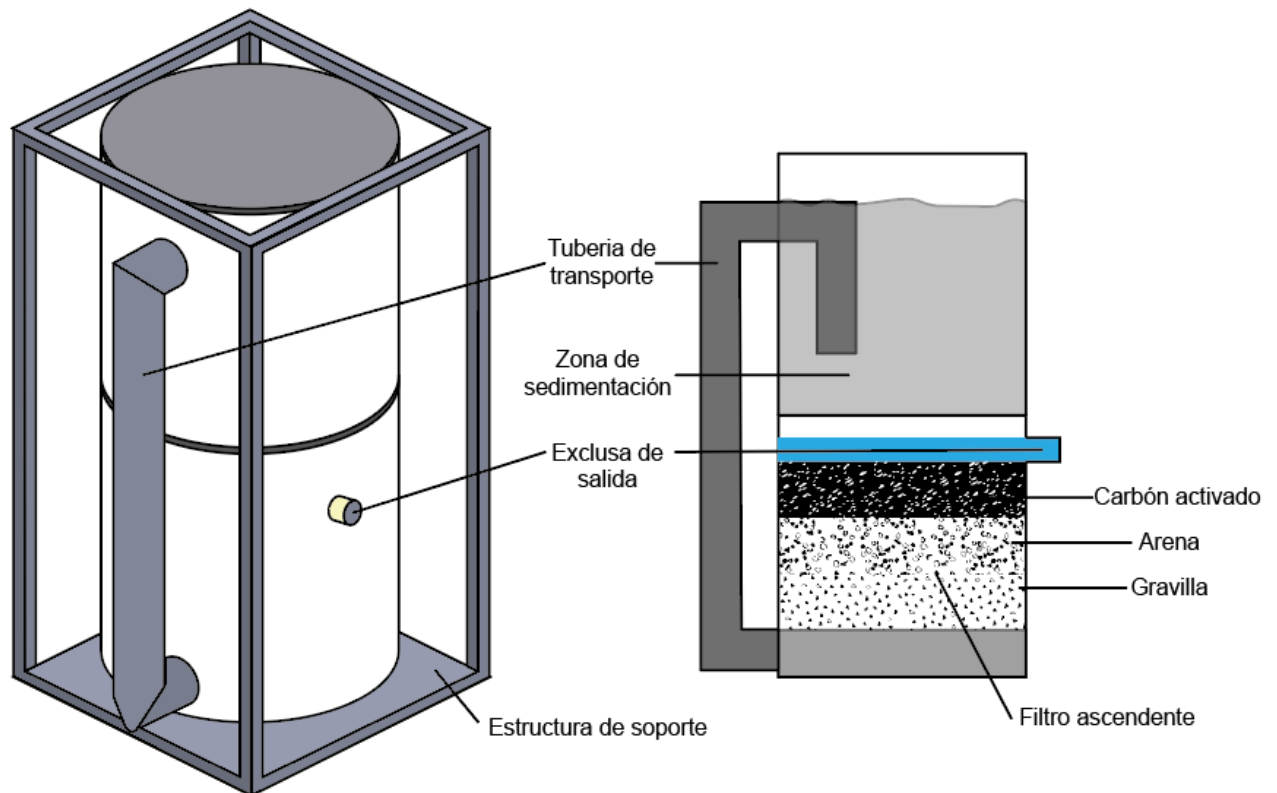


Fuente: Elaboración propia (2023).

**Figura 17**

*Propuesta de diseño 3*

### Contenedor 40 litros



Fuente: Elaboración propia

## 3.4 Evaluación de propuestas

La evaluación de propuestas es un proceso fundamental para el desarrollo de la investigación, según Ulrich y Eppinger (2013) se trata “del proceso para evaluar conceptos con respecto a las necesidades del cliente y otros criterios, comparando los puntos relativamente fuertes y débiles de los conceptos, y seleccionando uno o más de éstos para su posterior investigación, prueba o desarrollo”. Para poder analizar las propuestas de diseño se utiliza una matriz de selección utilizando una suma ponderada con valores que varían de 5 a 1, considerando como un puntaje de 5 a aquellas propuestas que cumplen de manera satisfactoria los requerimientos considerados y un puntaje de 1 a aquellas propuestas que no cumplen con los criterios.

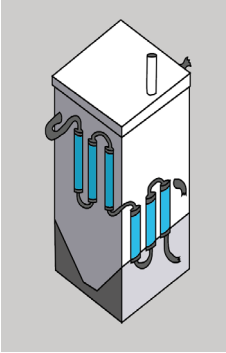
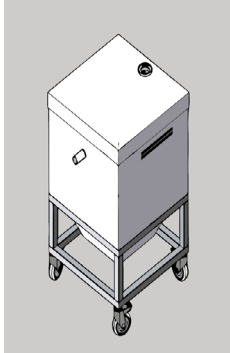
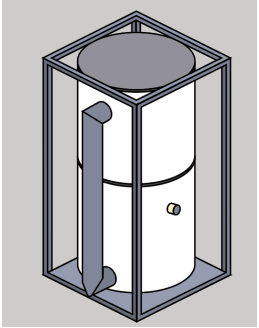
El primer criterio se refiere a la facilidad de manejo, para este parámetro, se considera la cantidad



de componentes presentes en el dispositivo, así como un esbozo de su ensamblaje; el segundo criterio se relaciona con el estilo, evaluando el grado de cumplimiento en función de la cantidad de elementos en el exterior y la presencia de superficies lisas; el tercer criterio se centra en la presencia de un sistema que permita desplazar el dispositivo; el cuarto criterio se refiere a la accesibilidad de los materiales tanto del filtro como del contenedor, el quinto criterio considera el montaje y desmontaje del filtro; el sexto criterio evalúa la complejidad de la forma y su reproducibilidad, el séptimo criterio aborda si el dispositivo utiliza todos los materiales propuestos para su estructura; el octavo criterio evalúa la invisibilidad del sistema de desagüe de lodos propuesto; finalmente, el noveno criterio analiza el grado de cumplimiento de las propuestas con los requerimientos estipulados como de grado 5 (**ver apartado 3.1.6**)

**Tabla 20**

*Matriz de selección*

Criterios de selección	Conceptos		
	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
			
Facilidad de manejo	3	5	3
Concepto minimalista	3	4	2
Transportabilidad	5	5	5
Materiales fáciles de conseguir	5	5	5
Sistema fácil de montar	4	5	4
Facilidad de manufactura	3	4	3
Durabilidad	5	5	5
Exclusa de salida para lodos	4	5	3

Cumple con todos los requerimientos de importancia 5	1	5	5
Suma	33	43	35
Porcentaje (50 = 100%)	66%	86%	70%
¿Continuar?	No	Si	No

Fuente: Elaboración propia (2023).

La propuesta seleccionada para continuar es la numero 2, sin embargo, existen elementos de las otras dos propuestas que se pueden implementar al número 2 para detallarla más y crear un diseño más completo, esto se implementará a lo largo del siguiente capítulo.

# Capítulo 4. Desarrollo de diseño



## 4.1 Definición de la geometría de las piezas

En esta sección, se aborda la configuración y las características que dan forma a la estructura, justificando la elección específica de la forma para cada pieza, además, de estar apoyado de una representación visual a través de isométricos y vistas generales para facilitar la comprensión y evaluación de la geometría, permitiendo apreciar visualmente la configuración de las piezas en cuestión y su ensamblaje.

### 4.1.1 Filtro completo

El dispositivo completo cuenta con una forma general que se asemeja a una prisma rectangular, continuando con el concepto de la propuesta 2 (**ver apartado 3.4**), esta propuesta se desarrollo más agregando como detalle más significativo una curvatura de 50 mm en su esquina superior frontal en donde se coloca su tapadera, la cual ahora es parte de la estructura y no elemento totalmete removible. La forma va acorde a al requerimiento 16 (**ver apartado 3.1.4.**) contando unicamente con detalles en bajo relieve, ademas, de que todas las esquinas cuentan con un redondeo de 3mm para evitar posibles accidentes ocasionados por filos.

Los elementos que componen el dispositivo se encuentran centrados, siendo simetrico y teniendo su centro de gravedad en el centro del mismo, con la finalidad de evitar volcaduras a causa de que el peso se cargue hacia un area, todo acorde al requerimiento 17 16 (**ver apartado 3.1.4.**)

#### Figura 18

*Isométrico filtro completo*

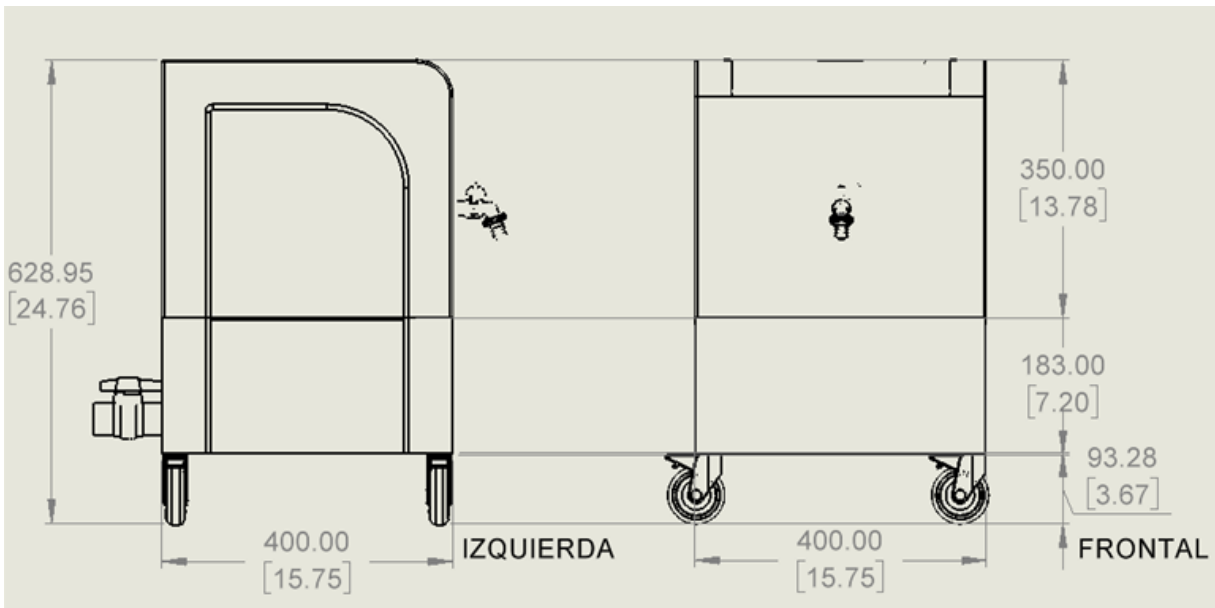


Nota: Representación lineal sin detalles ocultos. Fuente: Elaboración propia (2023).

El contenedor cuenta con una altura aproximada de 630 mm, lo que se encuentra dentro de los límites establecidos del requerimiento 4 (**ver apartado 3.1.1**) y un ancho y largo de 400 mm.

## Figura 19

### Medidas generales del dispositivo

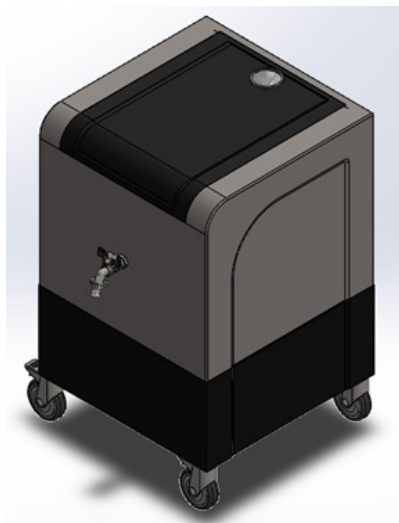


Nota: Acotación en mm [in]. Fuente: Elaboración propia (2023)

El dispositivo cuenta con superficies de acabado liso para evitar posibles estancamientos y sea fácil de limpiar, acorde a los requerimientos 13 y 18 (ver apartados 3.1.3 y 3.1.4), así mismo los colores seleccionados van acorde a las tendencias observadas en lavadoras domesticas que mas se utilizan (ver apartado 2.2.3), todos estos detalles se agregan con la finalidad que el dispositivo de integre de manera adecuada al entorno en el que se encuentra presente.

## Figura 20

### Forma del dispositivo completo



Fuente: Elaboración propia (2023)

El contenedor se divide en tres secciones principales, la primera corresponde a la base, la segunda al filtro y la tercera al contenedor principal, estas secciones son desmontables y están unidas mediante un sistema de tuberías, acorde al requerimiento 12 y 2 (**ver apartado 3.1.1 y 3.1.3**) en las siguientes secciones se abordará de mejor manera esto y se explicará el ensamblaje.

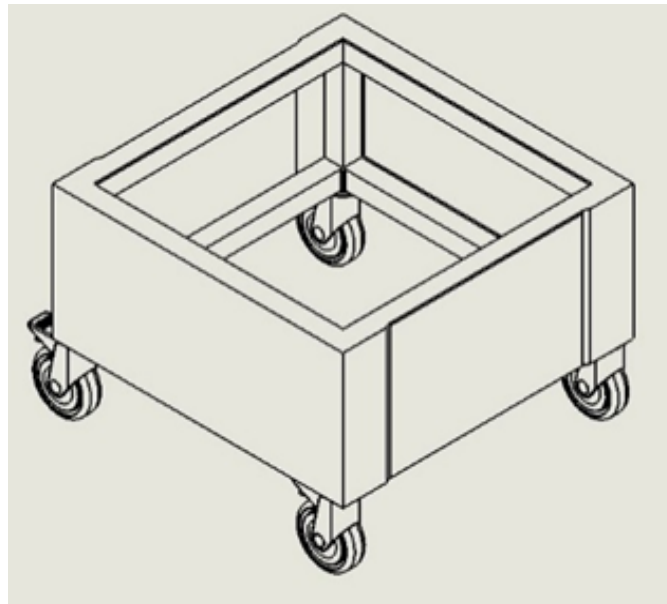
#### 4.1.2 Base

La base presenta una estructura general que se asemeja a un prisma rectangular y se distingue por detalles en bajo relieve, manteniendo coherencia estética y similitud con la forma del contenedor principal. Estos elementos se han diseñado de acuerdo con los parámetros 13 y 18 (**ver apartado 3.1.3 y 3.1.4**), asegurando así una integración armónica con el contenedor principal.

Cuenta con detalles en bajo relieve que dan continuidad a los presentes en el contenedor, estos detalles no solo refuerzan la estética general, sino que también ofrecen una guía visual para que el usuario identifique fácilmente la orientación correcta al colocar el contenedor sobre la base.

#### Figura 21

*Forma y disposición de los elementos presentes en la base*

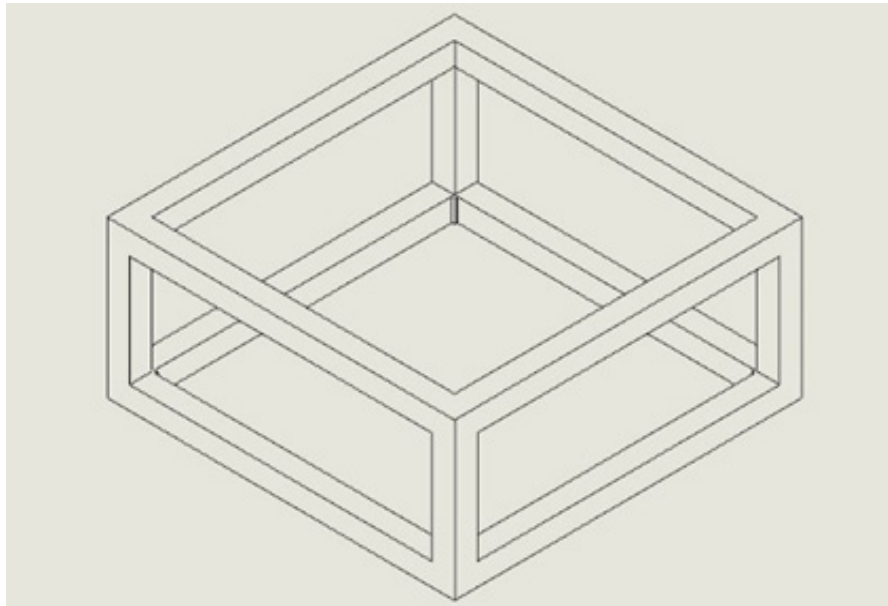


Fuente: Elaboración propia (2023)

La estructura de la base está compuesta por tres elementos principales, el primero es un marco que sirve de estructura base y está construido de perfil cuadrado 1" C-18, unido mediante soldadura por arco eléctrico, la base cuenta con un acabado de pintura cerámica para evitar la corrosión debido a la humedad y acorde al requerimiento 11 (**ver apartado 3.1.2**). La estructura tiene una altura de 175.40 mm y un largo y ancho de 394 mm, las cuatro caras laterales son iguales.

**Figura 22**

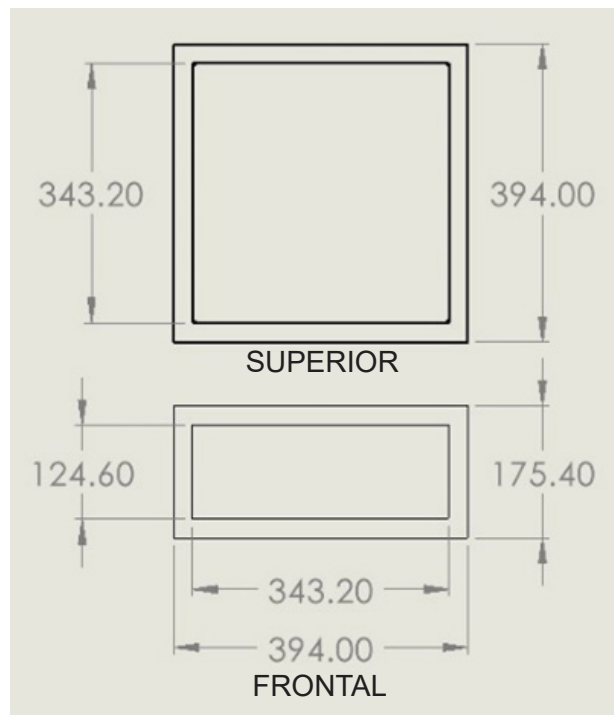
*Isométrico de la base de perfil cuadrado 1" C-18*



Fuente: Elaboración propia (2023)

**Figura 23**

*Vistas y dimensiones de la base de perfil cuadrado 1" C-18*



Nota: Acotación en mm. Fuente: Elaboración propia (2023)

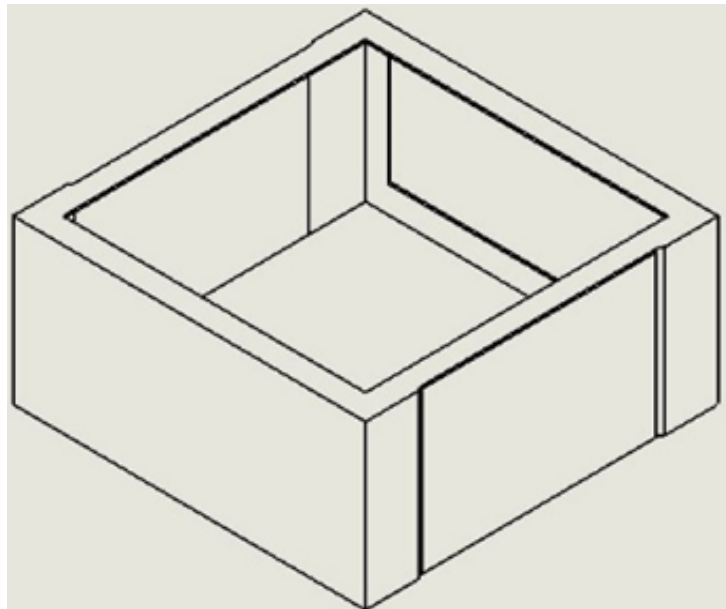


La base cuenta con pequeñas placas de 10x10 mm soldadas en las esquinas inferiores, estas sirven como prolongaciones para que abarque de forma adecuada la base del segundo elemento principal que son las ruedas, se trata de un conjunto de 4 ruedas con frenos de uso rudo con capacidad de carga de 100 kg unidas a las esquinas inferiores de la base mediante pijas de metal. Las ruedas permiten que el usuario pueda desplazar el dispositivo, esto va acorde a lo establecido en el requerimiento 5 (**ver apartado 3.1.1**), el tamaño de las mismas varía según la marca, para este proyecto y como representación visual se utilizan ruedas de 100 mm de alto.

El tercer elemento principal presente en la base, es la carcasa, esta se trata de una carcasa protectora que envuelve la estructura de perfil cuadrado 1" C-18 a excepción de su zona trasera, la parte trasera cuenta con una abertura para que el usuario pueda manipular la tubería que conecta el desagüe con el contenedor principal.

### **Figura 24**

*Isométrico de la carcasa*

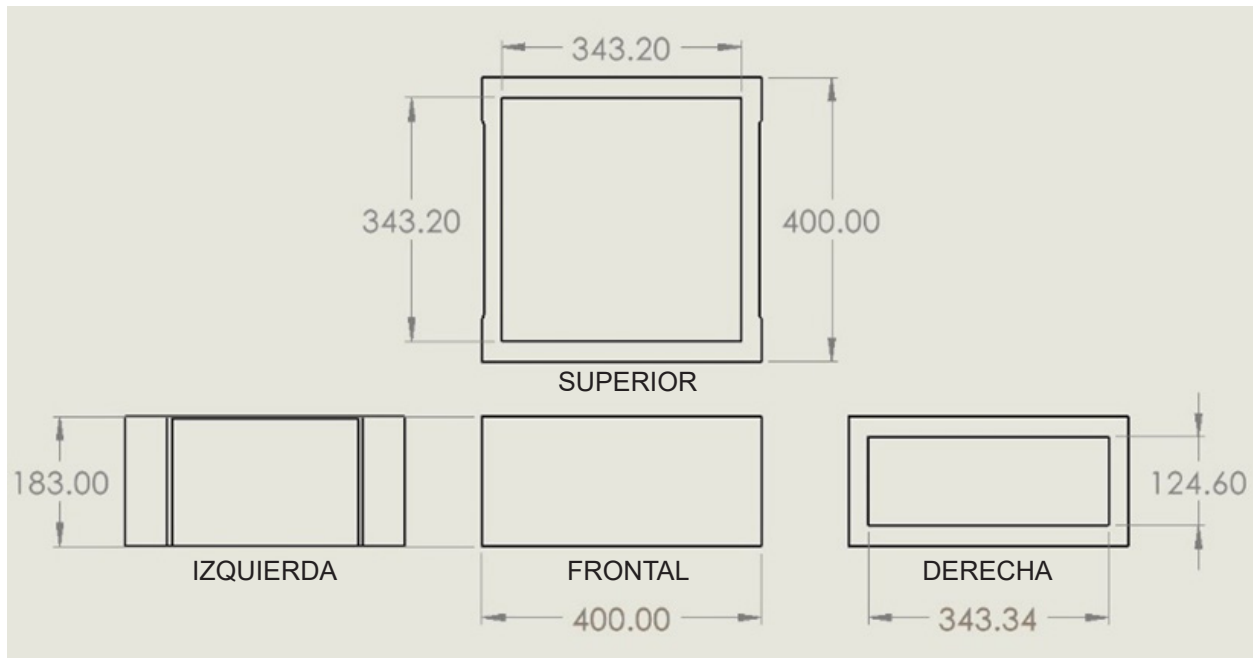


Fuente: Elaboración propia (2023)

La carcasa tiene una forma que se adapta a la de la estructura de perfil cuadrado 1" C-18, cuenta con detalles en bajo relieve con un redondeo de 7mm, estos detalles tienen la función de separar la base de perfil cuadrado 1" C-18 y la carcasa para evitar fricciones en toda la cubierta al momento de ser retirada o colocada. La carcasa tiene una altura de 183 mm y un largo y ancho de 400 mm.

## Figura 25

Vistas y dimensiones de la base de perfil cuadrado

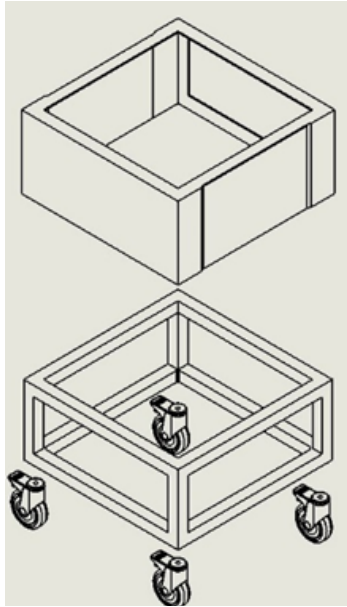


Nota: Acotación en mm . Fuente: Elaboración propia (2023)

El ensamblaje entre la carcasa y lavase de perfil cuadrado 1" C-18 es mediante anidación, la parte inferior de la carcasa se desliza sobre el exterior de la base de perfil cuadrado 1" C-18 para recubrirlo, siendo un elemento que puede retirar el usuario cuando desee, esto acorde al requerimiento 2. El elemento que no se puede retirar son las ruedas, estas se colocan en la parte inferior de la base de perfil cuadrado 1" C-18 y se unen mediante pijas, con la finalidad de que estas permanezcan fijas, el siguiente explosivo muestra el orden para el ensamblaje.

## Figura 26

*Muestra de ensamblaje*

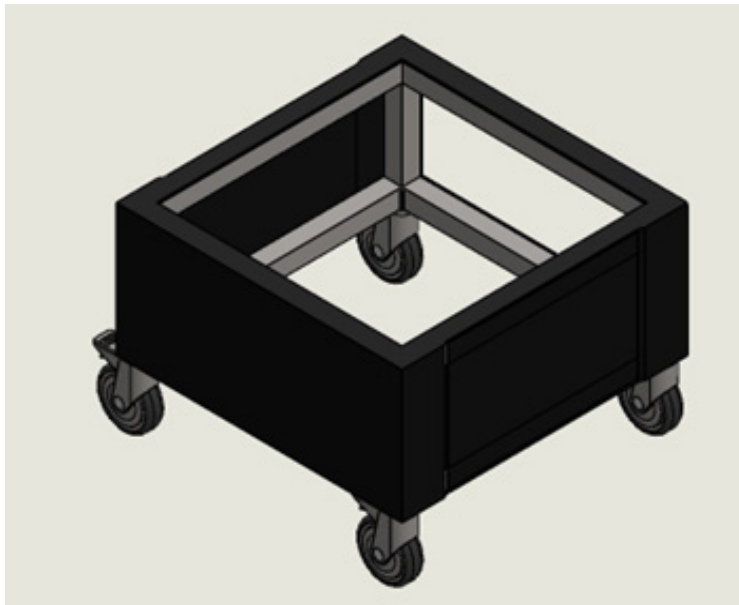


Fuente: Elaboración propia (2023)

La configuración final de la base se completa cuando todos los elementos se integran, quedando de la siguiente manera.

## Figura 27

*Forma de la base*



Fuente: Elaboración propia (2023)

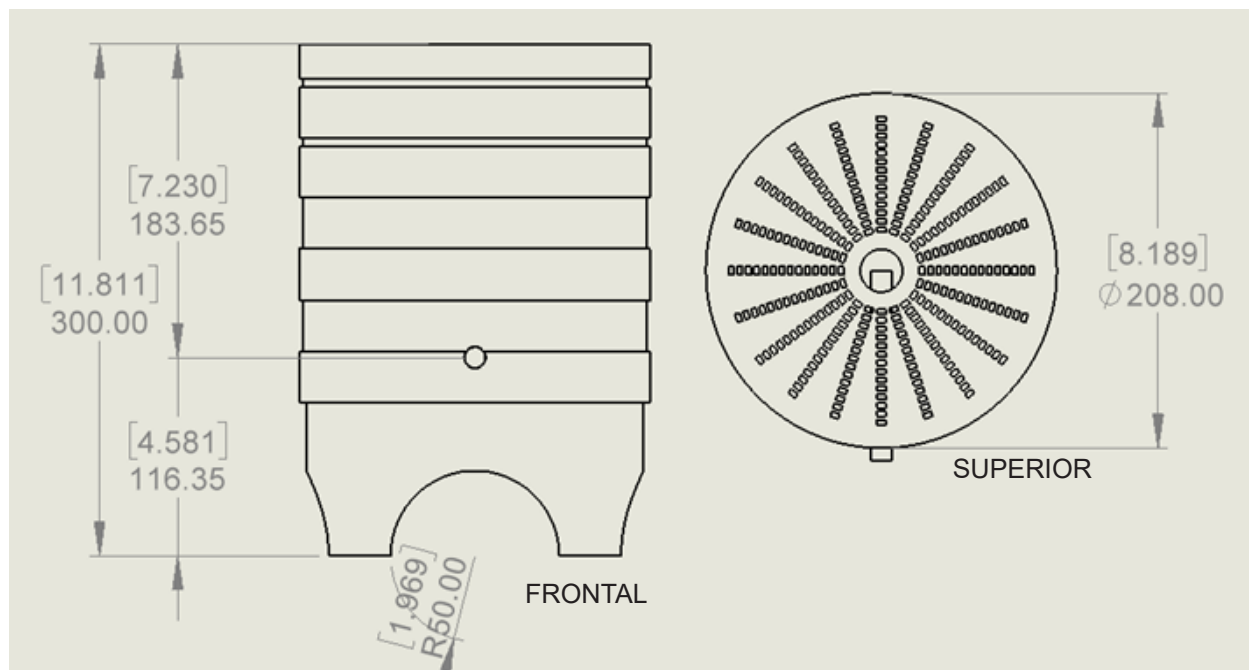
### 4.1.3 Filtro

El filtro para su implementación en el dispositivo es el BSF (**ver anexo 2**); acorde al requerimiento 20 (**ver apartado 3.1.5**). Cuenta con una forma general que se asemeja a un cilindro, una base con 4 aberturas y una tapadera con malla por donde el agua accede conforme el contenedor se va llenando.

El filtro tiene una altura total de 300 mm y un diámetro de aproximadamente 200 mm, esto acorde al requerimiento 9 (**ver apartado 3.1.2**) y está hecho de tubería de PVC, debido a que es un material resistente a la corrosión y es ocupado en instalaciones hidráulicas de diversos tipos.

**Figura 28**

*Vistas y dimensiones del filtro*



Nota: Acotación en mm [in]. Fuente: Elaboración propia (2023)

El filtro está compuesto por diferentes secciones separadas, cada una contiene un material granulométrico diferente acorde al requerimiento 6 (**ver apartado 3.1.2**), cada sección cumple una función diferente, la primera sección es la base, esta se encuentra hasta abajo del filtro y es por donde el agua comienza a acceder, la base tiene forma de cilindro de 50 mm de alto y 200 mm de diámetro, con la peculiaridad que tiene 4 aberturas con un radio de 50 mm, ubicadas de forma simétrica en el contorno de la pieza.

**Figura 29**

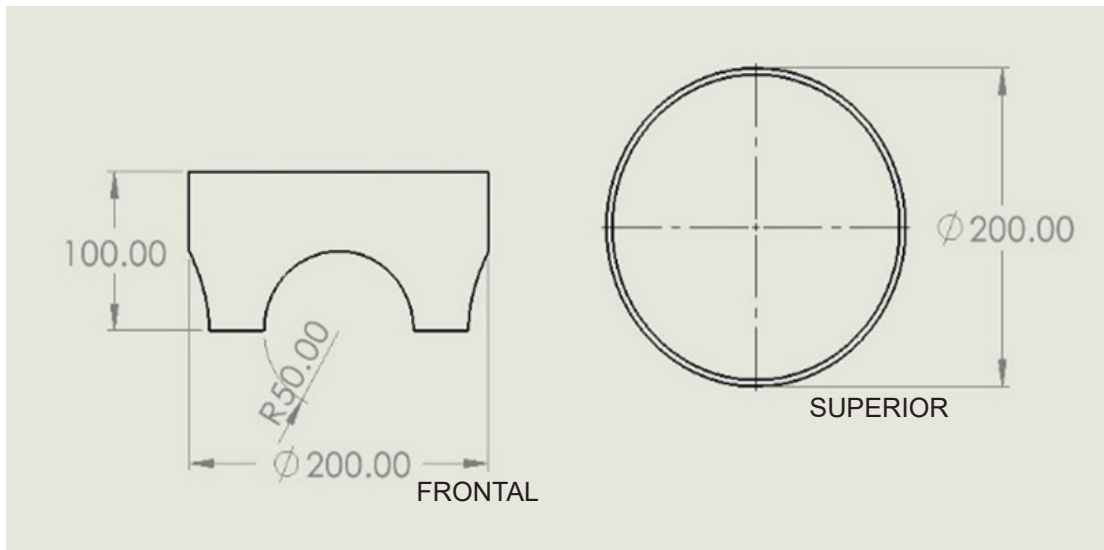
*Isométrico de la base*



Fuente: Elaboración propia (2023)

**Figura 30**

*Vistas y dimensiones de la base*

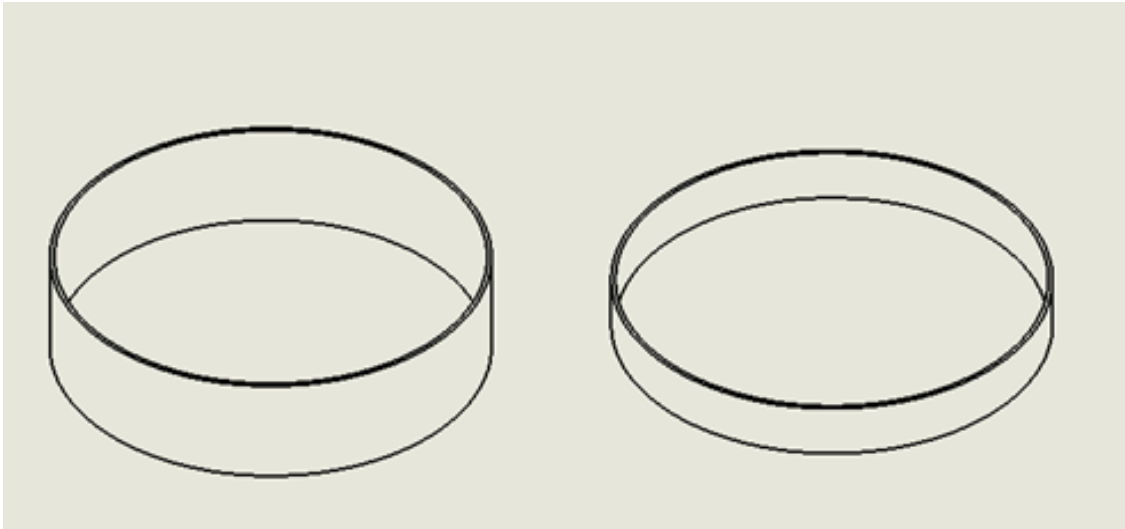


Nota: Acotación en mm. Fuente: Elaboración propia (2023)

La segunda sección está compuesta los contenedores, estos son 4 tuberías, 2 tuberías de 50 mm de altura denominadas: "Contenedor A de material filtrante" y 2 tuberías de 25 mm de altura denominadas: "Contenedor B de material filtrante" con un diámetro de aproximadamente 200 mm, estos mantienen la forma de cilindro y en cada una se coloca un material diferente, en el contenedor que va seguido a la base se coloca grava, el segundo contenedor contiguo a este se coloca arena, el tercer contenedor almacena zeolita y el ultimo contenedor arena fina; el material que almacenado debe rellenar por completo cada contenedor, la elección de estos materiales va acorde al filtro BSF.

**Figura 31**

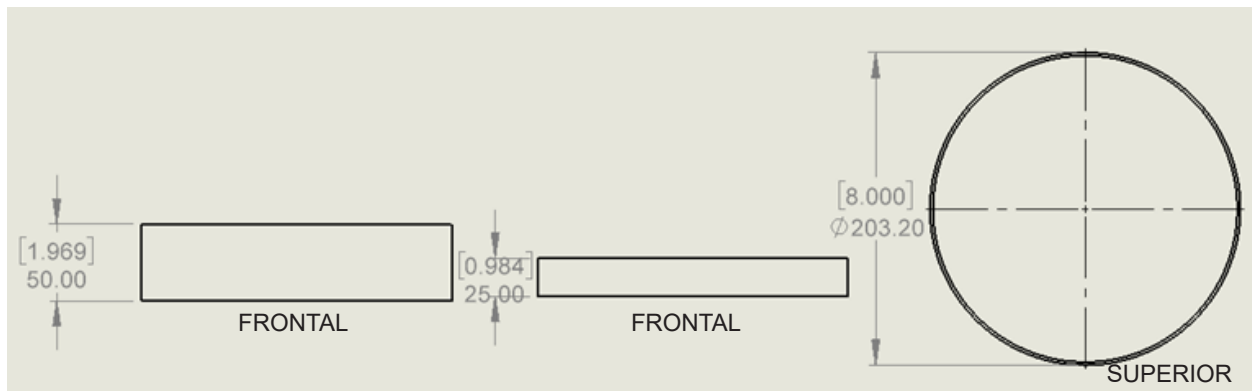
*Isométrico de los contenedores A y B (5 y 2.5 cm, repectivamente).*



Fuente: Elaboración propia (2023)

**Figura 32**

*Vistas y dimensiones de los contenedores A y B*

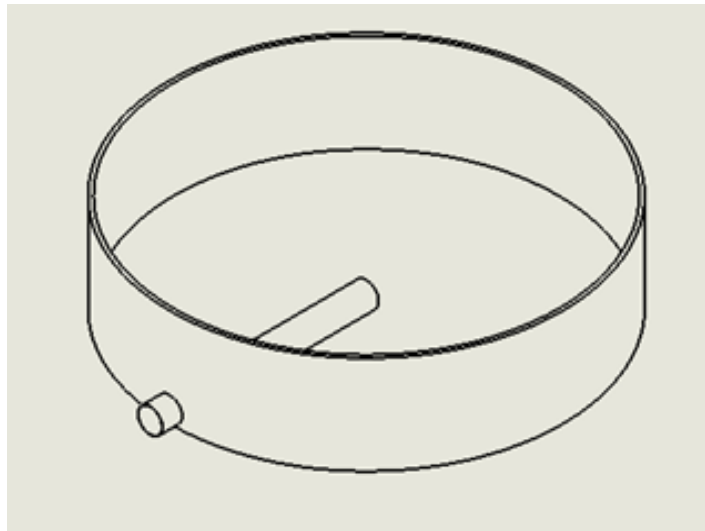


Nota: Acotación en mm. Fuente: Elaboración propia (2023)

El contenedor inferior, encargado de almacenar la grava; cuenta con una modificación ya que se está cuenta con una tubería de ½" de diametro ya implementada.

### Figura 33

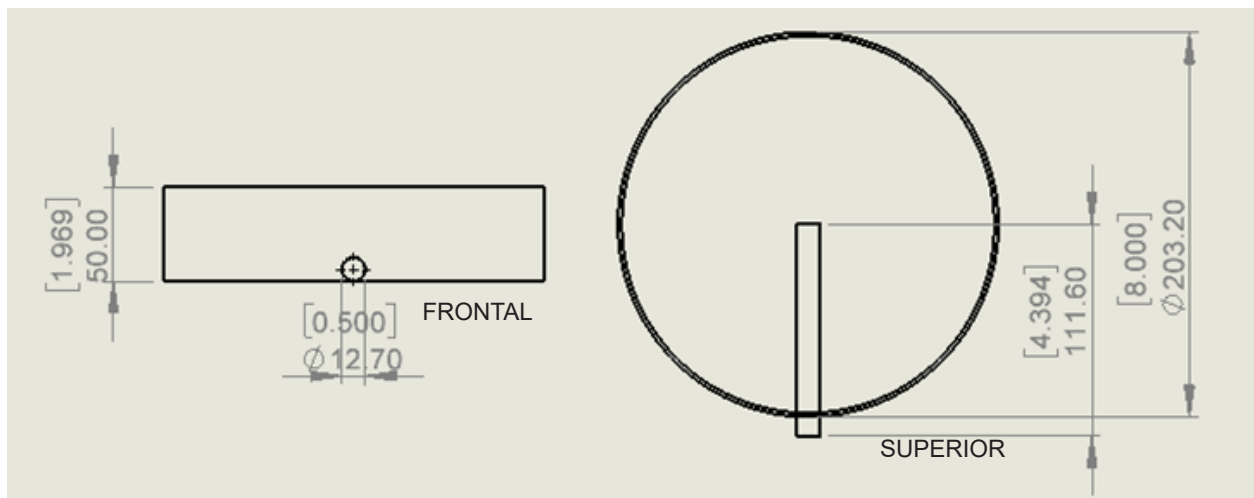
Isométrico del contenedor A con exclusiva



Fuente: Elaboración propia (2023)

### Figura 34

Vistas y dimensiones del contenedor A con exclusiva

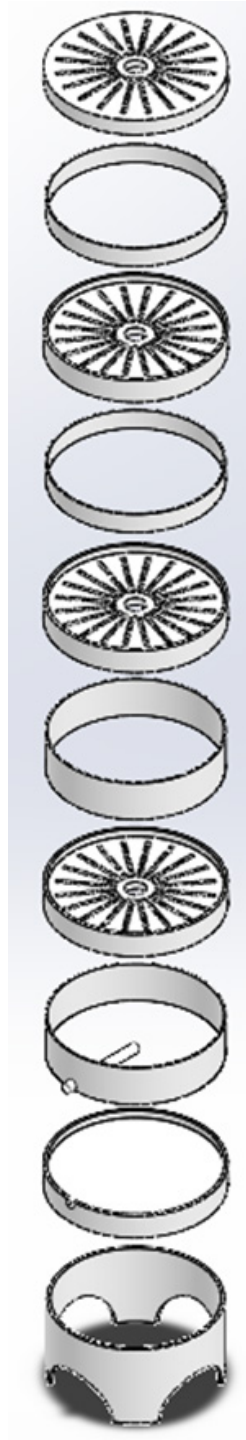


Nota: Acotación en mm [in]. Fuente: Elaboración propia (2023)

Para poder ensamblarse el filtro requiere de coples de PVC para 8 pulgadas de diámetro, estos se encuentran modificados con una malla por la mitad, esta malla permite el paso del líquido pero no del material en cuestión, para fines prácticos y visuales el cople que se muestra en este modelo abarca toda todo el contenedor, pero este tamaño puede variar. El siguiente explosivo muestra el orden y disposición de los elementos para su vista completa.

**Figura 35**

*Muestra de ensamblaje*

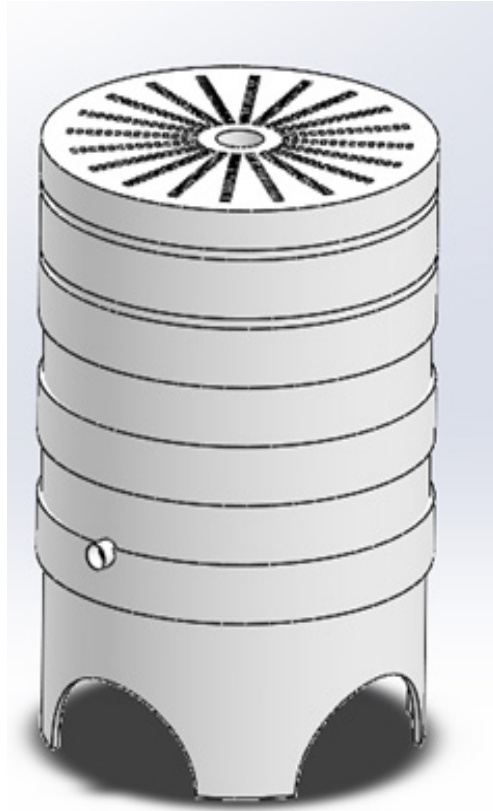


Fuente: Elaboración propia (2023)



**Figura 36**

*Forma del filtro completo*



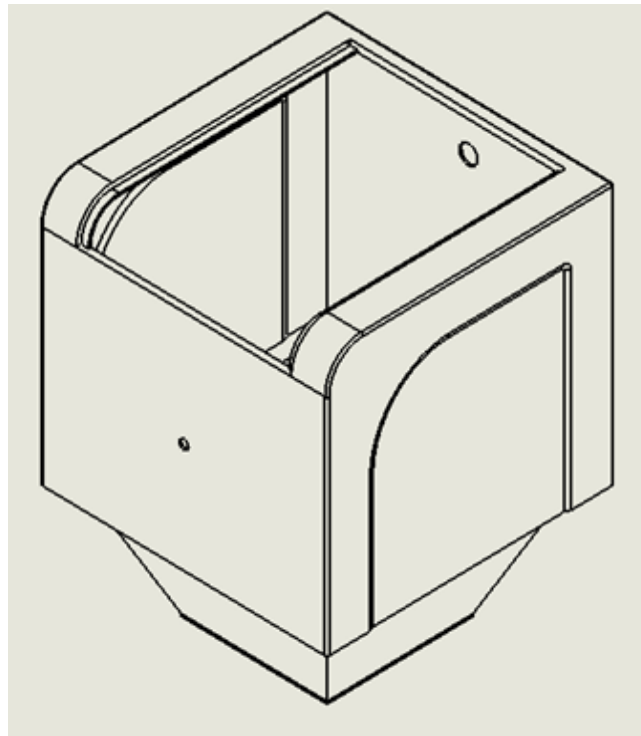
Fuente: Elaboración propia (2023)

#### 4.1.4 Contenedor principal

El contenedor principal tiene una estructura general que se asemeja en forma a un prisma rectangular, con la excepción de presentar un redondeo en una de sus caras, todas las superficies del contenedor, cuentan con un acabado liso, y las caras opuestas son paralelas, manteniendo longitudes similares, es sus laterales cuenta con detalles en bajo relieve. La base del prisma cuenta con una forma de un tronco de pirámide cuadrada, las caras laterales de este tronco de pirámide presentan una inclinación interna de 65 grados, acorde al requerimiento 15 (**ver apartado 3.1.3**) y son estas mismas superficies las que conectan la parte superior del prisma con la base cuadrada de la pirámide.

### Figura 37

*Isométrico del contenedor principal*



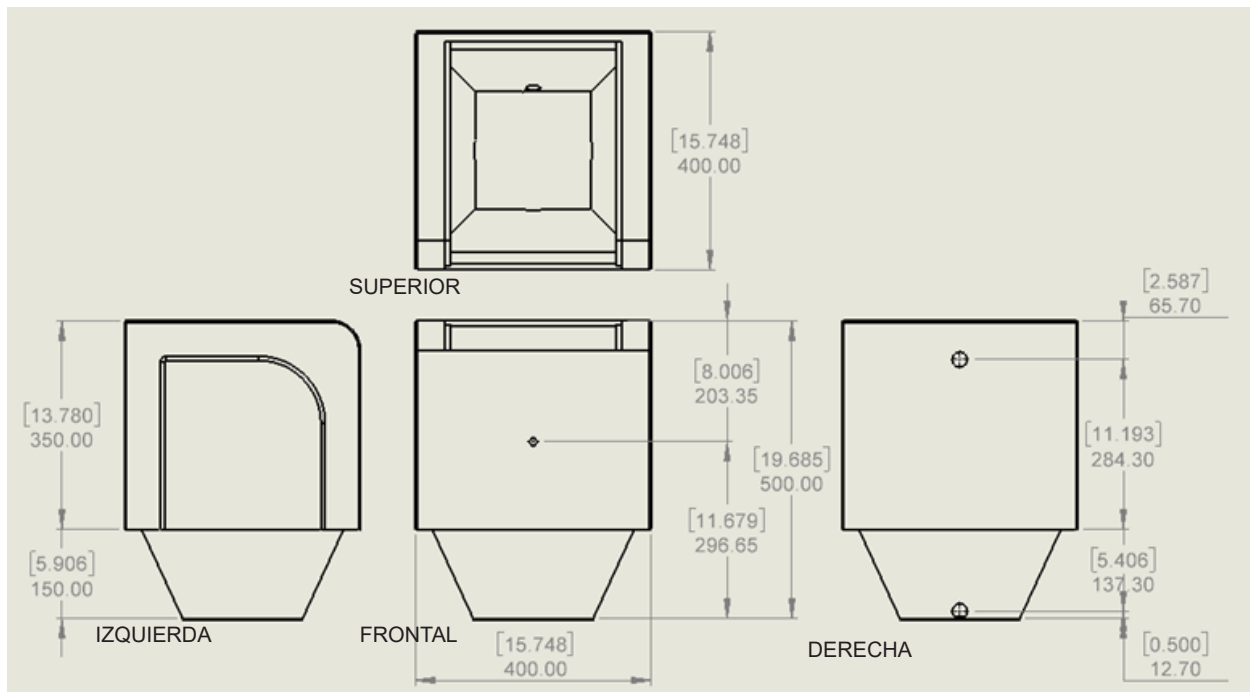
Fuente: Elaboración propia (2023)

El contenedor tiene una altura general de 500 mm, el espacio destinado al almacenamiento cuenta con una altura de 350 mm con un ancho y largo de 400 mm, mientras que el área de sedimentación que tiene forma de tronco de cono, en la zona superior tiene un ancho y largo de 343.20 mm y en la zona inferior un ancho y largo de 203.20 mm, con una altura de 150 mm, este espacio es acorde al requerimiento 19 (**ver apartado 3.1.4**).

El contenedor tiene un volumen de contención de máximo de 50 L que abarca hasta el rebosadero, acorde al requerimiento 1 (**ver apartado 3.1.1**) dejando un espacio de aire de aproximadamente 20%, acorde al requerimiento 21 (**ver apartado 3.1.5**), el volumen destinado para el área de sedimentación es correspondiente al 20% según lo establecido en el requerimiento 14 (**ver apartado 3.1.3**).

**Figura 38**

*Vistas y dimensiones del contenedor con exclusiva*



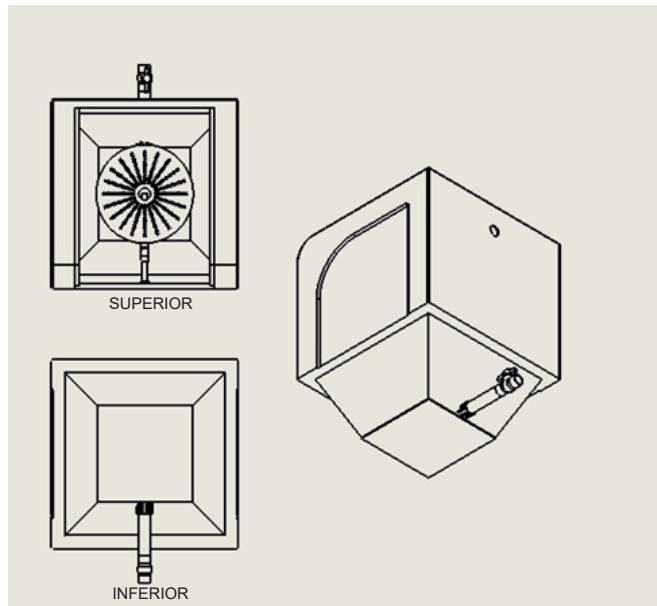
Nota: Acotación en mm [in]. Fuente: Elaboración propia (2023)

El contenedor cuenta con tres barrenos, uno para la exclusiva de salida, otro sirve como rebosadero, acorde al requerimiento 24 (**ver apartado 3.1.5**) y el ultimo como exclusiva de salida para lodos, acorde al requerimiento 3 (**ver apartado 3.1.1**), estos orificios sirven para conectar las tuberías presentes en el ensamble completo, además de cada espacio donde se ubica un orificio se encuentra a distancias que respetan los tirajes y espacios de aire establecidos en los requerimientos, con la función de evitar acumulación de olores y vaciar el dispositivo en caso de ser requerido; en cada orificio se coloca un conector de 1 pulgada de diámetro.

En el interior del contenedor se coloca el filtro y se asegura mediante la unión de una tubería al filtro y una tuerca unión que se enrosca en el conector, quedando la tubería y filtro con la siguiente disposición en el filtro.

### Figura 39

*Isométrico y vistas del contenedor con filtro y tuberías*

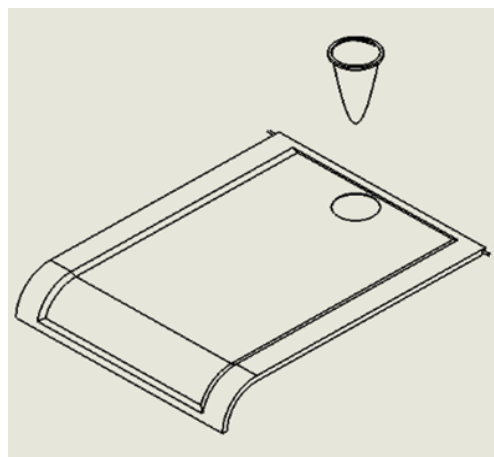


Fuente: Elaboración propia (2023)

Para poder ocultar el sistema y evitar contaminantes externos, el contenedor tiene una tapa en la parte superior, la tapa cuenta con una combinación de forma curva y recta, contando con una superficie lisa. Su diseño incluye una curvatura que se adapta a la forma del contenedor principal, además de contar con detalles en bajo relieve que proporcionan una estética uniforme, asimismo, incorpora una abertura que permite la colocación de un filtro atrapa pelusa o la introducción de la manguera de desagüe proveniente de la lavadora.

### Figura 40

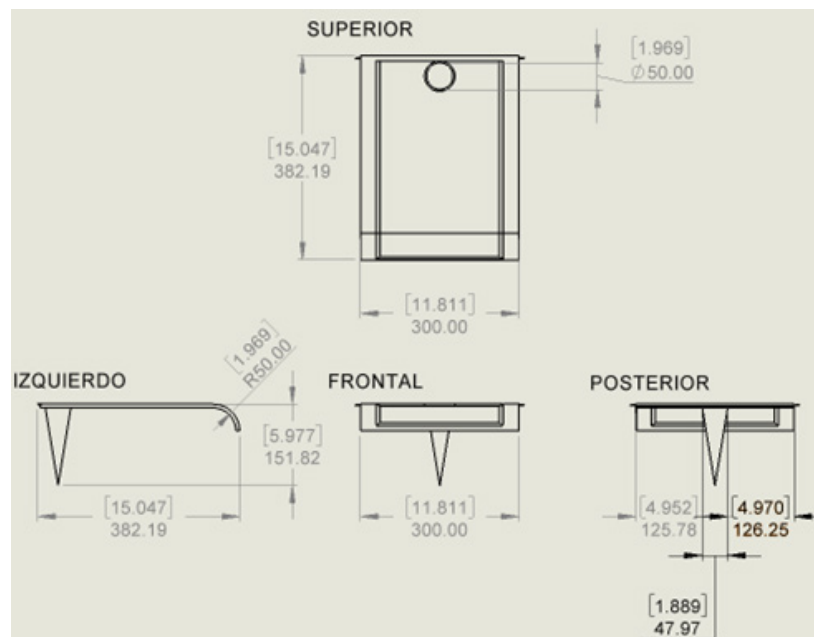
*Isométrico de la tapa*



Fuente: Elaboración propia (2023)

## Figura 41

Vistas y dimensiones de la tapa

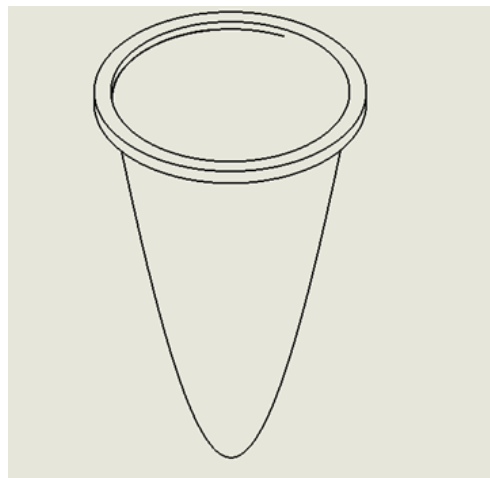


Nota: Acotación en mm [in]. Fuente: Elaboración propia (2023)

El filtro atrapa pelusa tiene estructura con forma cilíndrica, teniendo una altura de 150 mm y un diámetro de 44.10 mm, este se encuentra fabricado con una malla de dacrón; un aro de PE que funciona como soporte.

## Figura 42

*Isométrico del reductor*

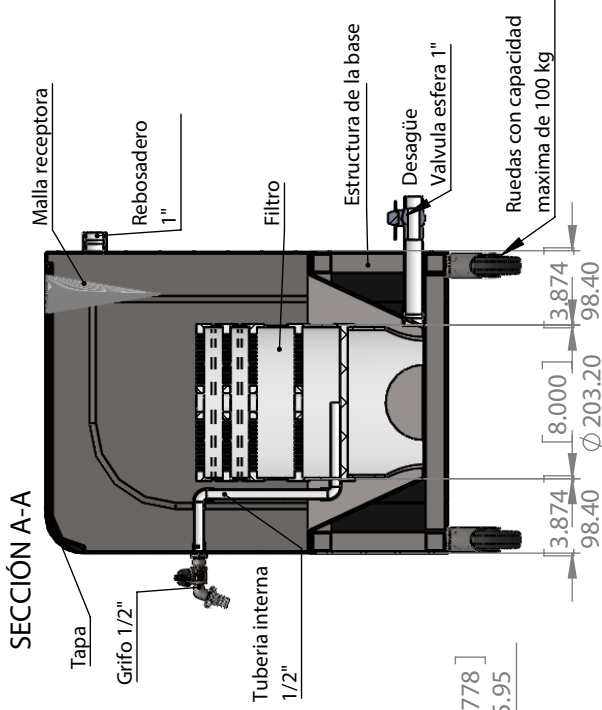
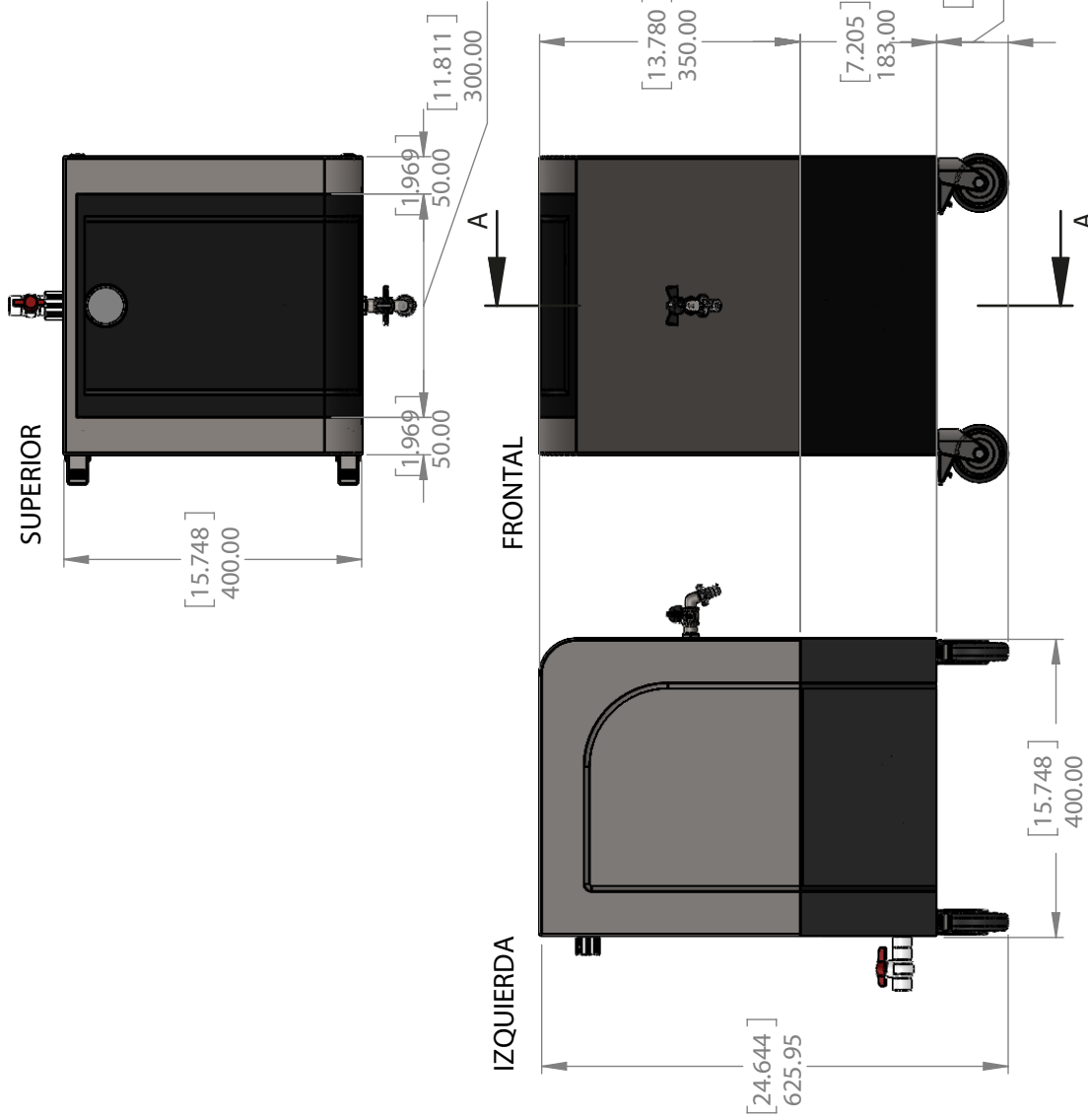
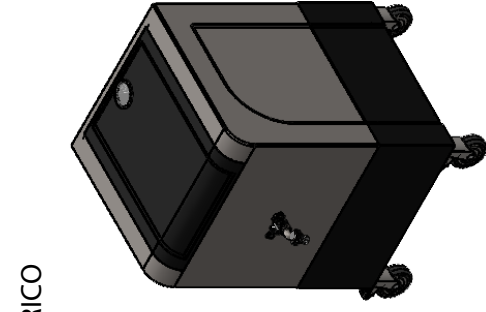


Fuente: Elaboración propia (2023)

Este filtro ya se comercializa y se coloca directamente sobre la carga de agua, sin embargo, en este dispositivo se encaja en la abertura de la tapadera y puede ser retirado en el momento que se desee. Todos los elementos vistos crean en conjunto el dispositivo, cada elemento se puede retirar de manera manual por el usuario, cuando el dispositivo no está en funcionamiento además de que cada uno cumple con una función específica acorde a los requerimientos.

## 4.2 Generación de planos

En la siguiente sección se muestran los planos de los componentes del dispositivo, mostrando de manera más detallada vistas, dimensiones e isométricos, así como especificaciones de cada componente, con la finalidad de reforzar lo explicado en la sección anterior.

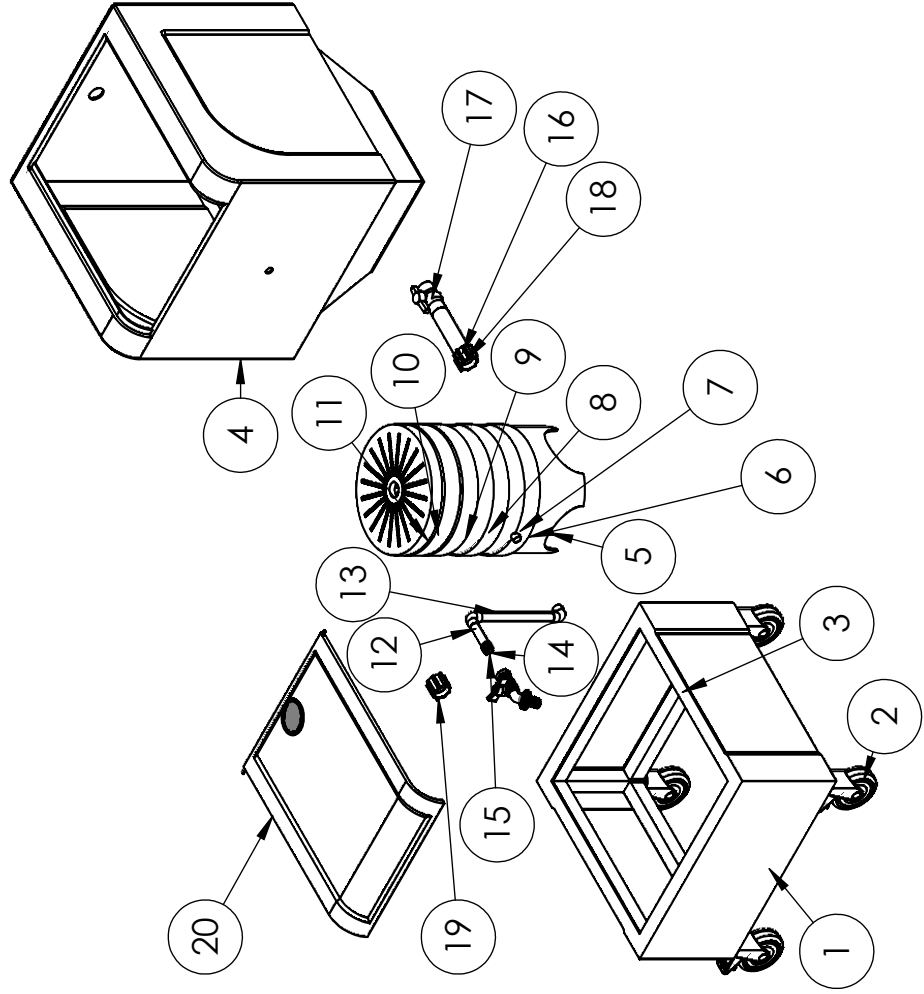



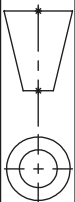
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA		<b>Proyecto: Dispositivo para la contención de filtros de arena para la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático</b>	
INGENIERÍA EN DISEÑO		Título: <b>Vistas, isométrico y corte del dispositivo completo</b> Tamaño de hoja: <b>A</b> ESCALA: 1:10	
Fecha: 29/02/2024 Anotación: [in]mm		Peso: 14.70 Kg Material: Varios	
Dibujo: Nicolas Soriano Martínez Autorizó: I.D. Armando López Torres		Pieza: <b>Dispositivo completo</b> PLANO 1	





N.º	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura de la base	1
2	Rueda con freno (Altura 100mm)	4
3	Carcasa de la base	1
4	Contenedor principal	1
5	Base del filtro	1
6	Cople de conexión inferior	1
7	Contenedor A de material filtrante (con barro)	1
8	Cople de conexión (con malla)	3
9	Contenedor A de material filtrante	1
10	Contenedor B de material filtrante	2
11	Tapa del filtro	1
12	Codo 1/2"	2
13	Tubería vertical 1/2"	1
14	Tubería horizontal 1/2"	1
15	Tuerca unión 1/2"	1
16	Tubería desagüe 1"	1
17	Válvula de esfera 1"	1
18	Tuerca unión 1"	1
19	Tuerca unión 1" (rebosadero)	1
20	Tapadera	1



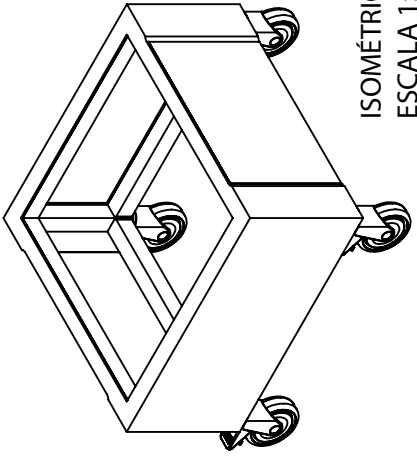
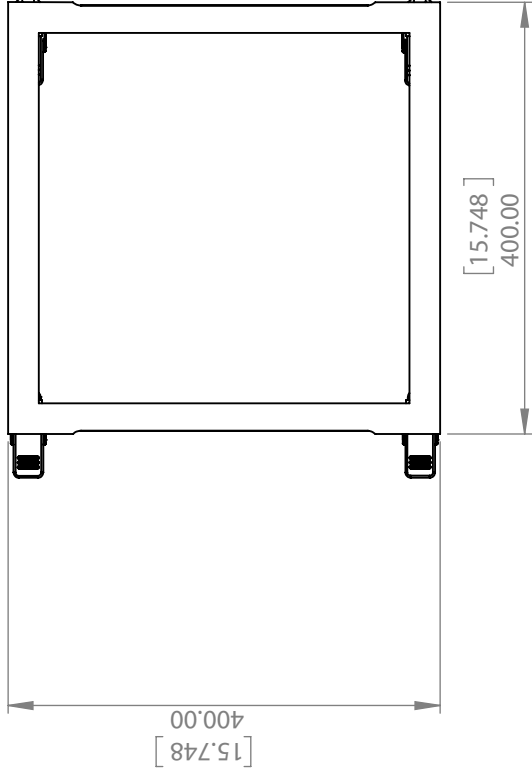
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA		<b>Proyecto: Dispositivo para la contención de filtros de arena para la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático</b>	
INGENIERÍA EN DISEÑO		Fecha: 29/02/2024	Peso: 14.70 kg
		Anotación: [in]mm	Material: Varios
		<b>Título: Explosivo del dispositivo completo</b> Pieza:	
Dibujó: Nicolas Soriano Martínez Autorizó: I.D. Armando López Torres		<b>Tamaño de hoja: A</b> ESCALA: 1:12	
Proyección: 		<b>Dispositivo completo</b> PLANO 2	



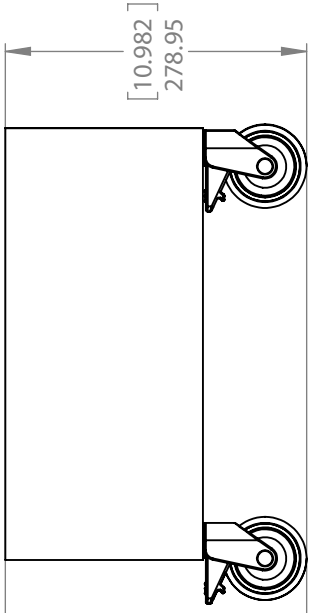
B

A

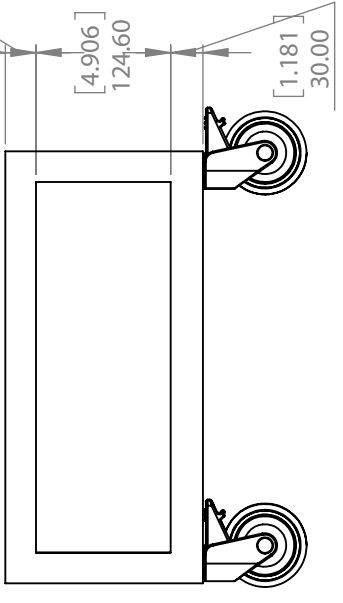
SUPERIOR



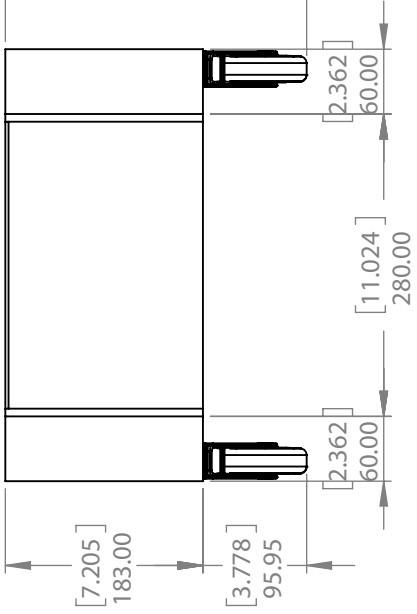
FRONTAL



POSTERIOR



IZQUIERDO



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

Proyecto: Dispositivo para la contención de filtros de arena para la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático

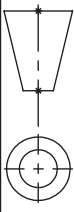
INGENIERÍA EN DISEÑO

Fecha: 29/02/2024

Anotación: [in]mm

Dibujó: Nicolas Soriano Martínez

Autorizó: I.D. Armando López Torres



Título: Vistas e isométrico de la base

Peso: 9.11 Kg

Tamaño de hoja: Pieza:

Material: Varios

A  
ESCALA: 1:7

Base completa

PLANO 3

B

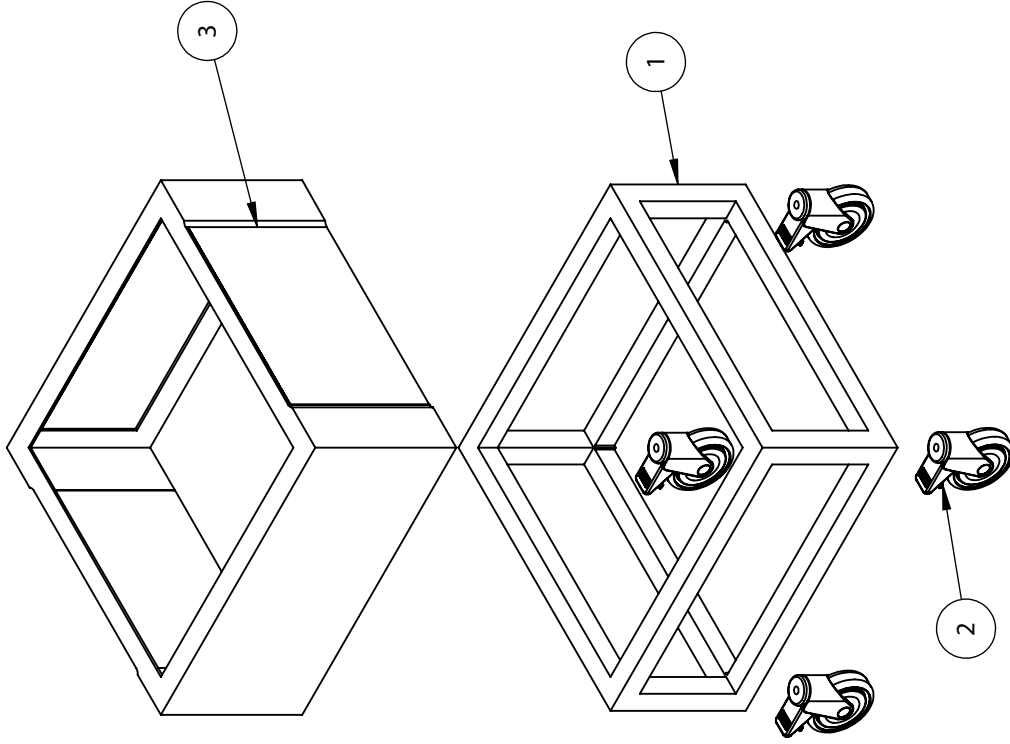
A



1

2

B



N.º	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura de la base	1
2	Rueda con freno (Altura 100mm)	4
3	Carcasa de la base	1

A

A

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

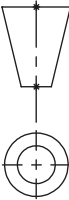
INGENIERÍA EN DISEÑO

Fecha: 29/02/2024

Anotación: [in]mm

Dibujó: Nicolas Soriano Martínez

Autorizó: I.D. Armando López Torres



Proyección:

Título: Explosivo de la base

Peso: 9.1 Kg

Tamaño de hoja: Pieza:

Material: Varios

ESCALA: 1:20

Base Completa

PLANO 4

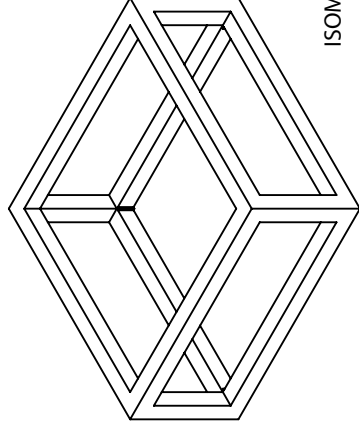
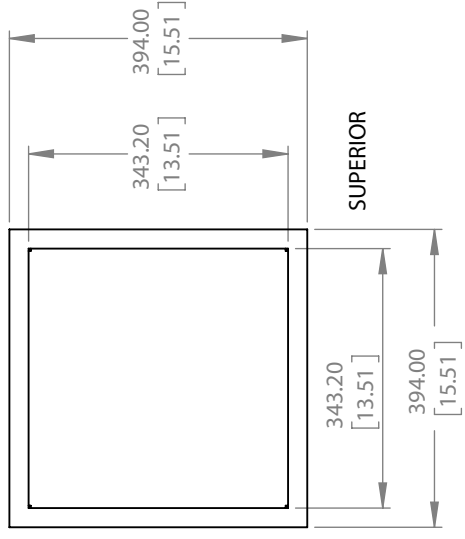
1

2

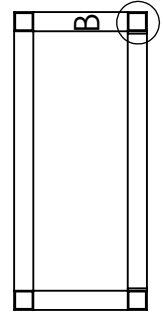
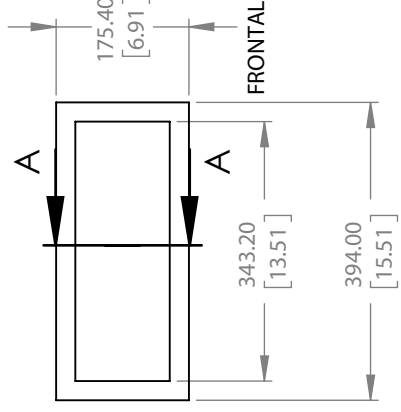
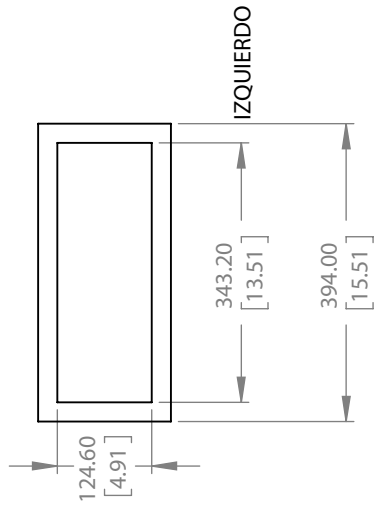
B



Nota: Toda la estructura esta construida con perfil cuadrado de 1" C-18  
El peso considerado es sin soldadura

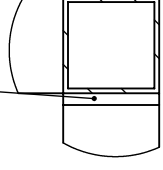


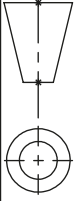

Pieza de 10 x 10 mm soldada en las esquinas inferiores, para dar soporte a las ruedas



SECCIÓN A-A

DETALLE B  
ESCALA 1 : 2

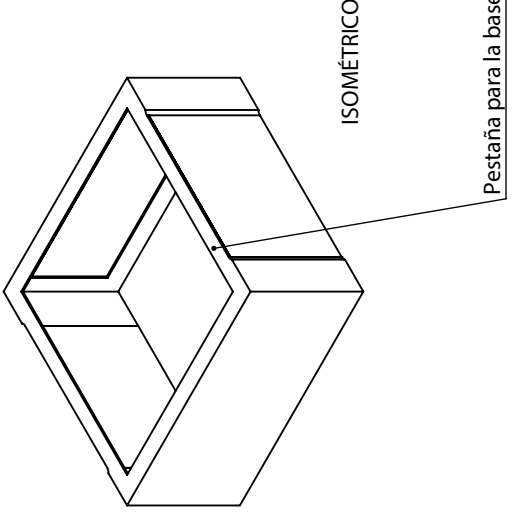
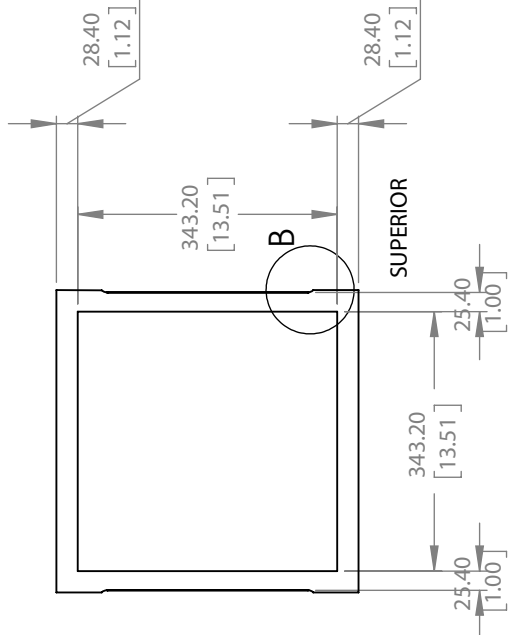


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA		Proyecto: Dispositivo para la contención de filtros de arena para la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático	
INGENIERÍA EN DISEÑO		Fecha: 29/02/2024	Peso: 3.35 Kg
Dibujó: Nicolas Soriano Martínez		Título: Vistas, isométrico y corte de la estructura de la base	
Autorizó: I.D. Armando López Torres		Material: Acero AISI 1020	
Proyección: 		Pieza: Estructura de la base	
		ESCALA: 1:10	
		PLANO 5	



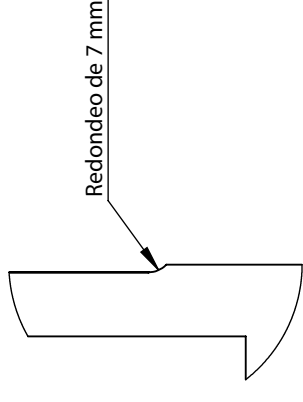
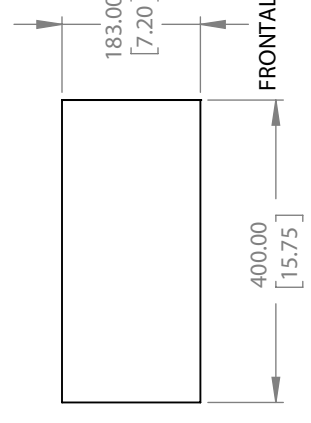
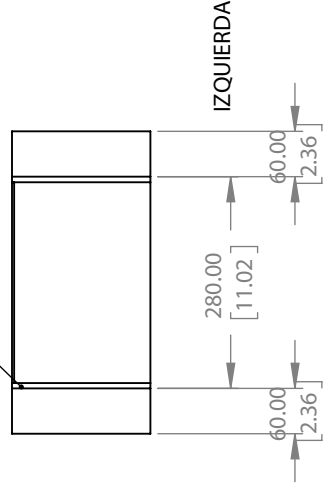


Nota: La cubierta se coloca sobre la base de perfil tubular cuadrado Grosor de material de 1.9 mm



B

Redondeo de 7 mm



DETALLE B  
ESCALA 1 : 3

A

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

INGENIERÍA EN DISEÑO

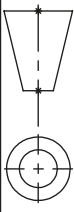
Fecha: 29/02/2024

Anotación: [in]mm

Dibujó: Nicolas Soriano Martínez

Autorizó: I.D. Armando López Torres

Proyección:



Proyecto: Dispositivo para la contención de filtros de arena para la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático

Título: Vistas, isométrico y corte de la carcasa de la base

Peso: 0.53 Kg

Material: HDPE C-14

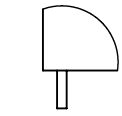
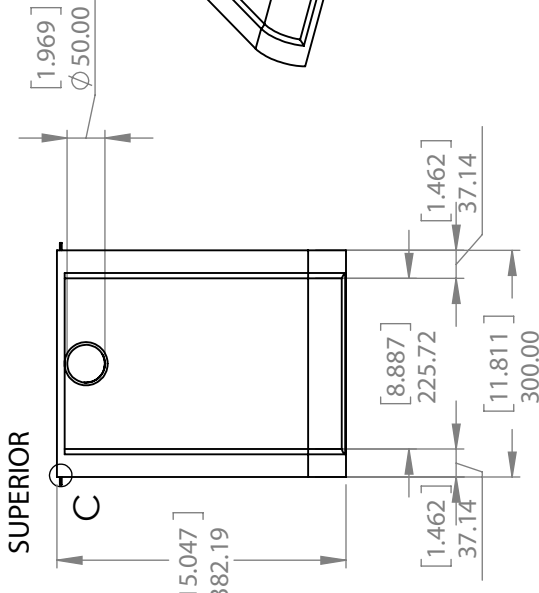
Tamaño de hoja: A

Carcasa de la base

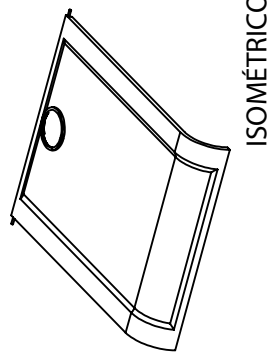
ESCALA: 1:10

PLANO 6





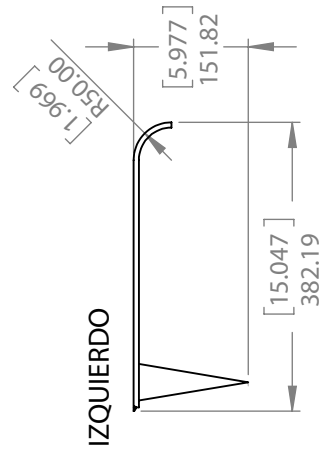
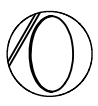
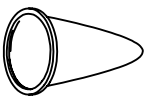
DETALLE C  
ESCALA 1:2



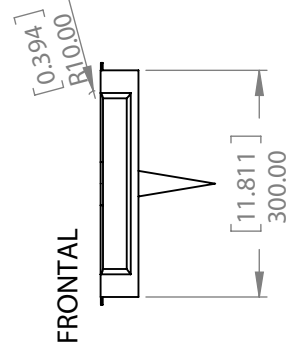
ISOMÉTRICO

DETALLE A  
ESCALA 1:5  
Nota:Malla de Dacrón de 50 x 150 mm

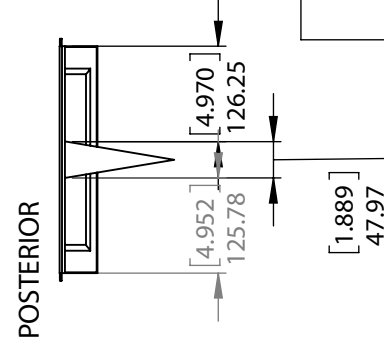
DETALLE B  
ESCALA 1:5  
Nota:Abertura de 50 mm



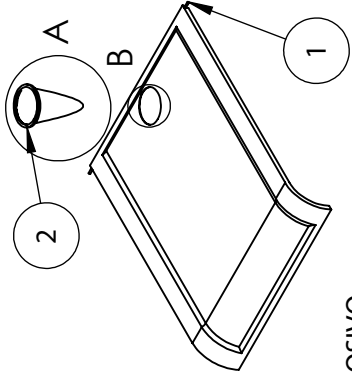
IZQUIERDO



FRONTAL



POSTERIOR



EXPLOSIVO

Nota: El grosor del material es de 2 mm

N.º	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Carcasa Tapa (HDPE)	1
2	Malla (PE y Dacrón)	1

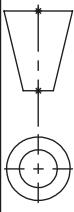
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

INGENIERÍA EN DISEÑO Fecha: 29/02/2024

Anotación: [in]mm

Dibujó: Nicolas Soriano Martínez

Autorizó: I.D. Armando López Torres



Proyecto: Dispositivo para la contención de filtros de arena para la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático

Título: Vistas, isométrico y explosivo de tapadera

Peso: 0.13 Kg

Tamaño de hoja: A

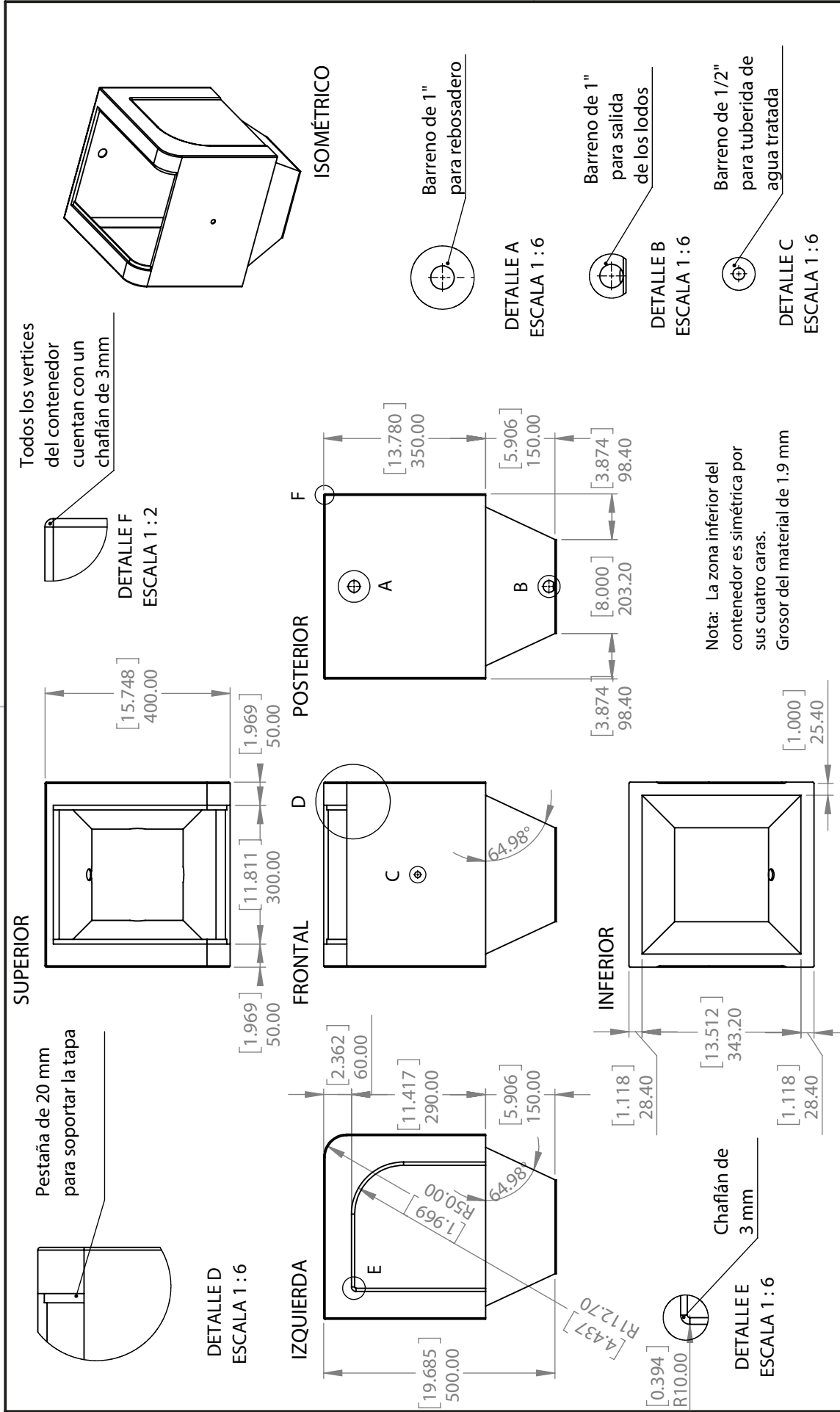
Material: Varios

Tapadera

ESCALA: 1:10

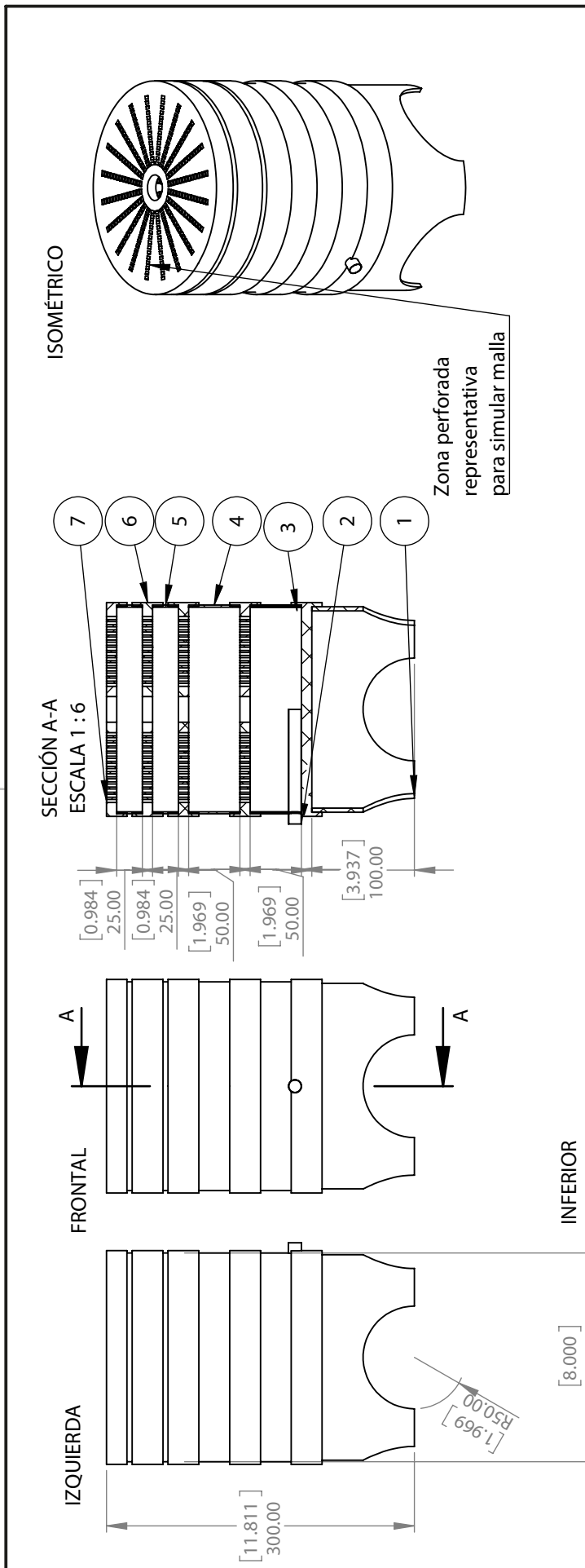
PLANO 7



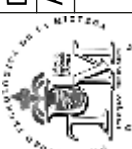
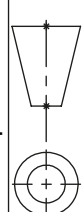


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA		Proyecto: Dispositivo para la contención de filtros de arena para la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático	
INGENIERÍA EN DISEÑO		Fecha: 29/02/2024	Peso: 2.44 Kg
Dibujó: Nicolas Soriano Martínez		Material: HDPE C-14	
Autorizó: I.D. Armando López Torres		Material: HDPE C-14	
Proyección:		Material: HDPE C-14	
Título: <b>Vistas e Isométrico de contenedor principal</b>		Pieza: <b>Contenedor principal</b>	
Tamaño de hoja: <b>A</b>		ESCALA: 1:12	



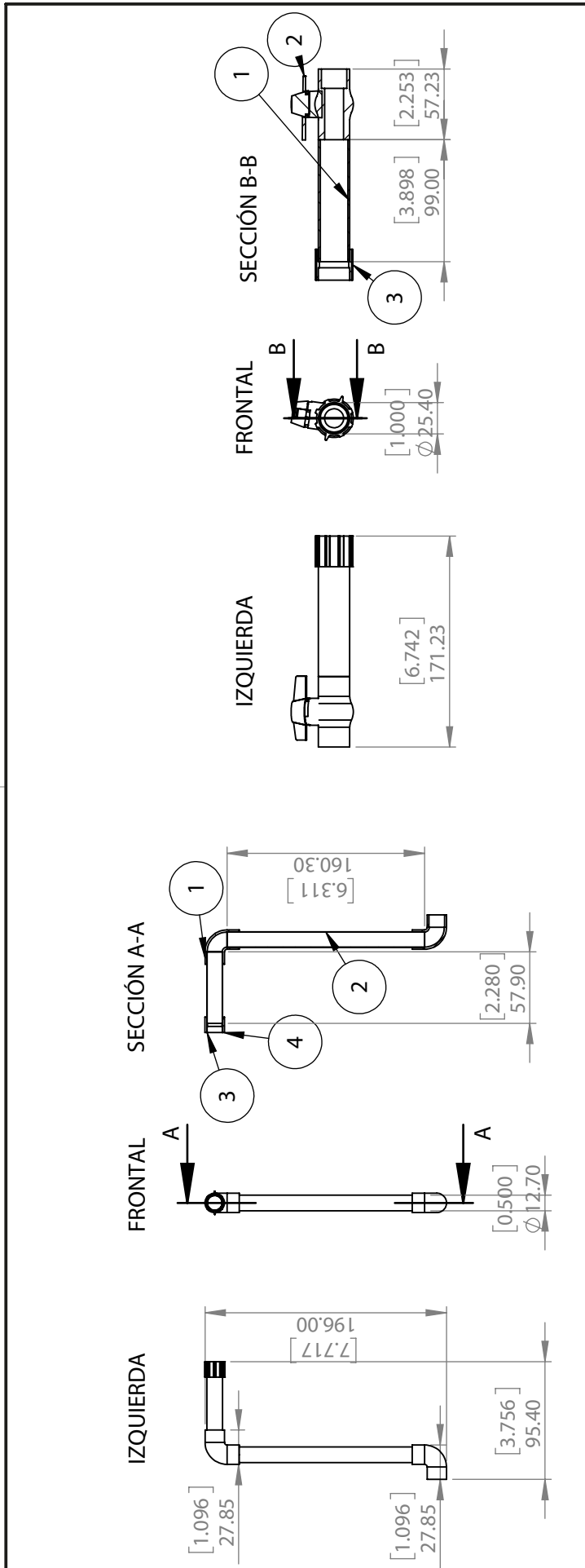


N.º	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Base del filtro (8" x 4")	1
2	Cople de conexion inferior	1
3	Contenedor A de material filtrante con barrenos (8" x 2")	1
4	Contenedor A de material filtrante (8" x 2")	1
5	Contenedor B de material filtrante (8" x 1")	2
6	Cople de conexión (con malla)	3
7	Tapa del filtro	1

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA		Fecha: 29/02/2024	
INGENIERÍA EN DISEÑO		Anotación: [in]mm	
		Dibujó: Nicolas Soriano Martínez	
		Autorizó: I.D. Armando López Torres	
Proyección:		Pieza: Filtro	
Título: Vistas, Isométrico y corte del filtro		Peso: 2.65 Kg	
Material: PVC		Material: PVC	
Tamaño de hoja: A		PLANO 9	
ESCALA: 1:6			







B

A

N.º (A-A)	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Codo 1/2"	2
2	Tubería vertical 1/2"	1
3	Tubería horizontal 1/2"	1
4	Tuerca unión 1/2"	1

N.º (B-B)	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Tubería desagüe 1"	1
2	Válvula de esfera 1"	1
3	Tuerca unión 1"	1

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA**

**INGENIERÍA EN DISEÑO**

Fecha: 29/02/2024  
 Anotación: [in]mm

Dibujó: Nicolas Soriano Martínez  
 Autorizó: I.D. Armando López Torres

Proyección:

Proyecto: Dispositivo para la contención de filtros de arena para la recuperación de las aguas grises provenientes del equipo de lavado automático

Título: Vistas y cortes de tuberías

Peso: 0.20 Kg

Tamaño de hoja: **A**

Pieza: **Tuberías**

Material: PVC

ESCALA: 1:5

PLANO 10



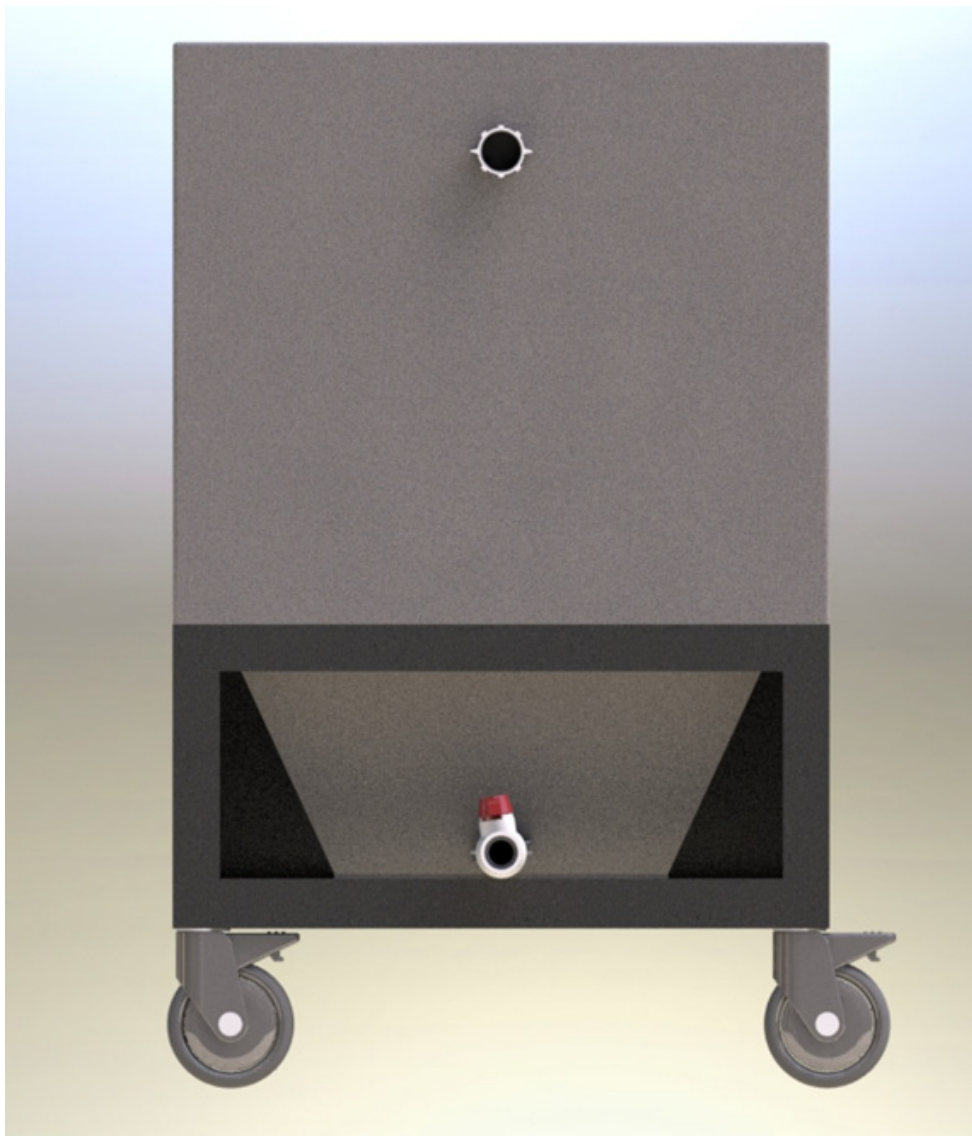
## 4.3 Renders

Posterior al desarrollo de la geometría de las piezas y generación de los planos, en este capítulo, abordaremos la presentación visual del dispositivo completo a través de renders detallados con el fin de proporcionar una representación gráfica atractiva del dispositivo en su totalidad.

Los renders son generados con ayuda de un software de modelado CAD 3D, el mismo empleado para la creación del modelo y los planos.

### Figura 43

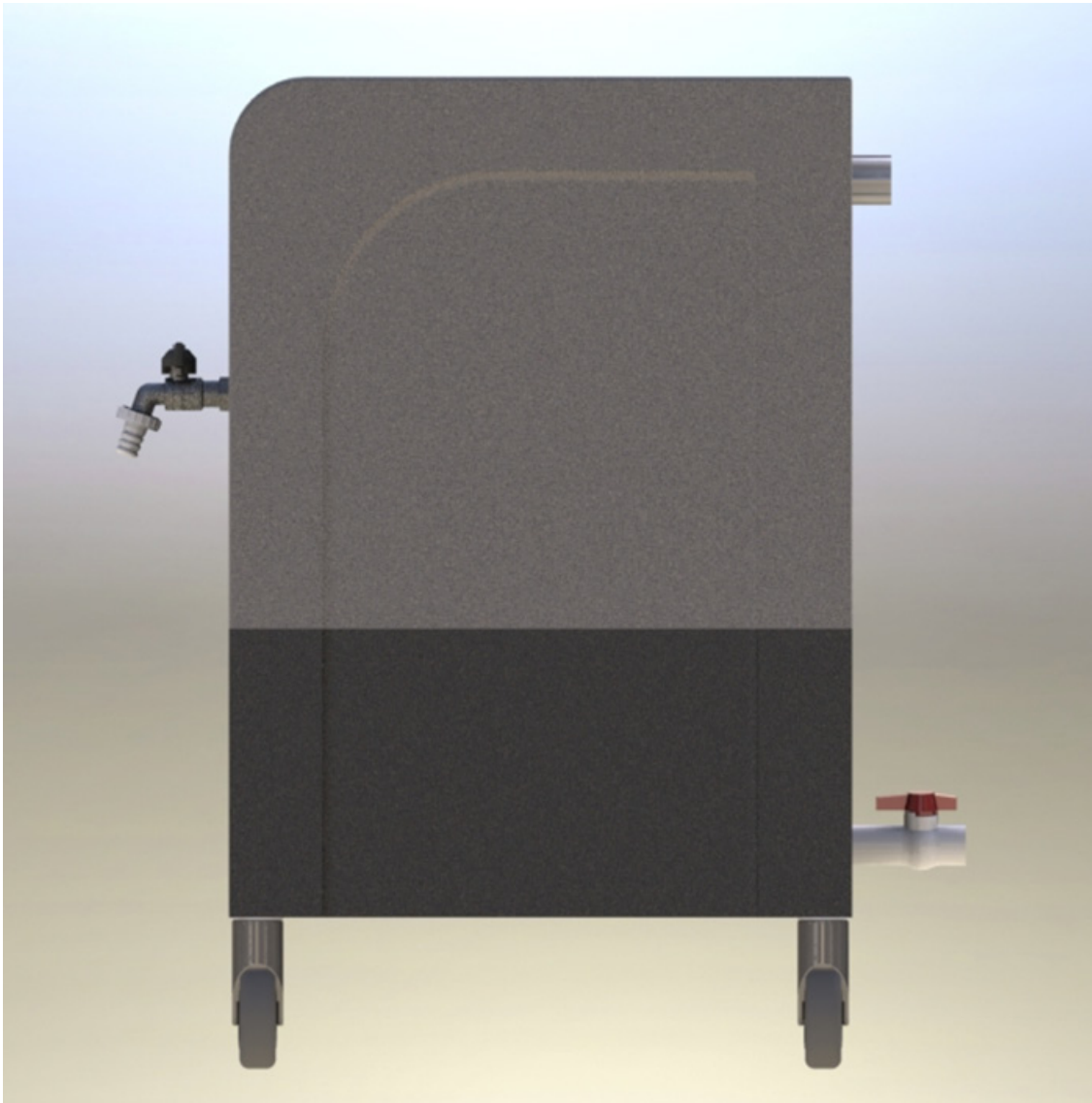
*Renderizado de la vista posterior*



Fuente: Elaboración propia (2023)

## Figura 44

Renderizado de la vista lateral

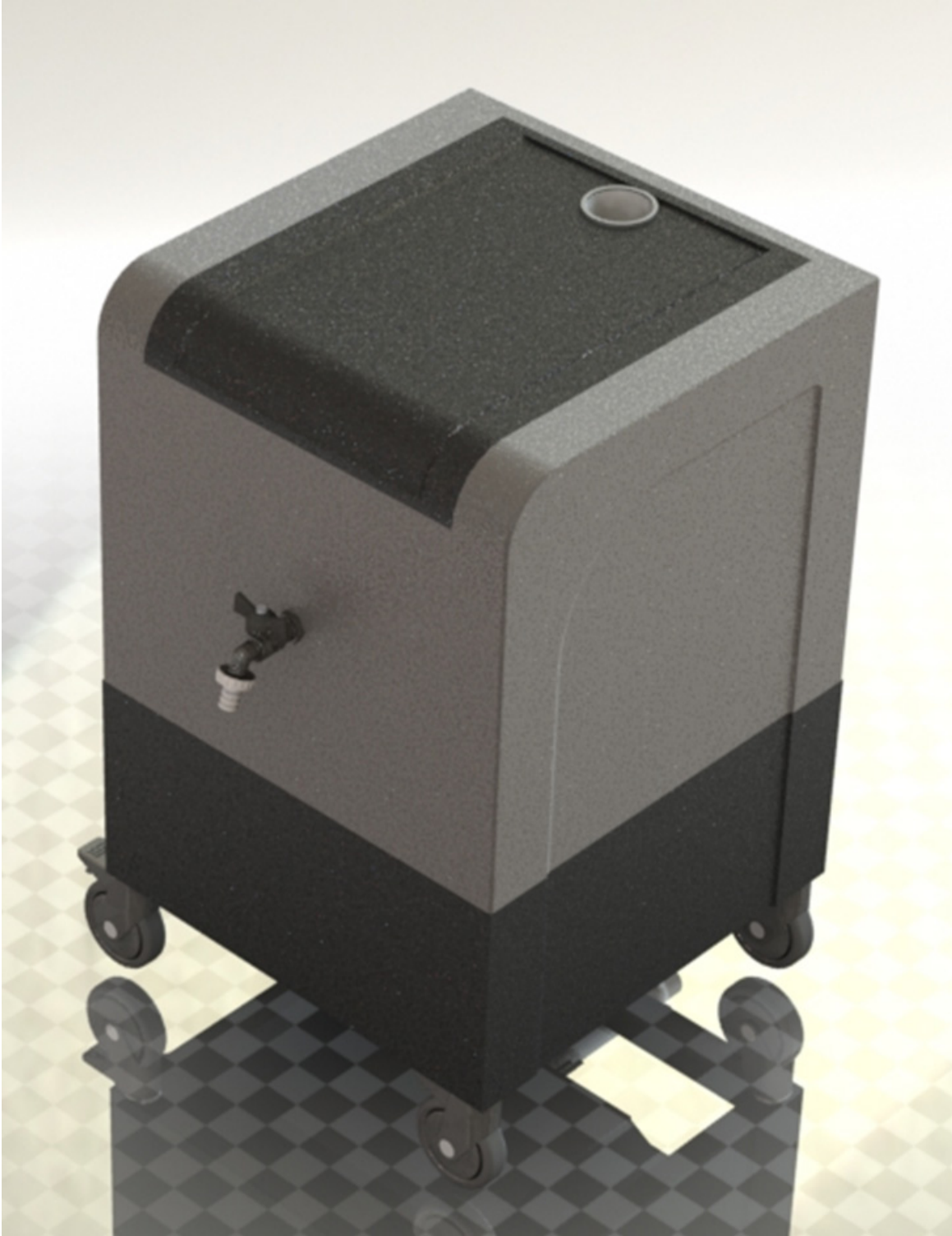


Fuente: Elaboración propia (2023)

La generación del render permite que el lector obtenga una apreciación visual más detallada de la apariencia final del dispositivo y siendo el resultado de lo visto a lo largo de este capítulo.

**Figura 45**

*Renderizado de vista isométrica*



Fuente: Elaboración propia (2023)

## 4.4 Características generales

En el presente apartado se presentan algunas características generales del dispositivo y recomendaciones generales para el uso y funcionamiento del dispositivo para su correcto funcionamiento y situaciones no deseadas.

### 4.4.1 Dispositivo de filtrado

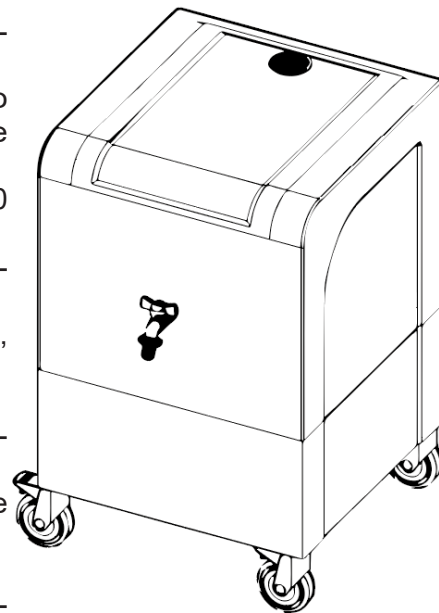
Es un dispositivo móvil que emplea un filtro desmontable que almacena diversos materiales granulométricos, con el objetivo de filtrar el agua proveniente de las lavadoras.

### 4.4.2 Características

- Cuenta con una altura de 63 cm y 40 cm de largo y ancho
- Cuenta con tuberías de PVC de 1" conectadas al dispositivo mediante un conector y una tuerca unión.
- El dispositivo se compone de dos secciones principales: La base y el contenedor
- La base está estructurada con de perfil cuadrado 1" C-18 recubierto por una carcasa desmontable de polietileno.
- Tiene cuatro ruedas con freno capaces de soportar 100 Kg.
- El contenedor almacena en su interior un filtro desmontable.
- Los materiales filtrantes con los que cuenta son: arena, zeolita, grava y arena fina.
- El dispositivo tiene una tapa abatible.
- En la parte superior cuenta con una malla atrapa pelusas.
- El dispositivo soporta una carga efectiva de agua de 50 L.
- Cuenta con un sistema de desagüe y un rebosadero.
- El material del contenedor es polietileno de alta densidad

**Figura 46**

*Vista del contenedor*



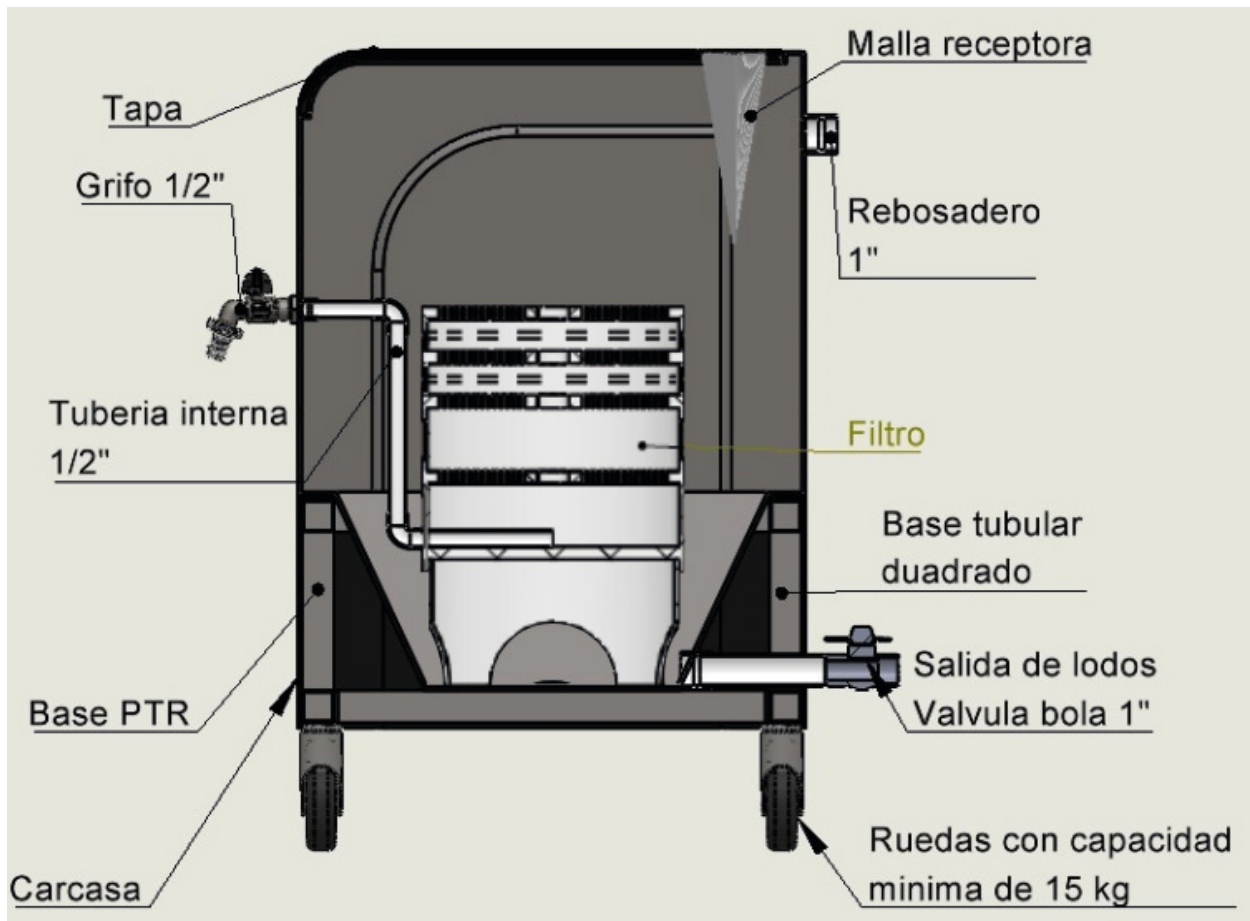
Fuente: Elaboración propia (2023)

### 4.4.3 Componentes

El contenedor alberga en su interior diversos elementos desmontables, en la siguiente imagen se puede apreciar cada uno de ellos.

**Figura 47**

*Principales componentes del dispositivo*



Fuente: Elaboración propia (2023)

El dispositivo esta ideado con la finalidad que el usuario pueda manipularlo con sus propias manos, en las siguientes secciones se aborda como el usuario puede ensamblarlo asi como su funcionamiento.

#### 4.4.4 Ensamblaje de la estructura principal

Como se menciona en el apartado 4.4.2 el dispositivo se compone de dos secciones que conforman la estructura principal, la base y el contenedor, a continuación, se explica como ensamblarlo.

Para poder ensamblar estos elementos lo primero es unir la base, para esto únicamente se coloca la carcasa sobre la base de perfil cuadrado 1" C-18, tal como se muestra en la Figura 48.

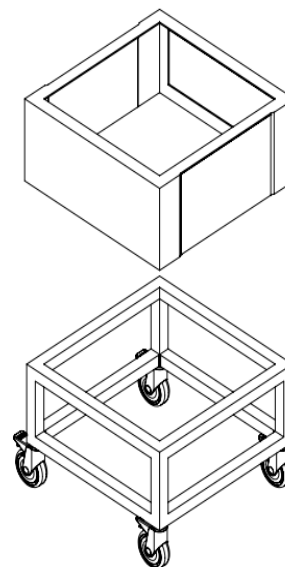
Con la base unida, se procede a colocar el contenedor sobre la misma, tal como se muestra en la Figura 49.

##### Recomendaciones

- Revisar que no existan elementos externos sobre las superficies al momento de ensamblarlas.
- Verificar (preferentemente) que la base de perfil cuadrado 1" C-18 y el interior de la carcasa no contengan humedad en sus paredes al momento de ser ensamblado.
- No utilizar la base para un uso diferente al establecido

**Figura 48**

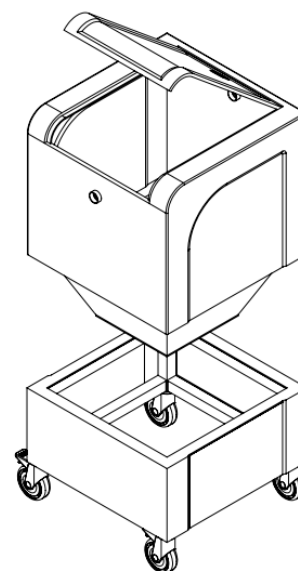
*Conexión de la de la base*



Fuente: Elaboración propia (2023)

**Figura 49**

*Conexión de la base y el contenedor*



Fuente: Elaboración propia (2023)



#### 4.4.5 Ensamblaje del filtro

El filtro se compone de cuatro secciones de contención, conformada por dos contenedores de 5 cm y dos contenedores de 2.5 cm, el contenedor inferior incluye un conector que facilita la conexión por donde se expulsa el agua tratada. Además, el filtro cuenta con una base y cinco coples para unir el sistema. Para ensamblarlo completamente, se deben seguir los siguientes pasos:

Lo primero es conectar cada contenedor con un cople por la parte inferior, tal como se muestra en la Figura 50, este proceso se repite con cada uno de los tres contenedores, una vez conectados se rellenan con un material filtrante por contenedor, el contenedor con la tubería se debe rellenar con grava.

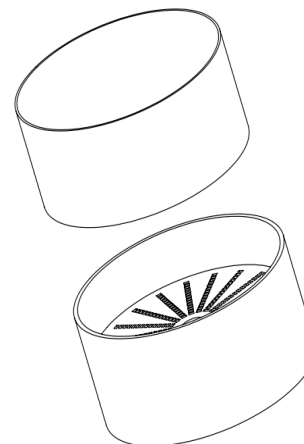
Posteriormente se conecta el contenedor al cople sin perforaciones y seguido de eso a la base, tal como se muestra en la Figura 51.

##### Recomendaciones

- No utilizar adhesivos para unir las piezas
- No obstruir la salida del agua
- Revisar que los materiales que se colocan no contengan material orgánico de ningún tipo

**Figura 50**

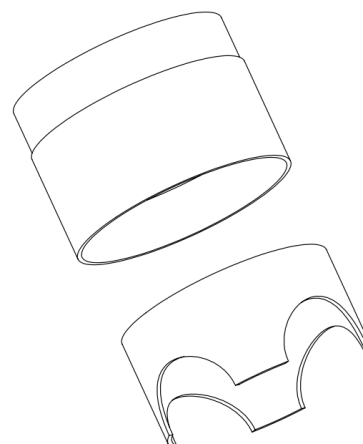
*Conexión entre contenedor y cople*



Fuente: Elaboración propia (2023)

**Figura 51**

*Conexión de la base y el contenedor*

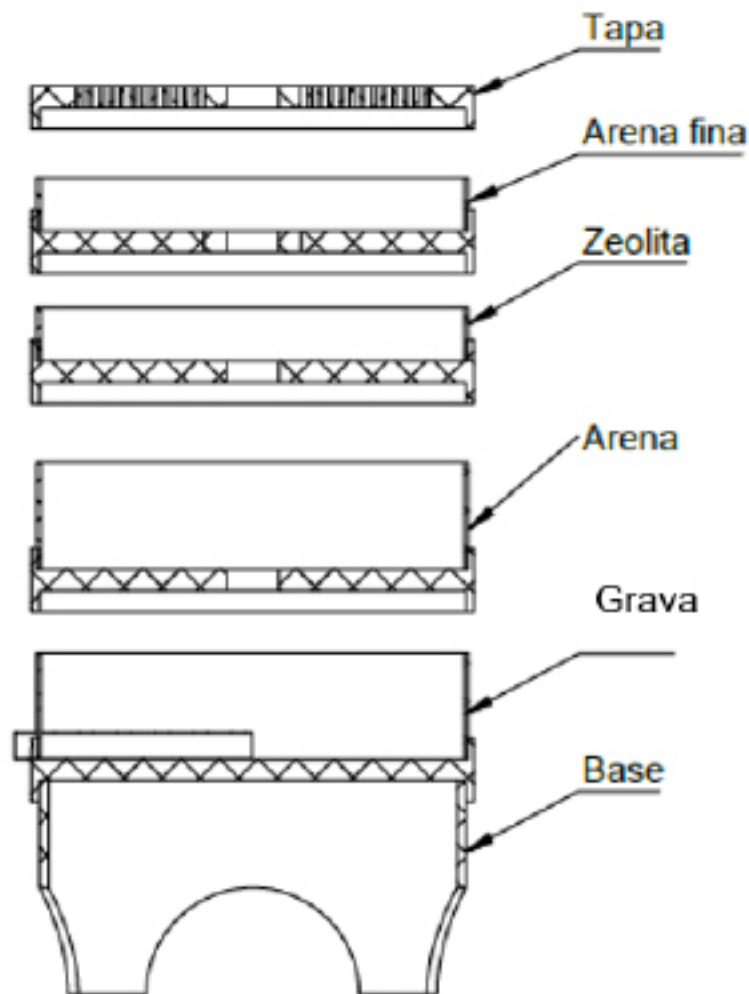


Fuente: Elaboración propia (2023)

Una vez armados los elementos y con su respectivo material, se proceden a colocar dentro del contenedor en el orden que se presenta a continuación:

Figura 52

Orden de ensamblaje del filtro



Fuente: Elaboración propia (2023)

### Recomendaciones

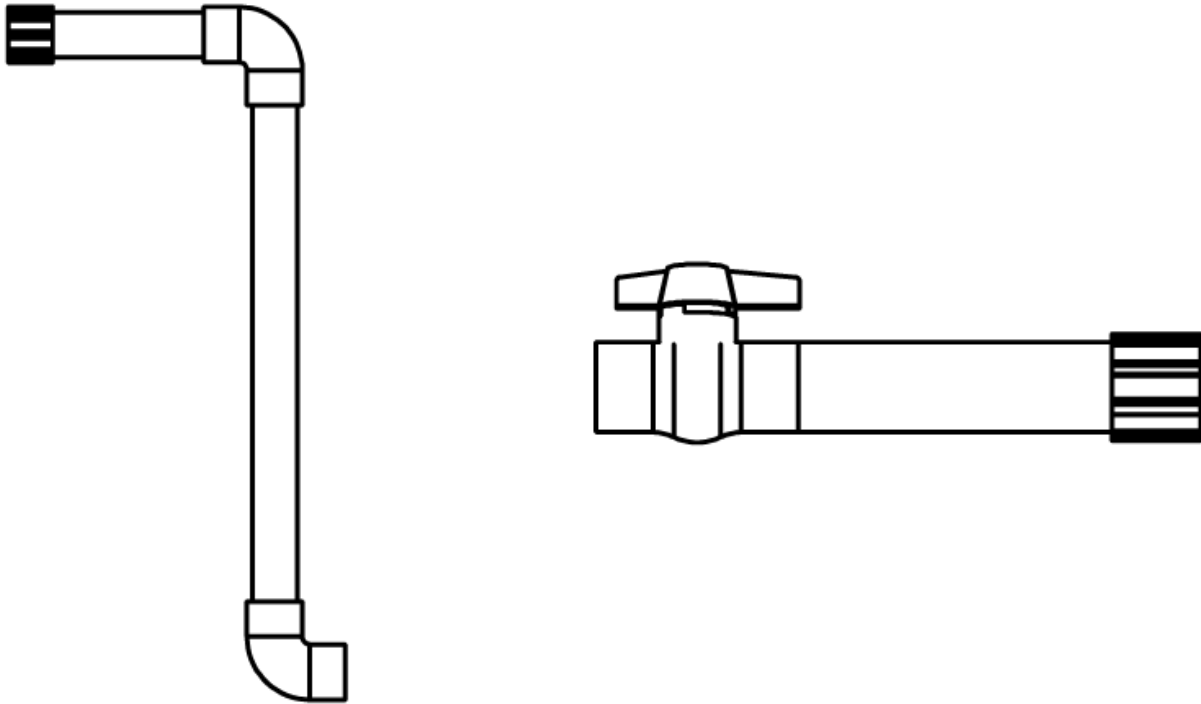
- Preferentemente no cambiar el orden de los materiales
- Verificar que se encuentre centrado el filtro

### 4.4.6 Instalación hidráulica

Para la instalación hidráulica se utilizan 2 tuberías, una de las tuberías cuenta con dos tuercas unión, esta se conecta entre el contenedor y el filtro, la segunda tubería cuenta con una tuerca unión en uno de sus extremos y una válvula esfera en el otro extremo, esta se conecta en la zona inferior trasera del dispositivo. Para el ensamble se enroscan las tuercas a los conectores presentes en la estructura.

**Figura 53**

*Conexiones del dispositivo*



Fuente: Elaboración propia (2023)

**Recomendaciones:**

- No utilizar herramientas para realizar los ensambles
- Enroscar con las manos
- Preferentemente recubrir con cinta teflón los coples antes de realizar las conexiones

**4.4.7 Funcionamiento**

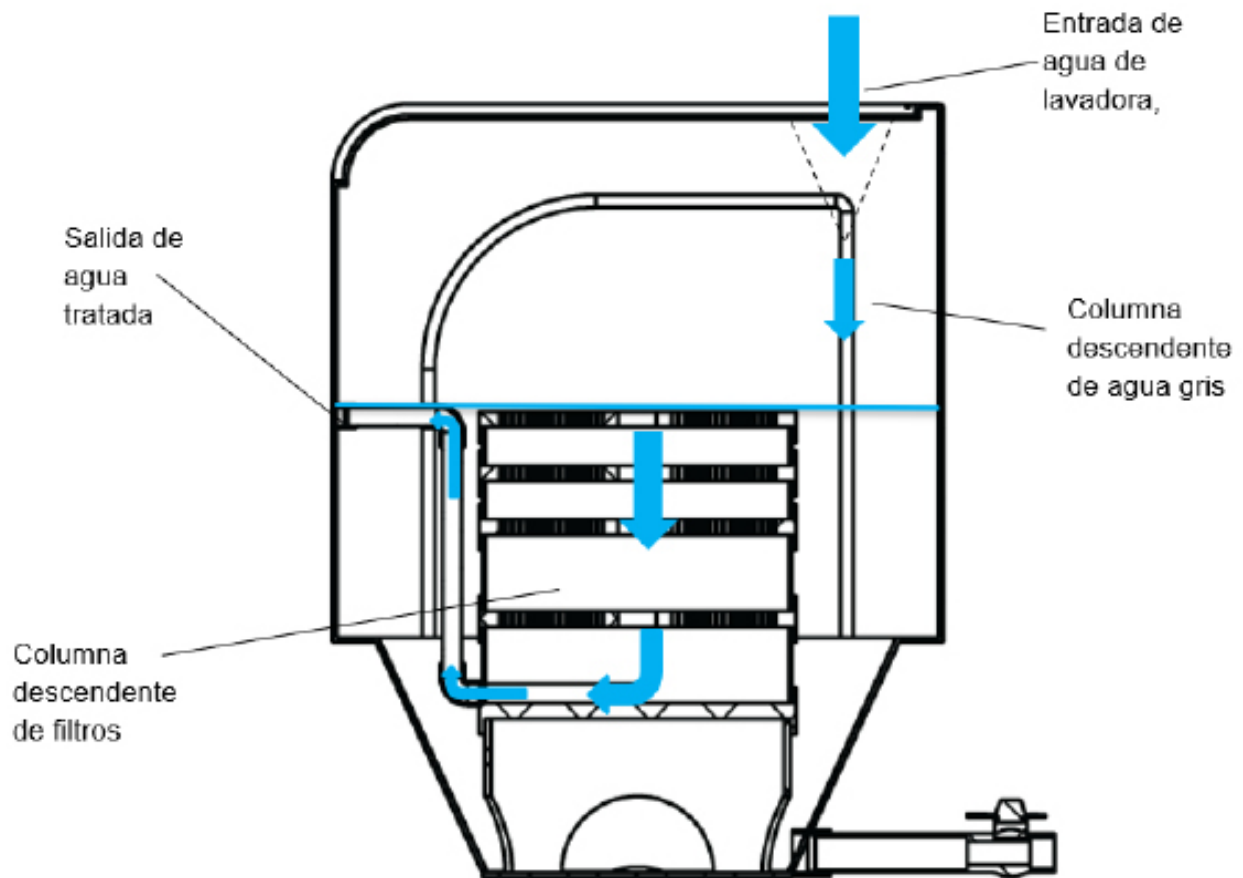
Al finalizar un ciclo de lavado se coloca la manguera de desagüe en la abertura que se encuentra en la tapa, el agua que ingresa al dispositivo pasa por una malla atrapa pelusas la cual funciona como filtro mecánico y permite atrapar las partículas de mayor tamaño

Mientras el contenedor se llena de agua, esta accede al filtro ubicado en la parte central por su zona superior, a medida que el agua sube de nivel esta atraviesa los materiales presentes en el filtro hasta llegar a la exclusiva de salida, donde sale ya tratada y lista para ser utilizada en actividades como el lavado de pisos, llenado de tanques de WC o riego de jardines.

Internamente los sólidos presentes en el agua se precipitan hacia el fondo debido a la acción de la gravedad, así mismo, los sólidos suspendidos totales que quedan atrapados en el filtro se precipitan de igual forma hacia abajo, creando una base de lodos en el fondo del contenedor.

## Figura 54

*Recorrido del agua dentro del dispositivo*



Fuente: Elaboración propia (2023)

### 4.4.8 Mantenimiento

Se debe realizar mantenimiento de acuerdo a lo estipulado por Ibarra N.E. (2016) cada que se observe una considerable reducción en el flujo del efluente de salida. Para llevar a cabo este mantenimiento, se procede a vaciar el agua contenida en el dispositivo, lo cual se logra abriendo la válvula esfera ubicada en la parte posterior del mismo. Una vez que se ha vaciado por completo el agua, se desconecta la tubería interior de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, separándola únicamente con la ayuda de las tuercas de unión. Una vez retirada la tubería, se procede a retirar el contenedor por secciones (**ver figura 52**).

Tras la remoción de las secciones, se vacía el material contenido en ellas. En este punto, existen dos opciones: se puede optar por lavar el material y reutilizarlo, o desecharlo y reemplazarlo con material nuevo.

Finalizado este proceso, se procede a ensamblar nuevamente el dispositivo, dejándolo listo para su uso. Es importante seguir estos pasos meticulosamente para garantizar el correcto funcionamiento y eficiencia del sistema.

## Recomendaciones

- En caso de obstrucciones abrir la exclusiva de lodos ubicada en la zona inferior para vaciar el dispositivo.
- No dejar el agua almacenada en el dispositivo por más de 4 días
- Para cambiar un material se debe desconectar la tubería que sirve como exclusiva de salida para el agua tratada.
- No maniobrar el dispositivo si cuenta con una carga de agua.
- No ingresar aguas que no sean provenientes de la lavadora o de un proceso de lavado de ropa al dispositivo.
- Colocar el freno de las ruedas cuando se desee colocar el dispositivo en una zona fija.
- Mantener cerrada la tapa durante el proceso de filtrado para evitar que accedan elementos externos al dispositivo.
- Para su mantenimiento completo abrir la válvula de lodos y vaciar todo el contenido antes de comenzar a maniobrar.
- Utilizar un cepillo o escobilla para limpiar todos los componentes



# Capítulo 5. Evaluación





## 5.1 Simulación mediante análisis de elemento finito

En la presente sección se realiza una evaluación de resistencia mediante el análisis de elemento finito del prototipo virtual 3D realizado en el capítulo anterior, mediante el uso de un software CAD 3D.

### 5.1.1 Determinación de fuerzas que actúan en el contenedor

Se determina la existencia de tres fuerzas que actúan sobre el dispositivo, la primera se trata del agua que se va a tratar, para este ejemplo se utiliza el supuesto de que el contenedor se encuentra en su capacidad máxima y el agua ha llegado hasta el rebosadero debido a una obstrucción, por lo que el proceso de filtración continuo se detiene y se comienza a aplicar una fuerza sobre el contenedor, aplicada por el agua.

Para calcular las fuerzas lo primero es determinar la capacidad del contenedor hasta ese punto, por lo que se realiza un cálculo del volumen interno del contenedor, para esto se aprecia que el contenedor cuenta con dos secciones principales, una con forma de prisma rectangular y otra con forma de tronco de pirámide cuadrado.

Para el cálculo del volumen interno del espacio correspondiente al prisma rectangular se utiliza la siguiente formula:

$$V = b \times l \times h$$

En donde:

**V**= volumen del prisma

**b** = Base = 0.394 m

**l** = largo = 0.394 m

**h** = altura = 0.254 m

$$V=0.394 \text{ m} \times 0.394 \text{ m} \times 0.254 \text{ m}$$

$$V=0.039429944 \text{ m}^3$$

Para la determinación del volumen correspondiente al tronco de pirámide se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = \frac{h}{3} \times (A_B + A_b \sqrt{A_B \times A_b})$$

En donde:

$V$  = volumen del tronco

$A_B$  = área de la base mayor = (0.34m x 0.34m) = 0.1156m<sup>2</sup>

$A_b$  = área de la base menor = (0.20m x 0.20m) = 0.04 m<sup>2</sup>

$h$  = altura = 0.15 m

$$V=0.15m/3 \times (0.1156m^2+0.04m^2+\sqrt{(0.1156m^2 \times 0.04m^2)})$$

$$V=0.05 m \times (0.1556m^2+\sqrt{(0.004624m^4)})$$

$$V=0.05 m \times (0.1556m^2+0.068m^2)$$

$$V=0.05 m \times (0.2236m^2)$$

$$V=0.01118m^3$$

Una vez determinados los volúmenes que actúan en el dispositivo, se suman:

$$V_T = V_1 + V_2$$

En donde:

$V_T$  = volumen total

$V_1$  = volumen del prisma = 0.0394 m<sup>3</sup>

$V_2$  = volumen del tronco = 0.01118 m<sup>3</sup>

$$V=0.039429944m^3 + 0.01118 m^3$$

$$V=0.05060994$$

El resultado se simplifica a 0.050 m<sup>3</sup>. Para determinar la fuerza aplicada, se multiplica el volumen por la densidad del agua gris para así obtener su masa. Dado que no se pudo encontrar datos específicos en la teoría, se asigna una densidad de 1001.2 Kg/m<sup>3</sup> considerando la cantidad máxima de sólidos totales que estas aguas suelen contener (**ver tabla 2**). Posteriormente, se multiplica por la gravedad para determinar la fuerza aplicada.

$$F = m \times g$$

En donde:

**F** = Fuerza aplicada

**m** = masa =  $(0.050 \text{ m}^3 \times 1001.2 \text{ Kg/m}^3) = 50.06 \text{ kg}$

**g** = fuerza de gravedad =  $9.81 \text{ m/s}^2$

$$F=50.06 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F=491.01886 \text{ N}$$

La segunda fuerza que actúa sobre el dispositivo es el peso de los materiales filtrantes, para el filtro se consideran 4 materiales, establecidos para el filtro BSF (**ver apartado 2.1.4**) que son, arena fina, zeolita, arena y grava.

### Figura 55

*Ejemplo de arena fina (malla No. 50).*



Fuente: Elaboración propia (2023)

**Figura 56**

*Ejemplo de arena (malla No.18).*



Fuente: Elaboración propia (2023)

**Figura 57**

*Ejemplo de grava (malla 5/16")*



Fuente: Elaboración propia (2023)

## Figura 58

*Ejemplo de Zeolita fina.*



Fuente: Genesis Water Tech (2019)

Para determinar el peso lo primordial es determinar la densidad de cada material, para esto se realizaron mediciones de los materiales a los que se tenía acceso, esto se realizó en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

## Figura 59

*Mediciones realizadas*



Fuente: Elaboración propia (2023)

Para la medición se utilizó una báscula y una jarra medidora, con la cual se determinó la masa contenida en 100 ml, este proceso de medición se repitió en cuatro ocasiones, y se calculó la media de los resultados obtenidos. El objetivo de repetir la medición y obtener un promedio fue asegurar un resultado más preciso y reducir posibles errores inherentes al proceso de muestreo.

**Tabla 21**

Resultados de la medición

Material	Tamaño de partícula	Masa contenida en 100 ml
		Resultado promedio
<i>Arena fina</i>	0.3 mm	123 g
<i>Grava</i>	7.5 mm	148.5 g
<i>Arena</i>	0.95 mm	161.25 g

Fuente: Elaboración propia (2023)

El resultado promedio se multiplico 10 veces para determinar la masa contenida en un 1L, dando como resultado que por cada litro se requiere 1.230 kg de arena fina, 1.485 kg de grava y 1.6125 kg de arena.

Los contenedores establecidos para la grava y la arena tienen una capacidad de 0.0015708 m<sup>3</sup> mientras que los contenedores establecidos para la zeolita y arena fina cuentan con capacidad de 0.0007854 m<sup>3</sup>; considerando que 1L es igual a 0.001 m<sup>3</sup>, se generaron reglas de tres para determinar la masa de cada material a capacidad máxima en el dispositivo.

Para la arena fina:

$$1.230 \text{ kg} \text{-----} 0.001 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{0.966042 \text{ kg} \text{-----} 0.0007854 \text{ m}^3}$$

Para la grava:

$$1.485 \text{ kg} \text{-----} 0.001 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{2.237895 \text{ kg} \text{-----} 0.001507 \text{ m}^3}$$

Para la arena:

$$1.6125 \text{ kg} \text{-----} 0.001 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{2.4300375 \text{ kg} \text{-----} 0.001507 \text{ m}^3}$$

Para el caso de la zeolita se consideraron valores establecidos en la teoría, Huanca P. et al (2018), establece que la densidad de la Zeolita es de 0.76 g/cm<sup>3</sup>, con este dato y conociendo que el material se encontrara en un contenedor de 0.0007854 m<sup>3</sup> x se determinó la masa contenida utilizando la siguiente operación:

$$m = \text{masa} = (0.0007854 \text{ m}^3 \times 2269 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{1.720896 \text{ Kg}}$$

Los resultados de la masa se suman, dando como total 7.3548705 kg, finalmente para conocer la fuerza aplicada, se realiza la siguiente operación:

$$F = m \times g$$

En donde:

**F** = Fuerza aplicada

**m** = masa = 7.3548705 kg

**g** = fuerza de gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$$F=7.3548705 \text{ kg} \times 9.81\text{m/s}^2$$

$$F=72.15127961 \text{ N}$$

La tercera fuerza considerada, es el peso de los elementos que componen el dispositivo, se consideran cuatro elementos, el primero es el filtro sin su base que tiene una masa de 2.45 kg.

$$F = m \times g$$

En donde:

**F** = Fuerza aplicada

**m** = masa = 2.45 kg

**g** = fuerza de gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$$F=2.45 \text{ kg} \times 9.81\text{m/s}^2$$

$$F=24.0345 \text{ N}$$

El segundo elemento a considerar es el filtro completo, con una masa de 2.65. La razón por la que se tienen dos mediciones del filtro es porque la primera es necesaria para el análisis de la base.

$$F = m \times g$$

En donde:

**F** = Fuerza aplicada

**m** = masa = 2.65 kg

**g** = fuerza de gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$$F=2.65 \text{ kg} \times 9.81\text{m/s}^2$$

$$F=25.9965 \text{ N}$$

El tercer elemento a considerar es el contenedor, el cual tiene una masa de 2.57 kg.

$$F = m \times g$$

En donde:

**F** = Fuerza aplicada

**m** = masa = 2.57 kg

**g** = fuerza de gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$$F=2.57 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F=25.2117 \text{ N}$$

Finalmente se considera el peso de las tuberías, estas tienen una masa de 0.20 Kg.

$$F = m \times g$$

En donde:

**F** = Fuerza aplicada

**m** = masa = 0.2 kg

**g** = fuerza de gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$$F=0.20 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F=1.962 \text{ N}$$

Para el análisis del filtro de la base se consideran las fuerzas correspondientes a los materiales filtrantes y el peso parcial del filtro, ambos resultados se suman dando un total de **96.1857796 N**.

Correspondiente al análisis del contenedor, se contemplan las fuerzas aplicadas del filtro completo, los materiales, el agua y las tuberías, al sumar estas fuerzas se tiene como resultado **591.1286397 N**.

Finalmente, para el análisis de la base de perfil cuadrado 1" C-18 se consideran los elementos estipulados para el contenedor y agregándole el peso del contenedor, dando como resultado **616.3403396 N**.

### 5.1.2 Simulación

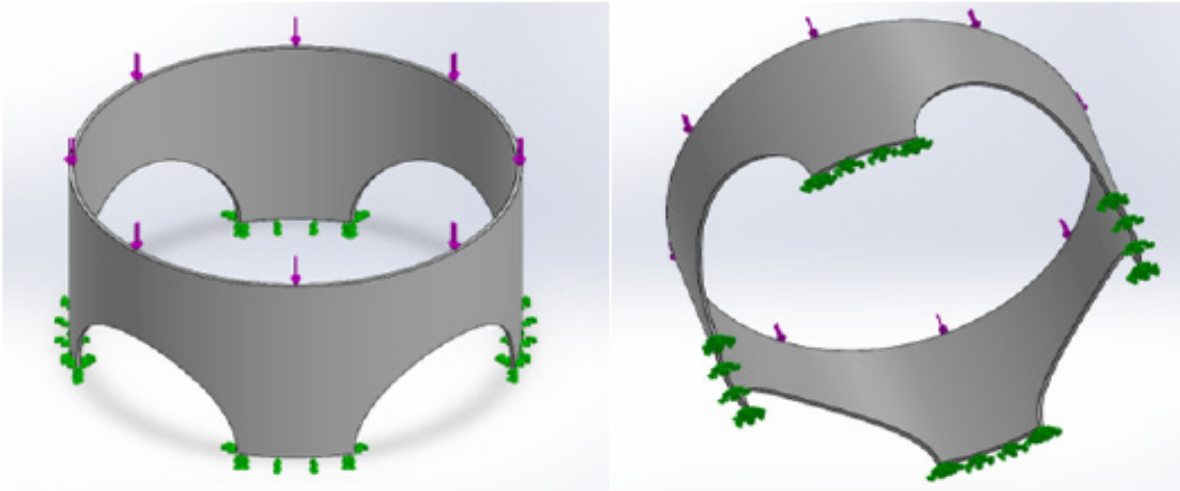
El filtro es el elemento que se encarga de almacenar los materiales granulométricos, el filtro cuenta con una base la cual carga todo el peso de los materiales; para poder verificar que esta base cuenta con la capacidad de soportar este peso sin inconveniente se realiza un análisis estático. En la sección anterior se estipula que la fuerza aplicada en la base

Para realizar el estudio se utilizó el modelo de la base, a este se le asignaron sujeciones fijas representadas con las flechas de color verde; en el apartado 5.1.1 se determinó que la fuerza aplicada en este elemento es de 96.1857796 N, con este dato se establecen las cargas las cuales están representadas con flechas moradas.



**Figura 60**

*Cargas y sujeciones en el modelo de la base de filtro.*

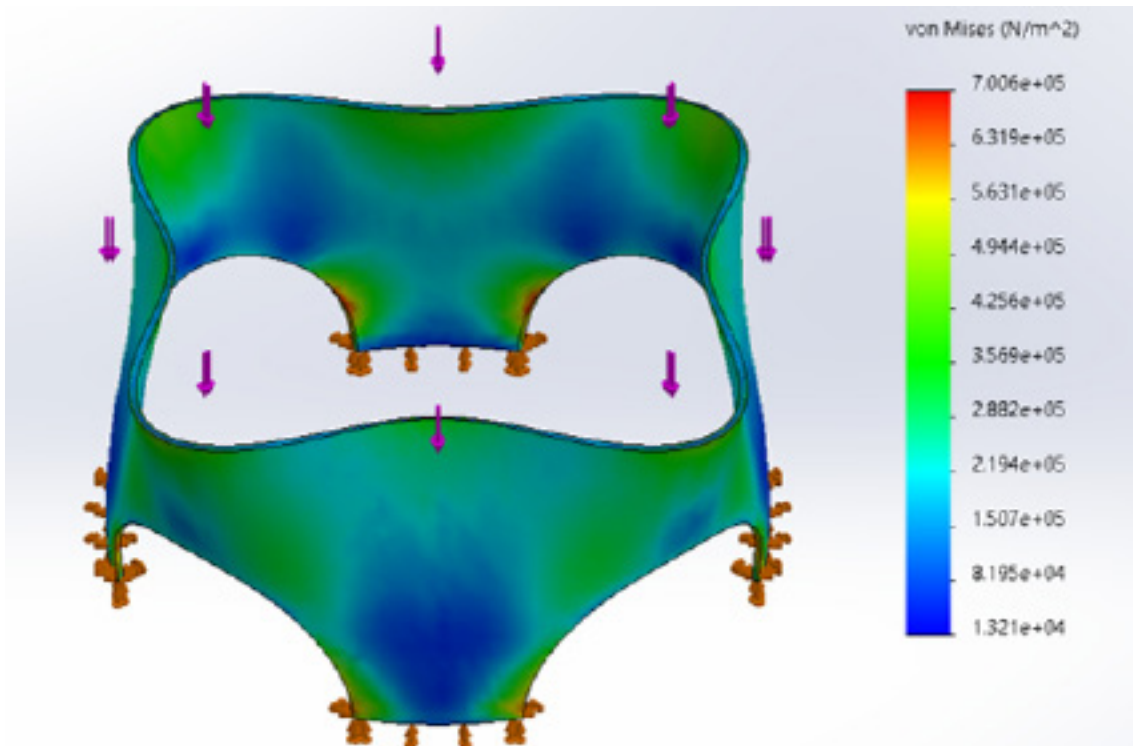


Fuente: Elaboración propia (2024)

Una vez establecidas las sujeciones y cargas se ejecutó el estudio, dando como resultado que la base está sometida a tensiones de 81,950 Pa a 700,600 Pa.

**Figura 61**

*Análisis estático de tensión de la base*



Fuente: Elaboración propia (2024)

Se aprecia que existen zonas marcadas de color rojo, para poder determinar si estas representan un problema se realizó un cálculo de Factor de seguridad (FS), se trata de un parámetro utilizado en el diseño mecánico para evaluar la capacidad de un componente o sistema para soportar cargas o esfuerzos sin sufrir fallas o deformaciones permanentes. La fórmula para determinar el FS es la siguiente:

$$FS = \frac{\sigma \textit{ Ultimo}}{\sigma \textit{ admisible}} < 1$$

En donde:

**FS** = Factor de seguridad (este debe ser inferior a 1).

**$\sigma$  Ultimo** = Tensión máxima.

**$\sigma$  admisible** = Limite elástico.

El material establecido para la base es PVC rígido, el cual tiene un límite elástico se 2,410,000,000 Pa.

$$FS = \frac{\sigma \textit{ Ultimo}}{\sigma \textit{ admisible}} < 1$$

En donde:

**FS** = Factor de seguridad (este debe ser inferior a 1).

**$\sigma$  Ultimo** = 700,600 Pa.

**$\sigma$  admisible** = 2,410,000,000 Pa.

$$FS = (700,600 \text{ Pa}) / (2,410,000,000 \text{ Pa})$$

$$FS = 2.9 \times 10^{-4}$$

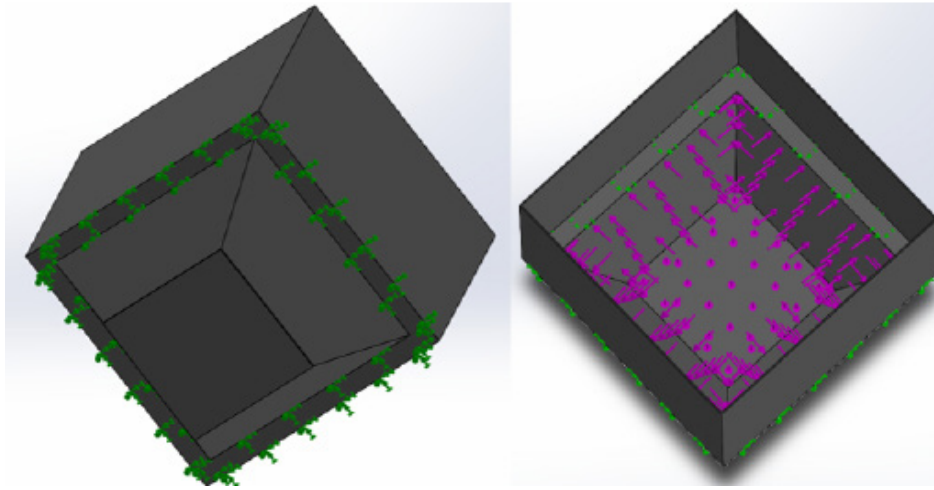
El resultado obtenido queda muy por debajo del límite (1), por lo que es correcto inferir que la base soporta los materiales sin inconvenientes.

El contenedor es un elemento fundamental en el dispositivo, ya que, este se encarga de contener y almacenar el filtro, así como el agua destinada a ser filtrada, todo en un espacio que se encuentra estático, por lo que realizar una simulación de elemento finito apoyados de un software de modelación CAD 3D, es importante para verificar la capacidad del contenedor de soportar sin inconvenientes tanto la presencia del filtro como la carga del agua, garantizando así su integridad estructural y funcionalidad óptima.

En la sección anterior se estipula una fuerza de 591.1286397 N que actúa sobre el contenedor, con este dato se establecen las sujeciones fijas en el modelo, representadas con flechas color verde y que se encuentran en las pestañas donde reposa el contenedor sobre la base, así como, las áreas que soportaran la carga, representada con flechas rojas.

## Figura 62

*Cargas y sujeciones en el modelo del contenedor.*



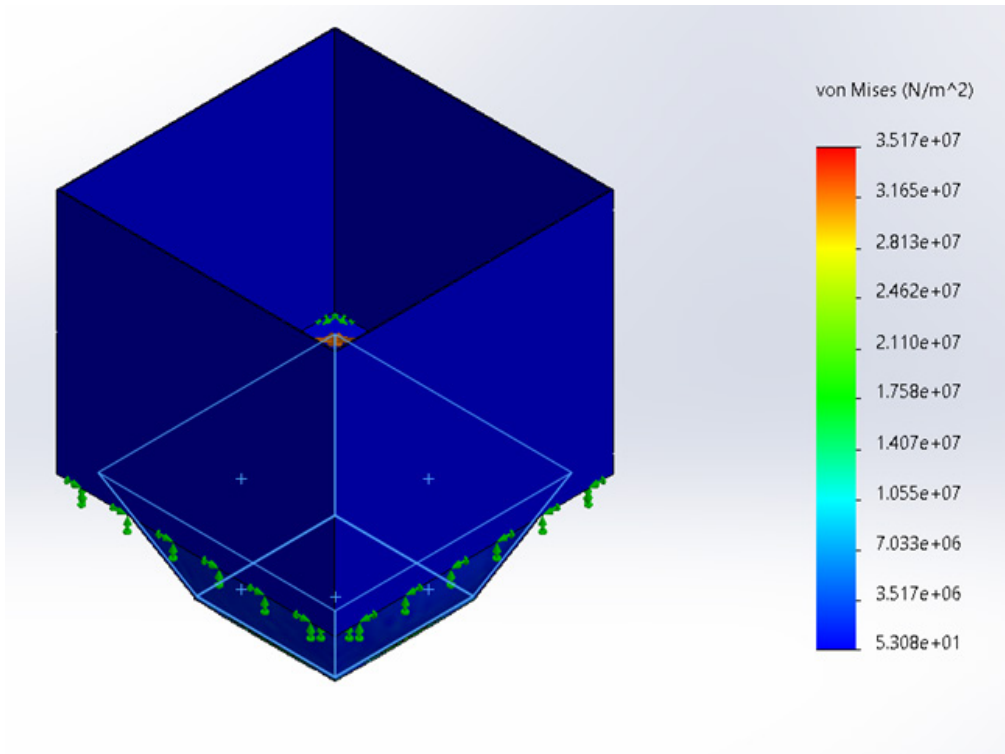
Nota: Para una mejor apreciación se eliminan los elementos curvos en el modelo, esto no afecta los resultados del estudio. Fuente: Elaboración propia (2023)

Posteriormente se ejecutó el estudio de análisis estático, dando como resultado las tensiones a las que está sometido el contenedor. Se puede apreciar que la tensión a la que se encuentra sometida se encuentra entre 53.08 Pa hasta los 35,170,000 Pa.

El programa de simulación CAD 3D no muestra el límite elástico que puede soportar el contenedor, sin embargo Allende S.P. y Arriagada P. (2013) es su informe presentado para la facultad de ciencias físicas y matemáticas en la universidad de Chile, titulado "Polietileno de baja y alta densidad", establecen que el límite elástico de el Polietileno de alta densidad es de 2,332,000,000 Pa.

**Figura 63**

*Análisis estático de tensión del contenedor*



Fuente: Elaboración propia (2024)

Con los datos estipulados previamente se calculó el FS, obteniendo los siguientes resultados:

$$FS = \frac{\sigma_{Ultimo}}{\sigma_{admisible}} < 1$$

En donde:

**FS** = Factor de seguridad (este debe ser inferior a 1).

**$\sigma_{Ultimo}$**  = 35,170,000 Pa..

**$\sigma_{admisible}$**  = 2,332,000,000 Pa.

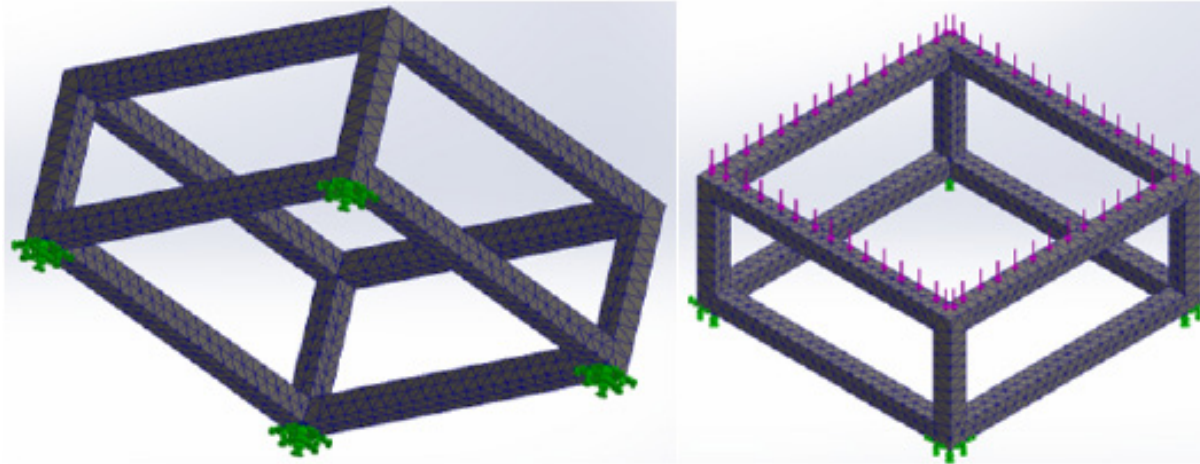
$$FS = (35,170,000 \text{ Pa}) / (2,332,000,000 \text{ Pa})$$

$$FS = 0.015$$

La base es el tercer elemento que se somete a un estudio, esta cumple la función de sostener el contenedor en una zona fija y cargar con todo este peso del mismo, para la base se estipula una fuerza de 616.3403396 N, que se ejerce sobre la misma, para el estudio se establecen las sujeciones fijas en el modelo, representadas con flechas color verde y que se encuentran en la zona inferior donde se colocan las ruedas y las áreas que soportarían la carga, representada con flechas moradas, siendo la zona donde reposa el contenedor.

**Figura 64**

*Cargas y sujeciones en el modelo de la base.*

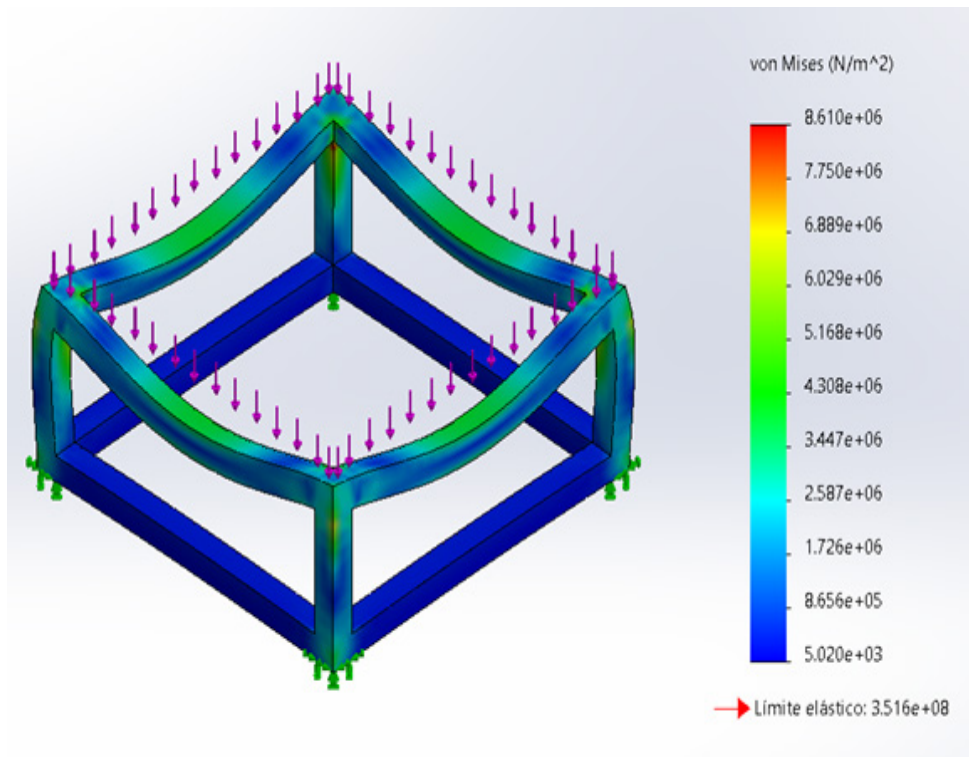


Fuente: Elaboración propia (2024)

Una vez configurados los parámetros se ejecutó el estudio, arrojando como resultado las tensiones a las que se encuentra sometida la base, con unos valores de entre los 8,610,000 Pa hasta los 5020 Pa.

**Figura 65**

*Análisis estático tensión nodal del contenedor*



Fuente: Elaboración propia (2023)

El límite elástico que soporta la base es de 351,600,000 Pa con estos datos se calculó el FS.

$$FS = \frac{\sigma \textit{ Ultimo}}{\sigma \textit{ admisible}} < 1$$

En donde:

**FS** = Factor de seguridad (este debe ser inferior a 1).

**$\sigma$  Ultimo** = 8,610,000 Pa.

**$\sigma$  admisible** = 351,600,000 Pa

$$FS = (8,610,000 \text{ Pa}) / (351,600,000 \text{ Pa})$$

$$FS = 0.0244$$

El resultado obtenido es inferior a 1, por lo que es acertado inferir que la base soporta sin problemas.

### 5.2.3 Interpretación de resultados obtenidos

Al realizar los estudios se verifica que la factibilidad y eficacia del dispositivo en términos mecánicos queda respaldada de manera satisfactoria con los datos obtenidos en el análisis de elemento finitos, ya que, la capacidad demostrada para soportar las fuerzas aplicadas, tanto en el contenedor como en la base, validando de esta forma la eficacia de los materiales seleccionados para la fabricación del dispositivo.

Además, el análisis proporciona la oportunidad de evaluar la forma específica elegida para el dispositivo. Los resultados obtenidos indican que la configuración seleccionada no tiene repercusiones negativas en la integridad estructural del dispositivo. Esta observación es importante, debido a que valida no solo la selección de materiales sino también el diseño geométrico, enfatizando la integridad y eficiencia del dispositivo en conjunto.

## Conclusiones.

El presente trabajo de investigación describe el proceso de desarrollo de una propuesta de dispositivo destinado a aprovechar el agua resultante del ciclo de lavado, mediante la implementación de tecnologías de filtrado por arenas/granulometría. Para llevar a cabo esta investigación, se adoptó la metodología propuesta por Ulrich y Eppinger, abordando los primeros cinco pasos de dicha metodología de manera integral, asimismo, se establecieron objetivos y metas claras desde el inicio del proyecto, los cuales se pudieron cumplir satisfactoriamente.

Al inicio de la presente, se realizaron investigaciones sobre los antecedentes del tema con el propósito de crear un planteamiento de problema y generar una justificación sólida para la investigación, la cual puede ser resumida a la importancia de desarrollar tecnologías que posibiliten el reaprovechamiento del agua, dado que este recurso ha experimentado una creciente escasez en los últimos años, tanto así que la preocupación por la disponibilidad de agua se ha convertido en una realidad palpable y de interés general, esto queda establecido gracias a las encuestas llevadas a cabo como parte de este estudio.

Las encuestas realizadas desempeñaron un papel fundamental al establecer un perfil de usuario y determinar necesidades iniciales del dispositivo. No obstante, para identificar exhaustivamente todas las necesidades, se llevó a cabo una investigación más profunda, cuyos resultados se detallan en el segundo capítulo, destacando de este capítulo el análisis de sistemas que implementan tecnologías de filtros granulométricos de manera única según las necesidades detectadas, validando la viabilidad de utilizar estas tecnologías.

En el tercer capítulo se identificaron y jerarquizaron las necesidades, proporcionando la base para la concepción de propuestas, las cuales fueron sometidas a una evaluación comparativa, para verificar su aplicación a las necesidades planteadas.

En el cuarto capítulo, se procedió al desarrollo del dispositivo, caracterizado principalmente por un diseño fundamentado en formas prismáticas simples, cada una con una función específica. Las dimensiones del dispositivo fueron meticulosamente calculadas para permitir el almacenamiento y tratamiento adecuado de los volúmenes de agua gris establecidos.

El dispositivo se distingue por su estilo minimalista, inspirado en los electrodomésticos modernos, lo que le permite integrarse armónicamente en el entorno donde estará presente.

Con todas los parámetros previamente vistos, se construyó un modelo 3D con ayuda de un programa de modelación CAD, para la realización de este, se modeló cada pieza individual presente en el dispositivo para posteriormente ensamblarla y generar los planos correspondientes, así como un manual de uso.

Finalmente, se sometió el modelo a evaluaciones de resistencia mediante un análisis de elemento finito, para poder confirmar su capacidad de soportar las cargas previstas, este análisis concluyó de manera satisfactoria, validando la efectividad en terminos de resistencia mecanica del dispositivo propuesto.

Al realizar todas estas actividades se puede afirmar que se cumplieron de manera satisfactoria las metas y objetivos establecidos.

La elaboración de este trabajo representa la culminación y la manifestación tangible de los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación como Ingeniero en Diseño, este documento contiene plasmado parte de los aprendizajes y experiencias adquiridas durante esta formación, sirviendo como un testimonio de la capacidad de aplicar los principios fundamentales de la ingeniería en diseño.

El culminar este proyecto me deja la satisfacción de poder demostrar los conocimientos que se adquirieron, dando fe de que en todo momento que la institución brindo una educación de calidad.

Así, la realización de este trabajo no solo refleja la aplicación de habilidades técnicas y conceptuales, sino también la capacidad para generar soluciones que, además de ser funcionales y estéticamente atractivas, se alinean con las expectativas y requisitos específicos del usuario.



# Referencias



Agencia Europea de Medio Ambiente (2018), *Uso del agua en los hogares* [Infografía], <https://www.cienciasambientales.com/es/noticias-ambientales/infografia-senales-uso-agua-hogares-17122>

Aguilar L., Ana C., Blanco S., Henry A y Víctor H. (2013). *CONSUMO DE AGUA EN ACTIVIDADES DOMÉSTICAS. CASO DE ESTUDIO: ESTUDIANTES DE LA ASIGNATURA SANEAMIENTO AMBIENTAL DE LA UCV* [Artículo] Revista de la facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, (PP 51-56) <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v29n1/art07.pdf>

Alcocer, P., Cuba, M.B. y Pacheco, M. (2019). *Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales – Ate Vitarte*, [Artículo], Revista de investigación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/17287/14543/60183>

Allende S.P. y Arriagada P. (2013), *Polietileno de baja y alta densidad*. [Informe], Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile. <https://silo.tips/download/polietileno-de-alta-y-baja-densidad>

AMAI (2022), *Nivel Socioeconómico*, AMAI 2022, [Nota Metodológica], México. [https://www.amai.org/descargas/Nota\\_Metodologico\\_NSE\\_2022\\_v5.pdf](https://www.amai.org/descargas/Nota_Metodologico_NSE_2022_v5.pdf)

Ángel J. (2015). *EL CONCEPTO DE LA FILTRACIÓN*. <https://socav.com/el-concepto-de-la-filtracion/>

Arqhys Blog (2013). *Parte de una lavadora*, [Blog]. [https://www.arqhys.com/decoracion/parte\\_de\\_una\\_lavadora.html](https://www.arqhys.com/decoracion/parte_de_una_lavadora.html)

Arqhys Blog (2013). *Que es una lavadora*, [Blog]. <https://www.arqhys.com/blog/que-es-una-lavadora.html>

Asociación Española de Empresas del Sector del Agua (AQUA España; 2018), *AGUAS GRISAS: ORIGEN, COMPOSICIÓN Y TECNOLOGIAS PARA SU RECICLAJE*. [Artículo], [https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora\\_08-Grisas\\_origen.pdf](https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grisas_origen.pdf)

Banco de México (2022). *Sequía en México y su Potencial Impacto en la Actividad Económica* [Artículo], <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/recuadros/%7B3A0127A1-D0C9-7D61-C9AE-E57E127FB39B%7D.pdf>

BBVA (2023). *¿Cómo cuidar el agua en casa?* [Blog], México <https://www.bbva.mx/educacion-financiera/blog/como-cuidar-el-agua-en-casa.html>

Bosch (2017). *Lavadora de carga frontal vs. carga superior: ¿Qué diferencia hay?* [Blog]. <https://innovacionparatuvida.bosch-home.es/electrodomesticos/lavadoras-secadoras/lavadora-de-carga-frontal-vs-carga-superior-que-diferencia-hay/>

Bruni, M. y Spuhler, M. (s. f.). *Filtración rápida de arena* [Blog], Suiza. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/filtraci%C3%B3n-r%C3%A1pida-de-arena>

Castañeda A.M., Gil J.A., Zahira M. *Comportamiento mecánico a tracción del compuesto polietileno de alta densidad y polipropileno reciclado*, [Artículo] Universidad Surcolombiana, Colombia. <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2020/12/Articulo4-RADI16.pdf>

CENEAM (2015). *¿Cuánta agua se consume en un hogar? (y en qué)*. [Programa de educación ambiental], Madrid, España [https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/hogares-verdes/preguntas\\_hv.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/hogares-verdes/preguntas_hv.aspx)

CONAGUA (2017). *Las propiedades del agua* [Blog], México. <https://www.iagua.es/noticias/mexico/conagua/17/05/16/propiedades-agua>

CONAGUA (2019). *Estadísticas del agua en México, Capítulo 3.1 Clasificación de los usos del agua* [Libro], (PP 59) [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf)

CONAGUA (2019). *Estadísticas del agua en México, Capítulo 7. Escenarios Futuros* [Libro], (PP 153- 159). [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf)

CONAGUA y SEMARNAT (2015). *Cuidemos y valoremos el agua que mueve a México* [Documento], México. [https://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/carrera\\_agua\\_2015.pdf](https://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/carrera_agua_2015.pdf)

CONAGUA y SEMARNAT (s.f.). *Normas Oficiales Mexicanas* [Libro], México <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/sgaa-15-13.pdf>

Cruz, A., Erazo, J. & Silva, D. (2012). *Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial. Revista Ingenierías Universidad de Medellín* *Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial*. [Revista Ingenierías], Universidad de Medellín, 11(21), 23-38. <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/download/595/536/>

Díaz, J.J. y Ramírez, L.Y. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento de y reutilización del agua de lavadora aplicado para hogares de Bogotá D.C.* [Monografía para optar por título de ingeniero(a) de producción] Facultad de tecnología. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3140>

Eco – Intellutions. (2019). *Tipos de Aguas Residuales, ¿cuántos existen y qué contienen?* [Post], México <https://ecointell.com.mx/plantas-de-tratamiento-de-agua/tipos-de-aguas-residuales-cuantos-existen-y-que-contienen>

El Confidencial (2020). *Lavadoras de carga frontal o de carga superior: ¿cuál elegir?* [Artículo]. [https://www.elconfidencial.com/decompras/2020-05-11/lavadoras-carga-frontal-o-superior-cual-elegir\\_2002686/](https://www.elconfidencial.com/decompras/2020-05-11/lavadoras-carga-frontal-o-superior-cual-elegir_2002686/)

Flórez, G. (2017). *Filtros lentos de arena: una alternativa de depuración de agua en pequeñas comunidades.* [Blog], España. <https://www.iagua.es/blogs/gustavo-florez/filtros-lentos-arena-alternativa-depuracion-agua-pequenas-comunidades>

Fluence (2020), *¿Qué es la filtración del agua con carbón activado?* [Blog], Zaragoza, España. <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/que-es-la-filtracion-del-agua-con-carbon-activado-7n7jV>

Ghaitidak, D. y Yadav, K. (2013). *Characteristics and treatment of greywater*, [Review], National Institute of Technology (SVNIT), Surat, 395007, Gujarat, India, [Characteristics and treatment of greywater—a Review | SpringerLink](#)

GMX Seguros (2022). *¿Qué actividades consumen más agua en el hogar?* [Blog], México. <https://www.gmx.com.mx/blog-gmx/%C2%BFqu%C3%A9-actividades-consumen-m%C3%A1s-agua-en-casa.html>

Gobierno de México (2020). *La composición de las familias y hogares mexicanos se ha transformado en décadas recientes como resultado de cambios demográficos y sociales*, [Artículo], México <https://www.gob.mx/conapo/articulos/la-composicion-de-las-familias-y-hogares-mexicanos-se-ha-transformado-en-las-recientes-decadas-como-resultado-de-cambios-demograficos?idiom=es#:~:text=El%20tama%C3%B1o%20promedio%20del%20hogar,jefe%20alcanza%20los%2049.8%20a%C3%B1os.>

Gobierno de México (2022). *La importancia del agua y su disponibilidad. Recomendaciones para su cuidado*, [Web de aprendizaje en casa], México <https://aprendeencasa.sep.gob.mx/primaria/la-importancia-del-agua-y-su-disponibilidad-recomendaciones-para-su-cuidado/>

Guemisa S.L. (s.f.). *Oxígeno Disuelto. Sensores e instrumentaria*, Rivas Vaciamadrid, [Documento.], Madrid. [https://guemisa.com/articulos/que%20es%20oxigeno\\_disuelto.pdf](https://guemisa.com/articulos/que%20es%20oxigeno_disuelto.pdf)

Heraldo de México (2022). *Las 10 mejores lavadoras según PROFECO 2022 en México; marcas y precios*, [Artículo], México. <https://oaxaca.heraldodemexico.com.mx/nacional/2022/11/15/las-10-mejores-lavadoras-segun-profeco-2022-en-mexico-marcas-precios-5111.html>

Huerta. G, Jiménez. E.D., y Prado, Z.E. (2011). *Sistema Automático Recuperador de Aguas Pluviales y Aguas Grises* [Tesis para obtención de título profesional]. Escuela Superior de Ingeniería mecánica y eléctrica. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10562/72.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ibarra B. (2023). *¿Cuál es la mejor marca de lavadoras según la PROFECO?*, [Artículo], México. <https://hellosafe.com.mx/seguro-hogar/lavadoras-profeco>

Ibarra, N. E. (2016). *Análisis de filtros caseros como técnica de potabilización del agua en el sector rural colombiano*. [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/6228>

IMTA (2011), *Un grifo goteando desperdicia más de la mitad del agua que necesita una persona*, [Post], México, [http://atl.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3420:un-grifo-goteando-desperdicia-mas-de-la-mitad-del-agua-que-necesita-una-persona-&catid=121:cultura-del-agua&Itemid=486#:~:text=Tener%20un%20grifo%20goteando%20durante,para%20cubrir%20sus%20necesidades%20b%C3%A1sicas.](http://atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=3420:un-grifo-goteando-desperdicia-mas-de-la-mitad-del-agua-que-necesita-una-persona-&catid=121:cultura-del-agua&Itemid=486#:~:text=Tener%20un%20grifo%20goteando%20durante,para%20cubrir%20sus%20necesidades%20b%C3%A1sicas.)

INEGI (2018). *PRIMERA ENCUESTA NACIONAL SOBRE CONSUMO DE ENERGÉTICOS EN VIVIENDAS PARTICULARES (ENCEVI)*, [Comunicado de prensa], México <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/EstSociodemo/ENCEVI2018.pdf>

Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (2018). *¿El equilibrio del pH en el organismo?*, [Artículo], Gobierno de México. <https://www.gob.mx/issste/articulos/el-equilibrio-del-ph-en-el-organismo?idiom=es>

Ivelic B. (2015). *HDPE, Polietileno de Alta Densidad*. [Clase Construcción y Estructura Náutica], Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile [https://wiki.ead.pucv.cl/images/d/d4/Clase\\_3\\_construcci%C3%B3n\\_1\\_n%C3%A1utica\\_2015\\_HDPE.pdf](https://wiki.ead.pucv.cl/images/d/d4/Clase_3_construcci%C3%B3n_1_n%C3%A1utica_2015_HDPE.pdf)

La Wash (s. f.). *Diferencias entre una lavadora industrial y una doméstica*, [Post]. <https://lawash.es/diferencias-entre-una-lavadora-industrial-y-una-domestica/#:~:text=Las%20lavadoras%20dom%C3%A9sticas%20est%C3%A1n%20pensadas,a%2014%20horas%20al%20d%C3%ADa.>

Lamundi (2019). *¿Cuánto mide en promedio una vivienda en México?* [Diario], México <https://www.lamudi.com.mx/journal/cuanto-mide-en-promedio-una-vivienda-en-mexico/>

Martínez, F. (2022). *LO QUE NECESITAS SABER SOBRE UNA LAVADORA INDUSTRIAL Y SU USO* [Artículo], Bogotá <https://aprende.lavanti.com/aprender-con-lavanti/lo-que-necesitas-saber-sobre-una-lavadora-industrial-y-su-uso#:~:text=Las%20lavadoras%20Industriales%20son%20equipos,agua%20energ%C3%ADa%20y%20productos%20qu%C3%ADmicos.>

Mazarí, M. (2023), *El agua como recurso* [Revista de divulgación de ciencia] ¿Cómo ves? UNAM, México <https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/54/el-agua-como-recurso>

Ministerio de medio ambiente y aguas (2000). *Libro blanco del agua en España, Capítulo 3.2. LA CALIDAD DE LAS AGUAS*, [Libro], pp 205. [https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3\\_part2\\_Libro\\_blanco\\_del\\_agua.pdf](https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2_Libro_blanco_del_agua.pdf)

Murcia M.L., Calderón O.G. y Díaz J.E. (2013). *Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo*, Tecno Lógicas, vol. 17, no. 32, pp. 57-65. <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344233949006.pdf>

Nghiem, D.L., Oschmann, N. y Schäfer, A.I. (2006). *Fouling in greywater recycling by DirectX ultrafiltration*, [Document Version], Australia, [https://www.pure.ed.ac.uk/ws/files/4183243/Nghiem\\_Greywater\\_ERA.pdf](https://www.pure.ed.ac.uk/ws/files/4183243/Nghiem_Greywater_ERA.pdf)

Orozco, C. B. (2022). *3 tipos de Filtración de agua más comunes y sus aplicaciones*. [Tienda en línea], Jalisco, México <https://filtrashop.com/3-tipos-de-filtracion-de-agua-mas-comunes-y-sus-aplicaciones/>

Palsa (s.f). *FICHA TECNICA ACERO INOXIDABLE* [ficha técnica], Cartagena, Murcia, España. [https://www.e-palsa.com/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=99](https://www.e-palsa.com/index.php?controller=attachment&id_attachment=99)

Parque Explora. (s. f.). *Filtrar el agua* [Blog], Medellín, Colombia. <https://www.parque-explora.org/aprende/filtrar-el-agua>

PROFECO (2013). *Estudio de calidad*, [Revista de consumidor], México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100438/RC435\\_Estudio\\_Lavadoras\\_Automaticas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100438/RC435_Estudio_Lavadoras_Automaticas.pdf)

PROFECO (2018). *Grandes electrodomésticos: lavadoras*, [Documentos de gobierno], México. <https://www.gob.mx/profeco/documentos/grandes-electrodomesticos-lavadoras?state=published>



Profeco (2019). *El laboratorio Profeco informa: Lavadoras Automáticas*. [Revista del consumidor] México (PP 44-53). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/426684/ESTUDIO\\_DE\\_CALIDAD\\_LAVADORAS\\_AUTOMATICAS\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/426684/ESTUDIO_DE_CALIDAD_LAVADORAS_AUTOMATICAS_.pdf)

Rotoplas (2013), *Biodigestor Autolimpiable*. Manual de instalación y mantenimiento 4a. Edición. <https://rotoplas.com.mx/rtp-resources/productos/biodigestor/biodigestor-manual.pdf>

Rotoplas (2017). *6 usos del agua en la vida cotidiana* [Blog], México <https://fandelagua.com/6-usos-del-agua-en-la-vida-cotidiana/>

Rotoplas (2022). *¿Qué es un filtro de agua y por qué es importante utilizarlo?* [Blog], México <https://fandelagua.com/que-es-un-filtro-de-agua-y-por-que-es-importante-utilizarlo/>

Salas, J.J. (2020), *El modesto tanque Imhoff: fundamentos y diseño* [Blog], España <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/modesto-tanque-imhoff-fundamentos-y-diseno>

Secretaria de comercio y fomento industrial (2000). *ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-004-1977)*, [Normativa], México. <https://aniq.org.mx/pqta/pdf/nmx-aa-fisicos.pdf>

Semarnat (2018). *Informe del medio ambiente, Agua*, [Informe], Balance hídrico nacional <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap6.html#tema1>

SINA (2019), *Clasificación de los usos del agua*, [Publicación], México <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua>

Soto, J. (2021). *¿Cómo afecta el cambio climático el acceso al agua?*, [Noticia] Greenpeace, México <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/9460/como-afecta-el-cambio-climatico-el-acceso-al-agua/#:~:text=Se%20estima%20que%20por%20cada.de%20la%20organizaci%C3%B3n%20Un%20Water.>

Suárez, L.B. (2010). *Tratamiento de Aguas Grises Mediante un Sistema Híbrido con Membranas*, [Tesis de Maestría]. Programa de graduados en ingeniería. [https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/570513/DocsTec\\_11454.pdf?sequence=12](https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/570513/DocsTec_11454.pdf?sequence=12)

Truque, P. A. (2012). *ARMONIZACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE AGUA POTABLE EN LAS AMÉRICAS*, [Ensayo]. <https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>

Valdivieso A. (2022). *¿Qué es el agua?* [Blog], España <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>

Viga (2023). *¿Qué son las tuberías PVC?* [Blog] Monterrey, México. <https://www.vigafreterera.com/blog/que-son-las-tuberias-pvc/>

Yerner, T.C. (2020). *Sistema de recolección, filtrado y reutilización de aguas de lavadoras en la Urb. Casuarinas* [Tesis para obtener título profesional]. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56562>

Zarza L.F. (2022), *¿Cuántos tipos de agua hay?* [Blog], España <https://www.iagua.es/respuestas/cuantos-tipos-agua-hay>

Zarza L.F. (2022), *¿Qué son las aguas grises?* [Blog], España <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-grises>

Zarza L.F. (2022), *¿Qué son las aguas residuales?* [Blog], España <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

# Anexos



## Anexo 1

### **Encuesta sobre comportamientos durante el proceso de lavado**

Se realizó una encuesta a los habitantes del Fraccionamiento Fovissste, tercera sección, con la finalidad de recabar información necesaria para comprender de mejor manera el proceso de lavado de los usuarios, así como algunos vicios que presentan a la hora de realizar esta actividad y descubrir los equipos que más utilizan.

Para poder llevarla a cabo se utilizó la herramienta Google Docs. Para agilizar el proceso, en total se consiguió la respuesta de 28 personas encargadas de la limpieza de su casa.

Las preguntas y respuestas recabadas se presentan a continuación:

**1.-Describa de forma concisa su proceso de lavado. Ejemplo: clasificación de ropa, pre enjuague, lavado, enjuague y secado.**

-Separó ropa por colores, lavó blancos y luego de color, saco y enjuagó a mano y tiro al drenaje el agua.

-Clasificación de ropa, lavado, enjuague y secado.

Clasificación de ropa, lavado, enjuague, lenguaje, exprimir.

-Ropa blanca, de colores bajos, colores fuertes, negra, interior, mezclilla.

-Primero clasifico mi ropa en blanca y de color una noche antes del día que voy a lavar, y dejo remojando en agua y un poco de detergente líquido la ropa blanca. El día de lavado inicio poniendo en la lavadora la ropa blanca, y solo lavo, para enjuagar y remojar con el suavizante, utilizo 2 tambos, cuya agua al terminar mis tandas de ropa utilizo para limpiar mi patio.

-Clasificación de ropa.

-Lavado.

-Lavado, enjuague y exprimido.

-Sí. Todo.

-Lavado, enjuague y centrifugado.

-Clasifico la ropa, la lavo y enjuago.

-Clasificación, lavado, pre enjuague, centrifugado, enjuague y centrifugado.

-1.- Yo tengo contenedores para separar la ropa: Ropa de cama, Ropa de cocina; Toallas; Colores claros; Colores negros; Ropa interior, incluyendo tines. 2.- Uso la lavadora, la lleno primero hasta la línea indicada. 3.- Le pongo el detergente biodegradable siguiendo las instrucciones del fabricante. 4.- Le introduzco la ropa y con un palo voy incorporando cada prenda, a la vez que voy sintiendo que no se apriete la ropa. De tal modo que se lave bien. 5.- Enciendo la perilla y comienza a lavar. Terminado el ciclo, la dejo en remojo unas horas. 6.- Enciendo la perilla nuevamente y lava. 7.- Al terminar el lavado, escurro el agua. La lleno nuevamente para enjuagar, esto lo hago 2 veces. 8.- Saco la ropa y la pongo en el tendedero.

-Clasificación de ropa, pre lavado, lavado, enjuague y secado.

-Clasificación de ropa Lavado y enjuague.

-Clasificación de ropa de acuerdo a colores o nivel de sucio y de ahí a la lavadora.

-Clasificación de ropa, lavado, enjuague y secado.

Separación de ropa por colores y ciclo completo de lavado.

-Primero se clasifica la ropa, luego se coloca en la lavadora para el lavado, enjuaga y seca.

-Tal como el ejemplo.

-Lavado, enjuague y secado.

-Lavado, enjuague.

-Separo la ropa de blanco con colores claros, aparte pans y pantalones de mezclilla, lavado y enjuague.

-Clasificación, Lavado, enjuague, secado.

-Lavado, enjuague y secado.

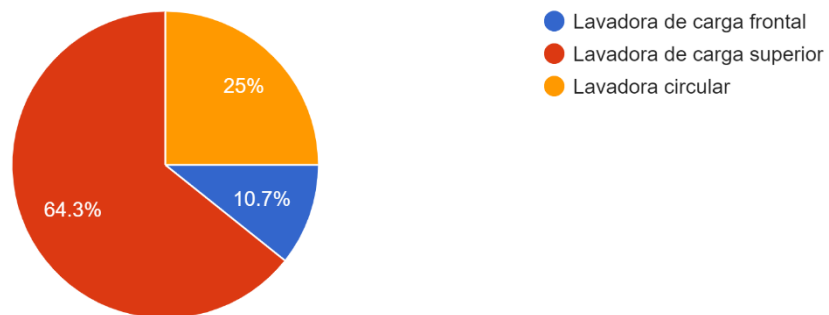
-Clasificación de ropa.

-Separó la ropa por colores neutros, mezclilla, suéteres y calcetas

## 2.- ¿Qué tipo de lavadora utiliza?

¿Qué tipo de lavadora utiliza?

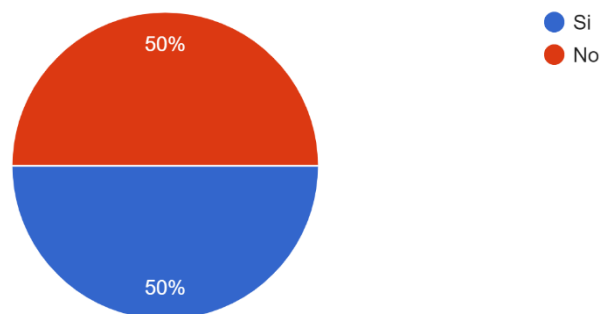
28 respuestas



## 3.- ¿Usted recupera el agua proveniente de la lavadora?

Usted recupera el agua proveniente de la lavadora?

28 respuestas



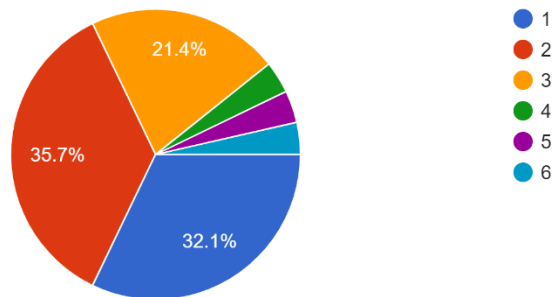
#### 4.- En caso de responder si, ¿Qué hace con el agua recuperada?

- La uso para regar las plantas o en ocasiones para el sanitario.
- La uso para otra carga de ropa para enjuagar ropa con grasa.
- La primera descarga, la utilizo para el inodoro, el resto para lavar pisos y azotea.
- La uso para la tasa del baño.
- Para las plantas y lavar el patio.
- Riego las plantas, lavo los patios y para el baño.
- A veces la recupero y la uso para el WC.
- Lavar el patio.
- Lavar la banqueta y rociar el patio.
- Lavar patio.
- Lavar el patio, para regar las plantas, para el baño.
- Para lavar pisos, patios, para la taza del baño.
- Le lavo al perro.
- La echo en mis plantas.

#### 5.- ¿Cuántas veces a la semana lava la ropa?

¿Cuántas veces a la semana lava la ropa?

28 respuestas

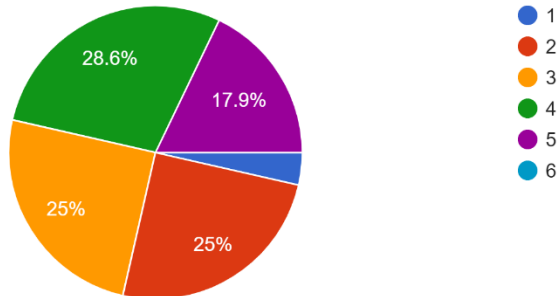




## 6.- ¿Incluyéndose, cuantos integrantes conforman su familia?

¿Incluyéndose, cuantos integrantes conforman su familia?

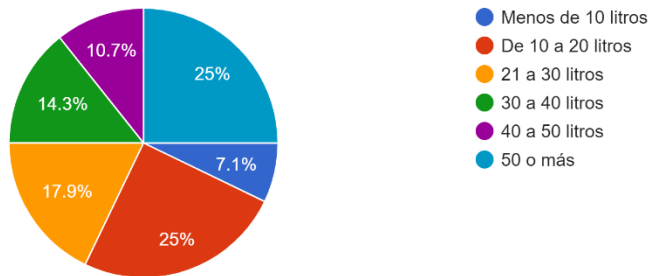
28 respuestas



## 7.- Aproximadamente ¿Cuántos litros de agua emplea para lavar?

Aproximadamente ¿Cuántos litros de agua emplea para lavar?

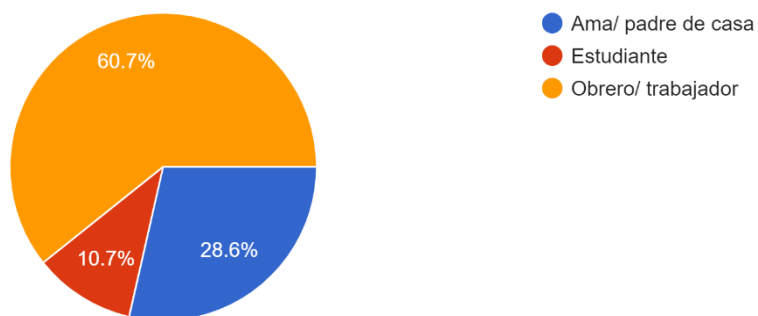
28 respuestas



## 8.- ¿Cuál es su ocupación?

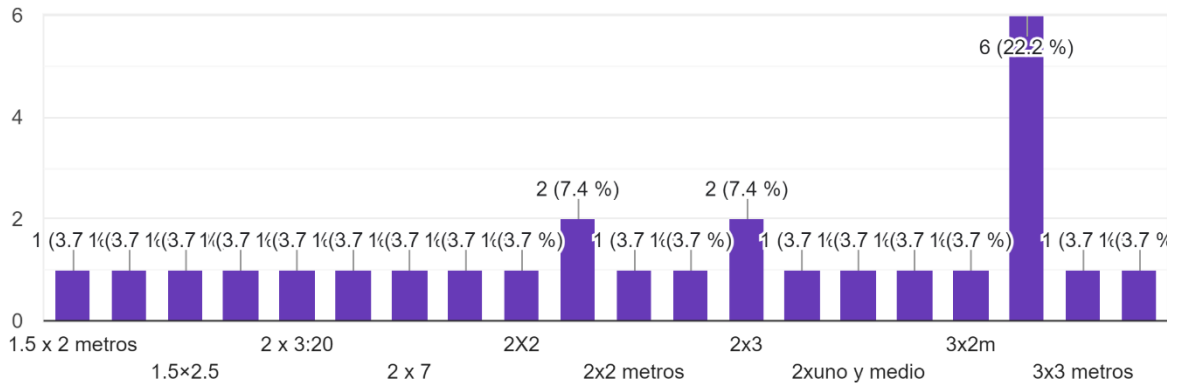
Cuál es su ocupación?

28 respuestas



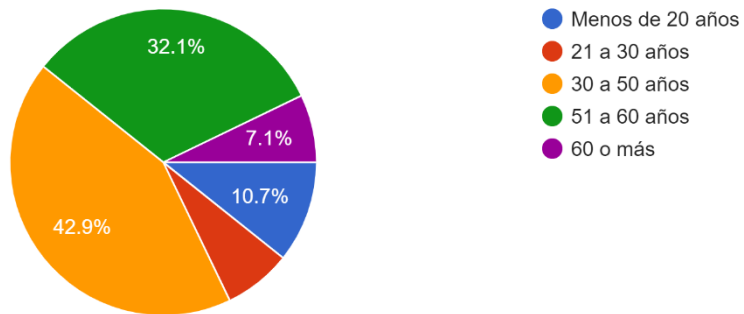
**9.- Aproximadamente ¿Con cuánto espacio cuenta si cuarto/zona de lavado? Ejemplo: 2x3 metros**

Aproximadamente¿Con cuánto espacio cuenta si cuarto/zona de lavado? Ejemplo: 2x3 metros  
27 respuestas



**10.- ¿Cuál es su rango de edad?**

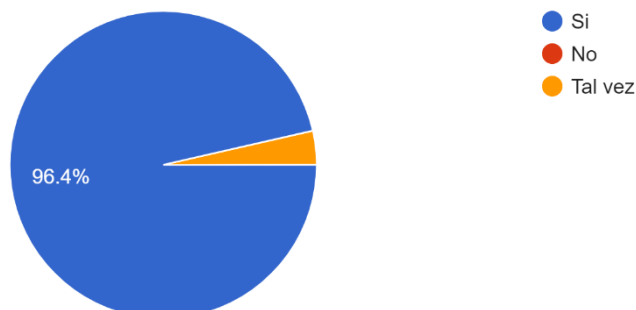
¿Cuál es su rango de edad?  
28 respuestas



**11.- ¿Estaría interesado en la creación de un dispositivo que permita recuperar el agua proveniente de la lavadora?**

Estaría interesado en la creación de un dispositivo que permita recuperar el agua proveniente de la lavadora

28 respuestas



## Anexo 2

### Determinación de filtro empleado

Para la selección del filtro empleado se contemplaron tres opciones estipuladas en el documento, las cuales son:

- Filtro de arena
- Filtro cubo
- Filtros empleados en la investigación de Yerner

Los tres cuentan con sus respectivas investigaciones y resultados.

Considerando que una de las consideraciones más relevantes es el espacio que ocupan, la propuesta de Yerner queda descartada para su implementación en este trabajo de investigación, dejando como opciones el filtro de arena y cubo.

Considerando las propiedades físico-químicas y microbiológicas del agua gris (**ver tabla 1 y 2**) se realizó una comparativa de la efectividad de los filtros, destacando las siguientes características.

#### pH

Dentro de los estudios realizados para ese tipo de filtros no se realizó una prueba de pH, sin embargo, retomando lo estipulado por la FAO “el rango normal de pH para el agua de riego es de 6,5 a 8,4” (Ministerio de medio ambiente y aguas, 2000). Considerando que el agua gris varía entre un pH de 5.9 y 7.7 se infiere que el pH no representa problema alguno con respecto al riego, sin embargo, es necesario considerar que, a largo plazo, el riego constante con agua gris sin tratar

puede producir efectos adversos sobre la tasa de infiltración del suelo, por lo que se recomienda la utilización de un sistema de filtración para evitar cambios negativos en la estructura del suelo (Murcia M.L., Calderón O.G. y Díaz J.E., 2013).

### **Propiedades químicas**

De acuerdo a la **tabla 2** el agua gris cuenta principalmente con Nitrógeno, Fósforo y Calcio, El filtro BSF tiene la capacidad de reducir en un 94.7% el  $\text{NO}_3$  (Nitrato, una forma de nitrógeno), 71.5 % el  $\text{PO}_4$  (Ortofosfato, otra forma de fósforo) y 71.5% de calcio. Con respecto a la relación Nitrógeno y Fósforo su reducción resulta crítica para evitar la aparición de algas.

Con respecto al filtro BF tiene una reducción de 18.6% de  $\text{NO}_3$ , 39.3% de  $\text{PO}_4$  y 90.6% de Ca, se aprecia que con respecto a la relación nitrógeno y fósforo la reducción es menor, sin embargo, el calcio tiene una reducción considerablemente alta, lo cual es destacable ya que las altas concentraciones de calcio contribuyen a la dureza del agua.

### **Propiedades microbianas**

En las pruebas realizadas por Ibarra N.E. (2016) se determinó que los filtros lograron una eliminación del 99% las bacterias, “la remoción más baja para eliminar E. coli, fue obtenida por el filtro BF con un 97 %”

Gracias a este análisis se establece la implementación del filtro BSF para este proyecto.

## **Anexo 3**

### **El modesto tanque Imhoff: fundamentos y diseño**

El tanque Imhoff, desarrollado por el ingeniero alemán Karl Imhoff en 1906, es un sistema de tratamiento primario de aguas residuales que combina procesos físicos y biológicos. Consta de un único depósito dividido en dos zonas: sedimentación en la parte superior y digestión de lodos en la inferior. En la zona de sedimentación (correspondiente a un 20% con respecto al total de agua a tratar), los sólidos sedimentables se separan por gravedad, mientras que los flotantes se acumulan en la superficie. En la zona de digestión, la fracción orgánica de los lodos experimenta reacciones de degradación anaerobia, reduciendo su volumen hasta en un 40% y generando biogás.

La configuración especial del tanque evita el paso de gases y partículas de lodos entre las zonas, mejorando la eficiencia en comparación con las fosas sépticas convencionales. Este diseño permite la acumulación y digestión de lodos, reduciendo la frecuencia de extracción. En resumen, los tanques Imhoff son considerados como fosas sépticas mejoradas, liberando temporalmente de la gestión continua de lodos gracias a la reducción significativa de volumen en la zona de digestión.