

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS PARA LAS DESCARGAS DE INODOROS Y RIEGO DE JARDÍN

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGA(O) SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

Cadena Tobar Sergio Armando

sergio.cadena@epn.edu.ec

Carcelén Chávez Sofía Elizabeth

sofia.carcelen@epn.edu.ec

DIRECTORA: ING. SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA. MSC

sandra.panchi@epn.edu.ec

CODIRECTORA: PhD. PATRICIA LORENA HARO RUÍZ

patricia.haro@epn.edu.ec

Quito, Octubre 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los Sr/Srta. Cadena Tobar Sergio Armando y Carcelén Chávez Sofía Elizabeth como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogos Superior en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:



Ing. Sandra Patricia Panchi Jima

DIRECTORA DEL
PROYECTO

PhD. Patricia Lorena Haro Ruíz

CODIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Cadena Tobar Sergio Armando con CI: 172796621-8 y Carcelén Chávez Sofía Elizabeth con CI: 172134094-9 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he/hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy/somos titular/titulares de la obra en mención y otorgo/otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego/Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Sergio Cadena
CI: 172796621-8



Sofía Carcelén
CI: 172134094-9

DEDICATORIA

Este documento es dedicado para las personas más cercanas en mi vida, para mis padres que siempre me apoyan en todo lo que pueden y siempre están para corregirnos del camino erróneo, a mi novia porque siempre me apoya en todos los momentos difíciles de mi carrera y de mi vida, a mis hermanos que han sido un gran apoyo en mi trayectoria profesional porque gracias a ellos y a mi padre puedo tener experiencia en el campo que me compete.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres quienes me han apoyado a lo largo de mis estudios, quienes me han enseñado como ser y soy la persona que soy gracias a ellos, a mi hermana Karol por ser mi guía, mi apoyo, a mis hermanos Anthony y Jostin que siempre han estado a mi lado haciéndome feliz y a Mami Ceci, por siempre apoyarme y darme consejos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	Planteamiento del Problema.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	Objetivo general	4
1.3.2	Objetivos específicos	4
1.4	Marco teórico.....	4
2	Metodología.....	9
2.1	Levantamiento de información de la vivienda	9
2.2	Sistema de recolección, conducción y aprovechamiento	10
2.2.1	Cálculo de la trampa para grasa.....	11
2.2.2	Filtro natural.....	14
2.2.3	Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento.....	15
2.2.4	Cálculos de caudal y dimensionamiento de tuberías para distribución de agua... 16	
2.2.5	Cálculo del tanque hidroneumático.....	19
2.2.6	Cálculo de volúmenes necesarios para satisfacer la demanda en tanques de inodoros y riego de jardines.	21
2.2.7	Captación de aguas pluviales	22
2.3	Modelo tridimensional de la ubicación de las redes, tanques, sistema trazo de planos y definición de costos.....	24
2.4	Guía de diseño de sistema de reutilización de aguas grises.....	25
3	Resultados y Discusión	26
3.1	Información detallada del hogar	26
3.2	Dimensiones de la trampa para grasa.....	28
3.3	Dimensiones para el filtro natural	29
3.4	Tanque de almacenamiento	30
3.5	Tuberías para distribución de agua	31
3.6	Tanque hidroneumático	31

3.7	Volúmenes necesarios para satisfacer las descargas de los inodoros y riego de jardines.....	32
3.8	Aguas Pluviales.....	33
3.9	Redes del sistema de recolección y conducción en AutoCAD	34
3.10	Presupuesto	35
3.11	Guía de Diseño para el Sistema de Reutilización de Aguas Grises	36
4	Conclusiones y Recomendaciones	37
4.1	Conclusiones.....	37
4.2	Recomendaciones	37
5	Referencias Bibliográficas.....	38
	ANEXOS	i
	Anexo 1: Medición de los caudales por método volumétrico.....	ii
	Anexo 2: Planos originales de la vivienda.....	iv
	Anexo 3 Planos isométricos	vi
	Anexo 4: Presupuesto referencial del sistema de reutilización de aguas grises	viii
	Anexo 5: Cálculo de diámetros de tubería	x
	Anexo 6: Diseño de trampa para grasa.....	xii
	Anexo 7: Planos del filtro natural.....	xiv
	Anexo 8: Planos del sistema de recolección y conducción	xvi
	Anexo 9: Plano isometría total.....	xviii
	Anexo 10: Sistema de tratamiento, almacenamiento e impulsión.....	xx
	Anexo 11: Resultados de software de simulación Cypecad.....	xxii
	Anexo 12: Guía de diseño para el sistema de reutilización de aguas grises.....	i

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trampa para grasa	7
Figura 2. Funcionamiento del tanque hidroneumático	9
Figura 3 Ubicación de la vivienda.....	10
Figura 4 Velocidad de ascenso para la densidad de los aceites y grasas y área superficial	12
Figura 5 Criterios de diseño del filtro natural múltiple	14
Figura 6. Diseño filtro natural múltiple.	30
Figura 7. Presupuesto del sistema de reutilización de aguas grises.....	35
Figura 8. Medición del caudal del lavamanos (método volumétrico).....	iii
Figura 9. Medición del caudal de llave de la cocina (método volumétrico)	iii

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medios filtrantes	14
Tabla 2. Criterios de diseño para el filtro múltiple.	15
Tabla 3. Caudales instantáneos de aparatos sanitarios.	17
Tabla 4 Número de ciclos del sistema de bombeo.....	21
Tabla 5 Plantas de jardín	22
Tabla 6. Cálculo de volumen de tanque de almacenamiento de aguas pluviales	24
Tabla 7. Caudales de dotación	26
Tabla 8. Volúmenes generados por los habitantes del hogar.....	27
Tabla 9. Volumen del tanque de almacenamiento para la recolección de agua lluvia.....	28
Tabla 10. Dimensiones calculadas de la trampa para grasa.	29
Tabla 11 Dimensiones constructivas de la trampa para grasa.	29
Tabla 12 Criterios de diseño del filtro natural múltiple.	29
Tabla 13 Resultados del cálculo del tanque hidroneumático.....	32
Tabla 14. Resultados de precipitación, demanda y acumulación.....	33
Tabla 15. <i>Resultados de la diferencia entre oferta acumulada y demanda</i>	34

RESUMEN

El sistema de reutilización de aguas grises que se plantea en el presente documento tiene como objetivo principal aprovechar las aguas provenientes de lavamanos, cocina, lavadora y lavandería, de igual manera las aguas pluviales para las descargas de inodoros y riego de jardín, este sistema busca el reciclaje de una parte considerable del consumo de una persona al día, es decir, si la dotación de una persona es aproximadamente 200 litros/día, parte de esta se recirculará a las descargas del inodoro. En un hogar la cantidad de descargas en el inodoro por persona es alrededor de 3 veces al día, lo cual implica grandes cantidades de agua potable usada en esta actividad. Este gasto de agua sería asumido con la recirculación de aguas grises, así como también el gasto generado en el riego de jardín.

El sistema empieza por la recolección de las aguas grises generadas en la vivienda para luego darles un tratamiento primario, almacenamiento y finalmente distribuirlo a los tanques de inodoros mediante un sistema de presurización conformado por una bomba hidráulica y un tanque hidroneumático, esto sería para cumplir con la presión requerida en el sistema, teniendo como resultado un ahorro considerable de agua, disminuye la cantidad de agua contaminada hacia el sistema de alcantarillado, también se obtendría un ahorro económico dentro del hogar y se da un segundo uso a las aguas grises.

PALABRAS CLAVE: Caudal, bomba hidráulica, tanque hidroneumático, volumen, presión, aguas grises, aguas negras.

ABSTRACT

The main objective of the graywater reuse system proposed in this document is to take advantage of the water from sinks, kitchen, washing machine and laundry, as well as rainwater for toilet flushing and garden irrigation. In a household, the amount of toilet flushing per person is about 3 times a day, which implies large amounts of potable water used in this activity. This water expense would be taken care of by the recirculation of gray water, as well as the expense generated in garden irrigation.

The system begins with the collection of gray water generated in the home and then gives them a primary treatment, storage and finally distribute it to the toilet tanks through a pressurization system consisting of a hydraulic pump and a hydropneumatic tank, this would be to meet the pressure required in the system, resulting in considerable water savings, decreases the amount of contaminated water into the sewer system, would also get an economic savings within the home and a second use is given to gray water.

KEYWORDS: Flow rate, hydraulic pump, hydropneumatic tank, volume, pressure, gray water, black water.

1 INTRODUCCIÓN

La mayoría de las actividades del hogar requiere de la utilización de agua para su realización, sin embargo, no todas estas requieren del uso de agua potable. Es por esta razón por la que la reutilización de las aguas grises generada en el hogar puede sustituir el uso de agua potable en las actividades en las que no es necesario, lo cual ayudaría a reducir los caudales generados de aguas residuales domésticas y disminuiría el uso de agua dentro del hogar. (Joaquín López, 2012)

1.1 Planteamiento del Problema

Ecuador es un país privilegiado al contar con una cantidad de agua disponible dentro del territorio, sin embargo, no es suficiente para cubrir las necesidades en todas las zonas (A. Ecuador, 2021). Uno de los mayores retos es el conocer la disponibilidad del recurso hídrico para tener un manejo adecuado sobre este, tanto para los usuarios como para las autoridades encargadas de su regulación.

El consumo de agua doméstica tiene una fase que viene desde su distribución en los hogares hasta su descarga en el sistema de alcantarillado. Este recurso es entregado a los usuarios por la empresa encargada a través de una red de distribución hasta las viviendas. El costo de este recurso para los usuarios es bajo, sobre todo si se toma en cuenta el análisis de su obtención y tratamiento para que esta sea óptima para consumo humano: captación, bombeo, almacenamiento, potabilización, distribución, control, calidad, entre otros. (iAgua, 2018)

En Quito, el agua potable, tiene una calidad certificada de 99.9, la cual cumple con 69 parámetros de garantía y su costo varía dependiendo de los metros cúbicos consumidos por el usuario. El gasto en la planilla de agua potable, según el pliego tarifario de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), de 0 – 11 m³ de agua se paga 0.31 ctvs.; de 12 – 18 m³, 0.43 ctvs.; y mayor a 18 m³ se paga 0.72 ctvs. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el consumo debería ser de 15 m³ por familia mensualmente, un costo de planilla de USD 6.45 aproximadamente (EPMAPS, 2008).

En Ecuador, Quito es la ciudad con el consumo de agua más alto del país, se estima que por habitante existe un consumo de entre 200 y 220 litros de agua al día. Según la OMS la cantidad media recomendada para el consumo doméstico es de 100 litros/habitante/día (cocinar, beber, limpieza del hogar e higiene personal) (OMS, 2003). Se consumen 100 litros más de lo recomendado, todo esto debido al uso inadecuado del recurso (PRIMICIAS, 2020). El agua es un recurso indispensable en los hogares, se usa en casi todas las actividades del hogar. Todos los días las personas tiran de la cadena del inodoro una vez fue utilizado, este

gesto supone emplear una media de aproximadamente 33 litros de agua potable por día, el inodoro ocupa una quinta parte del agua usada diariamente. Es por esto que se han ido buscando soluciones para evitar el derroche del recurso hídrico en descargas (Canales Sectoriales, 2019).

Es mucho más fácil hacer que una persona sea consciente de su consumo al presentarle las cifras en cuanto a las actividades realizadas en el hogar, algunas cifras son: ducha 9 litros por minuto, descarga de inodoros aproximadamente entre 8 y 10 litros (antiguos), lavar los platos 5 litros, lavar la ropa 95 litros, estas cifras pueden variar dependiendo si cuentan con grifos o inodoros de nuevas tecnologías o si son antiguos (BID, 2015)

La mayor parte de las aguas residuales originadas en el hogar, son aguas grises, las cuales son generadas mediante actividades cotidianas como: lavarse las manos, ducharse, lavarse los dientes, entre otros. (iAgua, 2018). Los estudios realizados por la OMS y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (MITECO) arrojaron porcentajes aproximados del uso del agua dentro de los hogares, obteniendo así los siguientes resultados: Ducha 34%, Inodoro 21%, Lavabo 18%, Lavadora 10%, Cocina 4%, Lavavajillas 5% y otros 8%. Ambas fuentes consultadas mostraban que el mayor consumo de agua se da en el cuarto de baño (iAgua, 2020). Todas estas son acciones que se realizan día a día y tienen un gasto de agua, las cuales dependen del tiempo en el que una persona se demora en realizar cada una de ellas, por ejemplo, el tiempo promedio para lavarse los dientes es de tres minutos (Brenda, 2019) o el tiempo promedio que recomienda la OMS para ducharse es de cinco minutos. Según la OMS de cinco a diez minutos en la ducha, se consume un promedio de 200 l de agua, esta es una cantidad que sobrepasa la dotación que debe usar una persona diaria (Revelo, 2019)

1.2 Justificación

Las aguas grises generadas en el hogar se dan por actividades tales como: lavar los platos, lavar la ropa, cepillarse los dientes, ducharse. El agua generada en estas actividades podría ser reutilizada en otras actividades tales como el riego de los jardines o humedales artificiales (iAgua, 2018).

Algunos de los sectores en los que se puede reutilizar las aguas grises son: urbano, agrícola, industrial. Para el primer sector mencionado se puede reutilizar en ámbitos como: riego, limpieza, tanques de inodoros, control de incendios (Alvarado, 2007).

Si es aplicado con la tecnología adecuada, se puede reducir en un 40% el consumo de agua apta para el consumo humano en edificios (Lucas, 2017).

Una de las formas que se plantea para reutilizar las aguas grises es en las descargas de los inodoros, los inodoros comunes consumen alrededor de 6 litros de agua aproximadamente por cada descarga, dependiendo de la antigüedad, pero con el pasar de los años, los inodoros tienden a tener una tecnología diferente; como el dual flush o el fluxómetro, lo cual ayuda a tener un consumo menor de agua en los inodoros y también en los urinarios (Durán, 2016). Si se calcula que cada persona descarga el inodoro entre 3 o 4 veces al día, es decir en una familia de 4 habitantes el número de descargas del inodoro será entre 12 y 16 veces al día, dependiendo de varios factores como: si trabaja en casa, si estudia o si la mayor parte del tiempo pasa fuera de la vivienda. Siendo la descarga de un inodoro tradicional de 6 litros, dependiendo del modelo y la antigüedad de este, solo en esta actividad se consumirían entre 72 y 96 litros/día respectivamente al número de veces que se realice la descarga, si se aplica el sistema de reutilización de aguas grises, se tendrá un ahorro de entre 72 y 96 litros de agua (Baquero, 2013).

Otra forma que se plantea para la reutilización de aguas grises en el campo urbano: es en el riego de vegetación, se puede utilizar para: riego de jardines, para el riego de árboles, e incluso riego de hortalizas, lo cual significa un ahorro de agua potable en la vivienda (Pizarro, 2020).

Un punto que se observó en la reutilización de aguas grises es el de la salud, pero un estudio realizado por el Instituto Zuckerberg de BGU confirmó que el agua gris tratada para riego es segura y no causa enfermedades gastrointestinales. El estudio determinó que no había presencia de gastroenteritis o enfermedades relacionadas con el agua causadas por el uso de aguas grises tratadas y reutilizadas en el riego de jardines (Blum, 2017).

En Ecuador, el promedio de consumo de agua potable es de 295 l/hab/día (Alarcón, 2018). Si se tiene una familia de 4 personas, el consumo podría ser de 1180 l/día, es decir un consumo de 35 m³ mensualmente. El gasto de agua potable puede disminuir si adaptamos el sistema de reutilización de aguas grises para las descargas de inodoros y para el riego de jardín. Si una familia de 4 integrantes, se lava las manos 4 veces al día, lavándose las manos un total de 16 veces, se tendría una cantidad de 96 a 192 litros/hab, tomando en cuenta los valores que se mencionaron para el aseo corporal menor, esta cantidad de agua gris generada puede ser reutilizada para el riego de jardín, ya que mediante un sistema de goteo se puede llegar a utilizar un total de 40 litros para el riego de plantas, sobrando aproximadamente de 56 a 152 litros/hab, esta cantidad sobrante de agua puede ser reutilizada en las descargas de inodoros (Danielsson, 2018)

El propósito de este proyecto está relacionado con el objetivo 12: Producción y consumo responsable, perteneciente a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), ya que esta habla sobre como el riego para la agricultura representa hoy en día alrededor del 70% de agua dulce disponible para el consumo humano (Naciones Unidas, 2020). Con la implementación de este sistema; se planea ayudar a disminuir el consumo de agua potable en el riego de jardín y en las descargas de los inodoros con la aplicación de nuevas tecnologías para la reutilización de aguas grises y a su vez, estas aguas podrían ser reutilizadas en actividades de limpieza.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de reutilización de aguas grises para la descarga de inodoros y riego de jardín.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de información de la vivienda seleccionada para el estudio.
- Desarrollar el sistema de recolección, conducción y aprovechamiento de las aguas a ser reutilizadas.
- Realizar un modelo tridimensional mediante software.
- Realizar una guía de diseño de sistemas de reutilización de aguas grises.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Aguas Residuales domésticas

Son todas las aguas generadas dentro de las actividades del hogar, proceden de la cocina, limpieza del hogar, aseo personal y descargas de inodoros. Dentro de su composición suelen contener materia orgánica, microorganismos, así también jabones, detergentes y grasas. (M. Espigares Gracia, 2017)

Las aguas residuales generadas en el hogar son tanto aguas grises como aguas negras, pero estas se mezclan dentro de los hogares debido a que no poseen un sistema de separación dentro del mismo.

Aguas grises

Son aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como lavado de platos, lavandería, regaderas y lavamanos. Estas deben su nombre debido a su apariencia turbulenta y su condición de estar entre agua dulce y potable (“agua blanca”). Para poder ser consideradas aguas grises no deben contener restos fecales. (Iagua, 2015)

1.4.2 Reutilización

Las aguas grises poseen una composición de menor complejidad a las aguas negras, por lo cual su reutilización dentro de los hogares es una buena opción. El término de reciclaje es adecuado para las aguas grises dentro del ámbito doméstico, se entiende por agua reciclada al conjunto de caudales que dentro de las instalaciones son redirigidas para su nueva utilización. (Joaquín López, 2012)

- Reutilización en descargas de inodoros
El llenado de los tanques de inodoros requiere de altas cantidades de agua potable al día. Si se cuenta con un sistema de tratamiento de aguas grises se puede ahorrar el uso de agua.
- Uso para riego por goteo o aspersión
Luego de que las aguas pasen por un tratamiento de depuración se las puede usar en el riego de los jardines. El tratamiento dado a estas aguas de manera doméstica no permite que sea potable, pero si permite que puedan ser usadas en cultivos. (APLIAQUA, 2018)

1.4.3 Aguas Pluviales

Las aguas pluviales son las aguas lluvia que provienen de las precipitaciones naturales. En las áreas urbanas no hay infiltración de estas aguas sobre el suelo, estas son conducidas por canales, escurren de los tejados o calles y se dirigen al sistema de alcantarillado. (Iagua, 2020)

Captación

Consiste en almacenar el agua lluvia filtrada obtenida de tejados o azoteas de las casas y almacenarlas en un depósito. Luego se la reutilizará en las actividades del hogar que no requieran de agua potable, tales como lavado de ropa, limpieza del hogar, tanques de inodoros, entre otros. Esta agua, aunque no es potable posee gran calidad ya que contiene cantidades bajas de contaminantes. (SOLiCLIMA, 2017)

1.4.4 Tratamiento

Un sistema de tratamiento de aguas grises requiere fundamentalmente de cinco elementos:

Sistema de recolección

Sistema de almacenamiento

Sistema de tratamiento

Sistema de regulación de agua tratada

Sistema de impulsión

Lo que se busca obtener con el tratamiento a las aguas grises es reducir la cantidad de sólidos suspendidos para poder llegar a valores bajos en cuanto a la turbidez. (Joaquín López, 2012)

Filtración

La filtración es un proceso unitario cuyo objetivo es la separación de sólidos suspendidos. En este proceso las partículas sólidas que se encuentran contenidas en un fluido son separadas con ayuda de un filtro, el cual permite el paso del fluido reteniendo las partículas sólidas. Como tratamiento lo que se busca es eliminar todos estos sólidos que pueden generar malos olores, turbidez y daños a la salud. (ACOUA TECNOLOGIA, 2018)

Trampa para grasa

Las trampas para grasa son un pretratamiento usado en aguas residuales, se usan como prevención de taponamientos en tuberías por acumulación de grasas. El contenido de grasas y aceites en aguas residuales domésticas se encuentra entre 30 a 50 mg/L y constituye aproximadamente un 20% del DBO₅ dentro de las aguas residuales, junto con las de origen industrial, este valor aumenta. Generalmente cuenta con una estructura de tres cámaras, la primera cámara es la entrada una cámara intermedia que recoge la grasa del fluido y la cámara de salida (ver figura 1). Su objetivo principal es el de separar las grasas y sólidos del fluido, una vez que entra por la primera cámara al ir pasando a la cámara intermedia el material más ligero se queda en la superficie, mientras que el material con mayor peso se asienta en el fondo como un lodo y así finalmente sale por la última cámara el líquido clarificado. (ISA, 2019)

Diseño hidráulico

Debe contar con un tiempo de retención adecuado, y una separación entre cámaras que permita que las grasas se separen del fluido. Si existe un exceso de grasas estas deben ser

retiradas diariamente, esto sucede muy a menudo en industrias grandes, en el caso de las grasas generadas en el hogar es una producción mucho menor. (ISA, 2019)

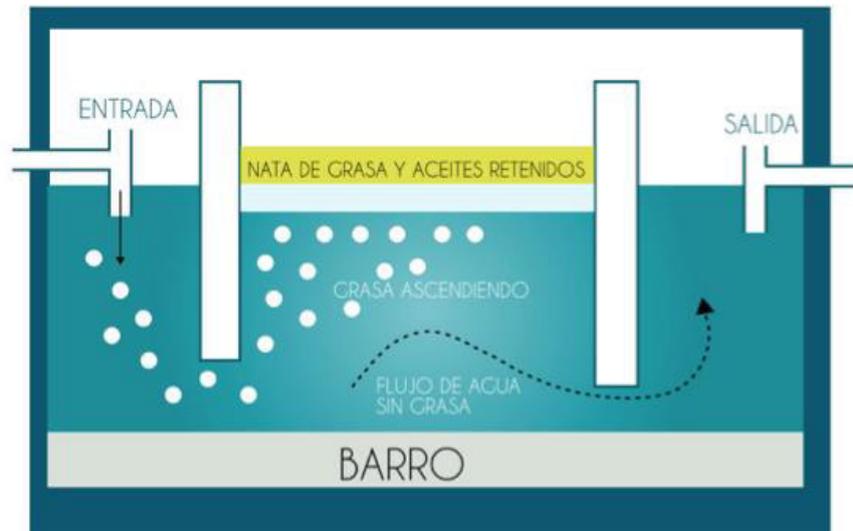


Figura 1. Trampa para grasa (ISA, 2019)

1.4.5 Conducción

Se clasifica en dos sistemas de flujo: flujo libre y a presión, el flujo libre se refiere a aquel en el que el fluido se encuentra en contacto con la atmósfera, en otras palabras, el agua es conducida por canales abiertos o por tuberías que o están completamente llenas y el flujo a presión es aquel en el que las tuberías trabajan completamente llenas lo cual genera una presión igual o mayor a la atmosférica, por lo cual requiere de válvulas para regular la presión y cámaras rompe carga. (Pérez, 2020)

Consideraciones de diseño

Antes de comenzar a diseñar la estructura se debe de tener conocimiento acerca de los siguientes elementos:

- El caudal transportado es el necesario para cubrir con la demanda deseada
- Características topográficas del sitio
- Distancias de los diferentes puntos dentro del sistema, para saber los metros de tubería necesarios
- Las pendientes o diversas alturas entre los puntos

Luego de obtener todos estos datos se determina el material de las tuberías, diámetro y accesorios necesarios para la conducción. (Pérez, 2020)

1.4.6 Sistemas de Bombeo e hidroneumático

Para este tipo de sistema se requiere la instalación de equipos hidroneumáticos para elevar la línea de energía del agua, aquí entra el grupo motor-bomba-hidroneumático.

El equipo de bombeo estará ubicado en la parte baja de la vivienda o del edificio, en caso de contar con sótano se la podrá colocar en el mismo. Deberá estar en un área con el espacio suficiente para su operación y mantenimiento respectivo y que permita aislar el ruido.

Para la elección de la bomba a usar en el sistema esta deberá ser elegida basándose en la altura a la que se requiere impulsar el agua reutilizada y el caudal que se desea suministrar. Para el caudal de arranque a presión mínima, se requiere que sea mayor al caudal de suministro. (MIDUVI, 2011)

Flujo a presión

En conducciones cerradas, se las realiza con tubos rígidos que se encuentran completamente llenos. La diferencia de presión existente dentro del tubo hace que el fluido se mantenga en movimiento, sin importar si la conducción se realiza de forma horizontal o si es ascendente o descendente. (Basile, 2020)

1.4.7 Tanques

Tanque de almacenamiento de aguas grises y pluviales

Son depósitos que sirven para manipular y almacenar diversas sustancias, tales como gases, líquidos, productos químicos, entre otros.

Tanques de agua o depósitos de agua, cumplen con dos funciones principales las cuales son: almacenamiento de agua y recuperación de aguas pluviales. (HALÉCO, 2019)

Tanque hidroneumático

Tanque hidroneumático, su objetivo es almacenar agua y aire bajo presión suministrada por un compresor, esto permite que una presión adecuada para que el agua pueda ser distribuida a las diferentes áreas del sistema. Se los suele utilizar en sistemas en los que la presión del agua no es suficiente o en tanques elevados que cuentan con variaciones en la presión (LONISOL, 2018). En la figura 2 se muestra el funcionamiento de un tanque hidroneumático.

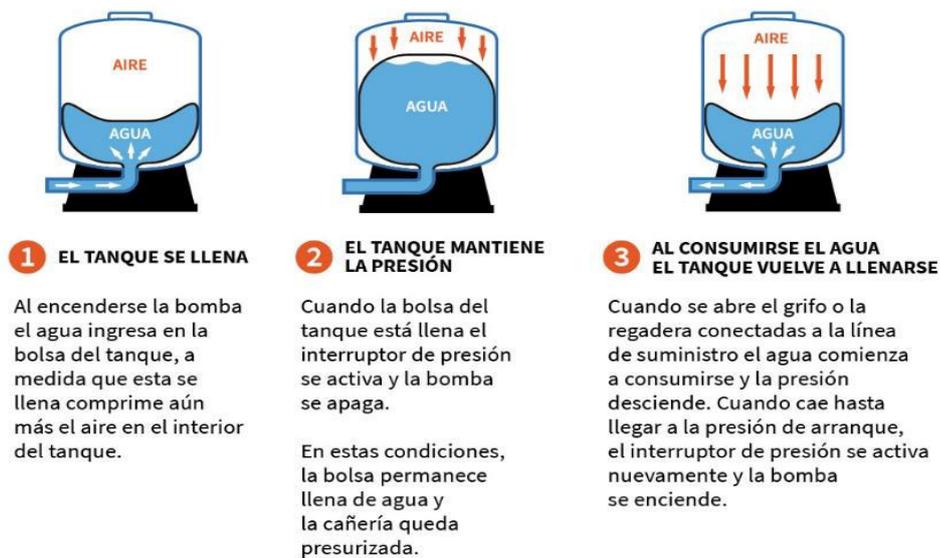


Figura 2. Funcionamiento del tanque hidroneumático (LONISOL, 2018)

1.4.8 Bomba hidráulica

Son aparatos que aportan energía al sistema de distribución, la cual es generada por un motor en un fluido incompresible, su objetivo es el desplazar la masa sobre la cual se está ejerciendo esta energía. Su funcionamiento está basado en el principio de Bernoulli, en este teorema se relaciona directamente la energía del fluido con su velocidad y altura piezométrica, variables que conforman el movimiento en los fluidos. Se usan para mover masas de fluidos. (SONDAGUA, 2018)

Funcionamiento

Transforman la potencia mecánica con la que entra el fluido a energía hidráulica sobre el fluido a la salida de la bomba. La energía que otorga la bomba al fluido provoca un aumento en la velocidad y presión del mismo, permitiendo su distribución hacia los puntos requeridos. (SONDAGUA, 2018)

2 METODOLOGÍA

2.1 Levantamiento de información de la vivienda

La vivienda donde se realizó el diseño del sistema de reutilización de aguas grises para las descargas de inodoros y riego de jardín consta de dos plantas, está ubicada dentro de un conjunto habitacional llamado Ilalo Gardens y se ubica en el sector de Ilalo.



Figura 3 Ubicación de la vivienda

La planta baja cuenta con tres cuartos, que son: cocina, comedor, sala y baño (sin ducha), además cuenta con un garaje con espacio para un vehículo, patio con lavandería y un jardín que se ubica en la parte frontal de la vivienda.

La planta alta cuenta con dos dormitorios, una sala de estar, un baño y una terraza inaccesible.

Las conexiones de distribución agua de la vivienda se encuentran divididas, cuenta con tuberías para agua caliente y tuberías de agua fría, estas se encuentran en la cocina, el baño y la lavandería.

Cuenta con dos cajas de revisión, una de ellas se encuentra en el patio trasero de la vivienda la cual se conecta a la segunda caja que se ubica en la entrada del garaje.

La caja de revisión que se encuentra ubicada en el patio recibe los caudales generados en cocina, lavandería y aguas pluviales; la caja de revisión ubicada en el garaje recibe tanto las aguas de la caja de revisión del patio como las aguas provenientes de los baños (inodoros, lavamanos y regadera).

En el Anexo 2 se visualiza los planos originales de la vivienda.

2.2 Sistema de recolección, conducción y aprovechamiento

Se planteó un sistema de recolección de las aguas grises generadas en la planta baja estas son provenientes del cuarto de cocina, lavandería, lavamanos del baño y aguas pluviales procedentes de la terraza inaccesible.

Los caudales pertenecientes al lavabo y cocina fueron determinados mediante el método volumétrico. En el Anexo 1 se observa la medición de los caudales por el método volumétrico.

Dentro del sistema de recolección se tienen dos etapas, almacenamiento y distribución. Para el almacenamiento se cuenta con tres apartados; una trampa para grasa, un filtro y el tanque de almacenamiento. Se realizaron modificaciones a la caja de revisión ubicada en el patio, para usarla como un tanque amortiguador de caudales y como primer receptor de todas las aguas grises a reutilizar.

Para la distribución se usó un tanque hidroneumático y una bomba hidráulica. Tanto el tanque de almacenamiento, tanque hidroneumático, bomba, trampa para grasa y filtro se encuentran en el patio del hogar. Todo este sistema conduce las aguas grises generadas hasta los tanques de los inodoros, de la planta alta como de la planta baja.

Las tuberías de desagüe de lavandería, lavamanos del baño de la planta baja y las aguas pluviales provenientes de la terraza inaccesible se conducen hacia la caja de revisión del patio, esta se usó como tanque amortiguador de los caudales, luego de esto se las condujo a través de una tubería junto con las aguas grises generadas en la cocina hacia la trampa para grasas y hacia el filtro natural, en el cual se filtraron las impurezas de estas aguas y finalmente se dirigieron al tanque de almacenamiento. El tanque de almacenamiento se conectó a una bomba hidráulica y a un tanque hidroneumático, que en conjunto fueron los encargados de elevar e impulsar las aguas tratadas con la presión necesaria hacia los tanques de los inodoros.

En el anexo 10 se visualiza el sistema de impulsión.

2.2.1 Cálculo de la trampa para grasa

Se realizaron los cálculos en base a una guía de diseño de trampas para grasa, se calculó el caudal, área superficial y volumen para así obtener los parámetros requeridos para su construcción. En la ciudad de Quito el consumo de agua es de 190 – 266 litros/hab/día (Calles, 2012).

Para el estudio se tomó una dotación de 200 litros/hab/día (ver ecuación 2.1).

Caudal residual

$$Q_r = 4.4 * D * \frac{hab}{1000}$$

Ecuación 2.1 Caudal de agua residual (asia , 2015)

Donde:

Qr: Caudal de aguas residuales en m³/día

D: Dotación de agua potable L/hab/día

Hab: Habitantes a servir

Tiempo de retención, velocidad de ascenso y área superficial

Se tomaron los valores establecidos conforme al caudal obtenido, se usó un tiempo de retención de 3 min, y para la velocidad se colocó el valor de acuerdo con la densidad de aceites y grasas. Los aceites y grasas usados en la cocina tienen una densidad de entre 840 – 900 mg/L, por lo cual se tomó un valor de 850. (iagua, 2018)

DENSIDAD DE LOS ACEITES Y GRASAS mg/l	VELOCIDAD DE ASCENSO m/hr	ÁREA DE LA SUPERFICIE DE LOS SEPARADORES DE ACEITE Y GRASAS POR CADA l/s m²
	22.50	0.16
800	18.00	0.20
850	13.50	0.27
900	9.00	0.40

Figura 4 Velocidad de ascenso para la densidad de los aceites y grasas y área superficial (UNAH, 2013)

$$t_o = 3 \text{ min} = 180 \text{ s}$$

$$v = 13.50 \text{ m/hr}$$

$$A_s = \frac{Qr}{v}$$

Ecuación 2.2 Área superficial de trampa para grasa (asia , 2015)

Donde:

As: Área superficial en m²

Qr: Caudal residual en m³/hr

V: Velocidad ascendente en m/hr

Dimensionamiento: volumen, altura útil, área total

Volumen

$$V = Qr * t_o / 60$$

Ecuación 2.3 Volumen de trampa de grasa (asia , 2015)

Donde:

V: Volumen de trampa de grasa en m³

Q_r: Caudal residual en m³/hr

t_o: Tiempo de retención hidráulico en minutos

Altura útil

$$h = \frac{V}{As}$$

Ecuación 2.4 Altura útil (*asia , 2015*)

Donde:

h: Altura útil de agua en metros (m)

V: Volumen de trampa de grasa en m³

As: Área superficial en m²

Área total

$$A = \frac{As}{Q_r}$$

Ecuación 2.5 Área total (*asia , 2015*)

Donde:

A: Area total

As: Area superficial

Q_r: Caudal residual en m³/hr

Para el dimensionamiento del largo y ancho de la trampa se usa la relación:

$$\frac{l}{b} = 1.5$$

$$A = l * b$$

Ecuación 2.6 Área (*asia , 2015*)

Donde:

A: área de la trampa para grasa (m²)

l: ancho en m (base)

b: largo en m (base)

2.2.2 Filtro natural

Para el diseño del filtro natural se tomaron los criterios del libro de Tratamiento de aguas residuales de Romero Rojas (Rojas, 2000). Para los filtros naturales se pueden usar tanto dos materiales de filtrado o puede ser de varias capas de diversos materiales filtrantes, cada uno de ellos de dimensiones distintas, colocando del material filtrante más grueso al más fino, esto permite una mejor filtración.

Tabla 1. Medios filtrantes

Algunos medios filtrantes son:
Grava
Arena (fina, gruesa)
Antracita
Carbón activado
Zeolita

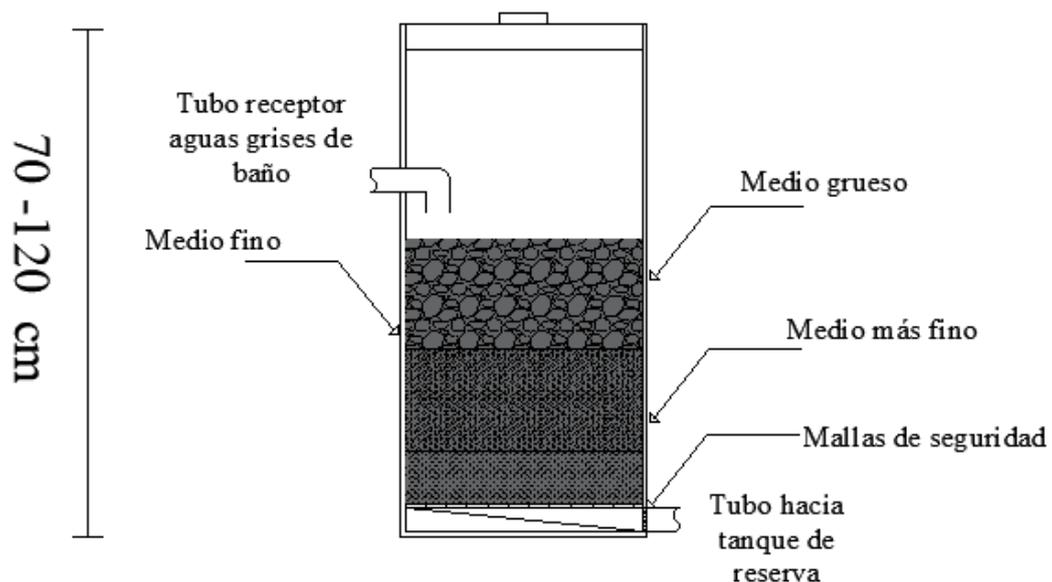


Figura 5 Criterios de diseño del filtro natural múltiple

Criterios de diseño

Para el filtro natural múltiple se usaron tres materiales filtrantes de distintas dimensiones y en capas de alturas distintas. Para el material grueso se ocupó grava, en material fino se colocó arena gruesa y como medio más fino, arena fina.

En la parte baja del filtro se colocó una tubería de drenaje, la cual conduce las aguas filtradas hacia el tanque de almacenamiento.

Tabla 2. Criterios de diseño para el filtro múltiple.

Multimedia	Tamaño efectivo	Profundidad
Grava	2 – 4 mm	20 – 50 cm
Arena gruesa	0.4 – 0.8 mm	20 – 40 cm
Arena fina	0.25 mm	5 – 15 cm

2.2.3 Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento

Para el cálculo del volumen del tanque de almacenamiento se consideró los siguientes aspectos: la cantidad de habitantes del hogar y la dotación de agua que reciben. Para este caso se tomaron los valores de bloques de vivienda, los cuales son entre 200 a 350 litros/hab/día según la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-11, para los cálculos se adoptó el valor de 200 litros/hab/día. (MIDUVI, 2011)

Volumen diario

$$Vd = hab * Dot$$

Ecuación 2.7 Volumen diario (MIDUVI, 2011)

Donde:

Vd: Volumen diario en L/hab/día

hab: número de habitantes

Dot: dotación en L/hab/día (se adoptó el valor de 200 L/hab/día)

Altura Calculada

Dimensiones comerciales para tanque de almacenamiento de 1100 L

Diámetro del tanque (circular): 1.10 m

Alto: 1.40 m

$$Ac = \frac{Vd (m^3)}{h * D}$$

Ecuación 2.8 Altura calculada (López Jimenez, 2014)

Donde:

Vd: volumen diario

h: altura (dimensiones comerciales)

D: diámetro (dimensiones comerciales)

Altura asumida

$$As = Ac + 0.3$$

Ecuación 2.9 Altura asumida (López Jimenez, 2014)

Donde:

As: altura asumida

Ac: altura calculada

0.3 altura adicional, altura de seguridad

2.2.4 Cálculos de caudal y dimensionamiento de tuberías para distribución de agua.

Para calcular las tuberías de distribución del sistema de recirculación de aguas grises se utilizó el método de simultaneidad, el cual se encuentra en la Norma NEC-11 con el nombre de Estimación de Caudales (MIDUVI, 2011).

Para el uso de este método, se dividió la planta y el ambiente dependiendo del número de plantas de la vivienda y de los ambientes existentes en la misma, por ejemplo: planta baja (PB), ambiente: baño, etc. Se identificaron los aparatos sanitarios que serán alimentados por la tubería de distribución. Se establecieron los caudales instantáneos mediante el uso de la Norma NEC-11, en la tabla 3 se observa los caudales referentes a cada aparato sanitario.

Tabla 3. Caudales instantáneos de aparatos sanitarios (MIDUVI, 2011).

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m c,a,)	mínima (m c,a,)	
Bañera / tina	0.3	7	3	20
Bidet	0.1	7	3	16
Calentadores / calderas	0.3	15	10	20
Ducha	0.2	10	3	16
Fregadero cocina	0.2	5	2	16
Fuentes para beber	0.1	3	2	16
Grifo para manguera	0.2	7	3	16
Inodoro con depósito	0.1	7	3	16
Inodoro con fluxor	1.25	15	10	25
Lavabo	0.1	5	2	16
Máquina de lavar ropa	0.2	7	3	16
Máquina lava vajilla	0.2	7	3	16
Urinario con fluxor	0.5	15	10	20
Urinario con llave	0.15	7	3	16
Sauna, turco, ó hidromasaje domésticos	1	15	10	25

El cálculo de la tubería se realizó por cada ambiente que contiene la vivienda, esto depende del número plantas y del número de aparatos sanitarios que disponga en cada ambiente. El procedimiento se observa de mejor manera en el Anexo 5.

Caudal instantáneo

$$q_{it} = \#aparatos\ sanitarios * q_i$$

Ecuación 2.10 Caudal instantáneo total (MIDUVI, 2011)

Donde:

q_{it}: Caudal instantáneo total.

aparatos sanitarios: Número de aparatos sanitarios, depende del número de aparatos que exista en cada ambiente.

q_i: Caudal instantáneo.

El caudal instantáneo total (q_{it}) se calculó para todos los aparatos sanitarios existentes de la vivienda.

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$$

Ecuación 2.11 Coeficiente de simultaneidad (MIDUVI, 2011).

Donde:

Ks: Coeficiente de simultaneidad.

n: Número total de aparatos a servir.

qi: Caudal instantáneo.

F: Factor con diferentes valores según Norma NEC-11.

Caudal máximo probable

Para calcular el caudal máximo probable se sumaron todos los caudales instantáneos de los diferentes aparatos sanitarios. Para este sistema se utilizaron 3 aparatos sanitarios a ser abastecidos con el agua reutilizada: Baño de primera planta, baño de planta baja y llave de manguera planta baja.

$$QMP = K_s * \sum q_{it}$$

Ecuación 2.12 Caudal máximo probable (MIDUVI, 2011).

Donde:

QMP: Caudal máximo probable.

Ks: Coeficiente de simultaneidad.

$\sum q_{it}$: Sumatoria de caudales instantáneos totales de todos los aparatos sanitarios.

Para el cálculo del dimensionamiento de la tubería se tomaron en cuenta los diámetros existentes en el mercado de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ". Se obtuvo el área para cada diámetro de la tubería, y dependiendo del área obtenida se verificó que la velocidad de flujo este dentro del rango que contiene la Norma NEC-11, la velocidad de flujo debe estar entre 0.6 m/s – 2.5 m/s (MIDUVI, 2011).

$$A = \pi * r^2$$

Ecuación 2.13 Área de la tubería (Serra, 2014).

El cálculo de la velocidad se obtuvo con base a la ecuación 2.14.

$$V = \frac{A}{QMP}$$

Ecuación 2.14 Velocidad de flujo (MIDUVI, 2011).

Donde:

V: Velocidad de flujo.

A: Área de la tubería.

QMP: Caudal máximo probable en m^3/s .

Presión del sistema

Para el cálculo de la presión del sistema se requirió del dato de la altura de la vivienda, se colocó el valor de 5 m de altura, el cual fue obtenido mediante los planos de la residencia.

Para la presión del sistema Motor Bomba- Hidroneumático esta deberá encontrarse dentro de los 15 m mínimo por sobre la altura de la vivienda a la cual se desea abastecer y un valor máximo de presión de 20m por sobre la presión mínima indicada. (MIDUVI, 2011)

Para la potencia de la bomba del sistema se usó la ecuación 2.15.

$$Potencia = \frac{Q \text{ del sistema} * Presión \text{ del sistema}}{76 * Eficiencia}$$

Ecuación 2.15 Potencia de la bomba (López Jimenez, 2014)

Donde:

Q: Caudal del sistema que es el QMP

Presión del sistema: se determinó sumando todas estas alturas.

$$Presión \text{ del sistema} = 5m + 15m + 20m$$

$$Presión \text{ del sistema} = 40 m$$

Eficiencia: del 60% para los cálculos de este sistema.

2.2.5 Cálculo del tanque hidroneumático

Para el cálculo del volumen del tanque hidroneumático se usó la ecuación 2.16:

$$W_{thn} = \frac{19 * R_{aire} * Q_b * (P_{OFF} + 10,33)}{N_{bombas} * N_{ciclos} * (P_{OFF} - P_{ON})}$$

Ecuación 2.16 Volumen del tanque hidroneumático (MIDUVI, 2011)

Donde:

W_{thn}: Volumen total del tanque hidroneumático en litros (L)

Q_b: caudal de bombeo medio, en litros por minuto (L/min)

P_{OFF}: presión de apagado o paro

P_{ON}: presión de encendido o arranque

N_{bombas}: número de bombas en funcionamiento (excepto la de reserva)

N_{ciclos}: número de ciclos por hora

R_{aire}: coeficiente que relaciona el tipo de renovación del aire

R_{aire}: 1,0 para hidroneumático de membrana con revisión periódica de la masa de aire

R_{aire}: 1,5 para renovación de aire con compresor automático

R_{aire}: 2,0 para renovación de aire mediante inyección manual

Para el cálculo del tanque hidroneumático se requiere obtener los datos planteados en la fórmula.

Caudal del sistema

Para el caudal del sistema se transforma el volumen diario de L/día a L/s, para esto se lo dividió para 86400 y luego se lo multiplicó por 10, ecuación 2.17, el caudal del sistema de tanque hidroneumático es 10 veces más que el caudal diario del tanque de almacenamiento.

$$Q \text{ del sistema} = Vd \frac{L}{\text{día}} * \frac{1}{86400} * 10$$

Ecuación 2.17 Caudal del sistema (López Jimenez, 2014)

Número de ciclos

Se tomó el valor de 20 ciclos / hora, que es el valor máximo de acuerdo con la potencia, este dato se lo obtuvo de la NEC 11 Norma Ecuatoriana de la construcción. (MIDUVI, 2011)

Tabla 4 Número de ciclos del sistema de bombeo (MIDUVI, 2011)

Potencia (HP)	Máximo número de ciclos/hora	Tiempo mínimo (minutos)
Hasta 10.0	20	3
De 10.0 a 20.0	15	4
De 20.0 a 30.0	12	5
De 30.0 a 50.0	10	6
Desde 50.0	6	10

Presión on – off

La presión on se obtuvo mediante la suma de la altura de la vivienda más la presión mínima del sistema, 15 m y la presión off se sumó la presión del sistema más la presión máxima sobre la presión mínima del sistema, 20 m.

$$\text{Presión on} = 5m + 15m = 20m$$

$$\text{Presión off} = 40m + 20m = 60m$$

Una vez obtenidos todos los datos se aplicó la ecuación 2.16, para determinar el volumen del tanque hidroneumático.

2.2.6 Cálculo de volúmenes necesarios para satisfacer la demanda en tanques de inodoros y riego de jardines.

Para el cálculo de los volúmenes requeridos en los inodoros, se tomaron en cuenta los caudales de los tanques de los inodoros, su capacidad y la cantidad de usos que existen dentro del hogar por cada integrante. El caudal que ingresa al tanque de los inodoros es de 0.10 L/s.

La vivienda cuenta con dos inodoros de depósito de 6 litros de capacidad cada uno, los primeros datos obtenidos del uso del agua que tiene cada usuario en el hogar, se supo que

el uso del aparato sanitario por personas es de 3 veces al día. Por lo tanto, se calcularon las veces de uso de los inodoros con el caudal respectivo para obtener los volúmenes que estos requieren para su funcionamiento.

Agua ocupada por persona por cada descarga

$$\text{Volumen de descarga} = 3 * 6L = 18 L$$

Volumen total de agua usada al día

$$\text{Volumen total} = \text{usuarios} * n \text{ inodoros} * \text{Volumen de descarga}$$

Ecuación 2.18 Volumen total

Para el riego de jardines se tiene la referencia de las cantidades que requieren las plantas que se pueden encontrar en un jardín, estas cantidades varían dependiendo del tipo de planta y su tamaño. Para árboles pequeños se tiene un factor de 0.9, densidad 0.5 y evapotranspiración (EVT) 3.5 al igual que para las plantas mixtas, estos valores se considerarán tomando en cuenta la cantidad de plantas existentes dentro del jardín. (Ciencia y Desarrollo, 2019)

Tabla 5 Plantas de jardín (*Ciencia y Desarrollo, 2019*)

	Factor	Densidad	EVT
Árboles pequeños	0.9	0.5	3.5
Arbustos	0.6	0.9	3.5
Plantas mixtas	0.7	1	3.5
Pasto (m2)	0.7	1	3.5

El jardín frontal de la vivienda cuenta con 4 árboles pequeños y 8 plantas mixtas, por lo que se realizaron los cálculos necesarios para este tipo de plantas.

2.2.7 Captación de aguas pluviales

El agua pluvial captada proviene únicamente de la terraza inaccesible que posee la vivienda, esta posee un sumidero sanitario que conduce las aguas recogidas hasta la caja de revisión ubicada en el patio.

Para el cálculo de estas aguas provenientes de la terraza se utilizó una guía de diseño de un sistema de cosecha de agua lluvia.

Se realizaron los análisis de las precipitaciones mensuales de 10 años, estos datos fueron obtenidos de la estación meteorológica del INAMHI.

Se calculó la precipitación promedio mensual, la demanda de la población y se determinó la oferta mensual de agua lluvia.

Los cálculos se realizaron para una dotación de agua de 40 litros/hab/día y un área total de 9 m².

Se utilizaron las siguientes ecuaciones para los cálculos respectivos:

Precipitación promedio mensual

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n}$$

Ecuación 2.19 Precipitación promedio mensual (UNAH, 2013)

Donde:

P_m: Precipitación mensual

$\sum P_i$: Valor de precipitación mensual

n: número de años evaluados

Demanda de la población

$$D_m = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000}$$

Ecuación 2.20 Demanda de la población (UNAH, 2013)

Donde:

D_m: demanda de agua

N_u: número de usuarios beneficiados

N_d: número de días del mes

Dot: dotación (L/hab/día), depende del uso del agua colectada

Oferta mensual de agua lluvia

$$A_{of} = \frac{P_m * Ce * Ac}{1000}$$

Ecuación 2.21 Oferta mensual de agua lluvia (UNAH, 2013)

Donde:

Aof: oferta mensual de agua lluvia m³

Pm: precipitación promedio mensual

Ce: coeficiente de escorrentía

Ac: área de captación asumida

1000: Factor de conversión de litros a m³

Volumen del tanque de almacenamiento

Tabla 6. Cálculo de volumen de tanque de almacenamiento de aguas pluviales

MES	PRESIPITACIÓN MENSUAL MM Pm	OFERTA DE AGUA LLUVIA		DEMANDA DE LA POBLACIÓN		DIFERENCIA ENTRE OFERTA ACUMULADA Y DEMANDA
		PARCIAL	ACUMULADA	ACUMULADA PARCIAL	ACUMULADA	
1	2	3	4	5	6	7
Mes 1 (mes de mayor precipitación)	Pm del mes 1	Aof del mes 1	Acumulada en el mes 1 = Aof del mes 1	Dm del mes 1	Acumulada en el mes 1 = Dm del mes 1	Oferta acumulada en el mes 1 (-)"menos" la demanda acumulada en el mes 1
Mes 2 (mes de mayor precipitación)	Pm del mes 2	Aof del mes 2	Acumulada en el mes 2 = Aof del mes 1 + Aof del mes 2	Dm del mes 2	Acumulada en el mes 2 = Dm del mes 1 + Dm del mes 2	Oferta acumulada en el mes 2 (-)"menos" la demanda acumulada en el mes 2

2.3 Modelo tridimensional de la ubicación de las redes, tanques, sistema trazo de planos y definición de costos

Se realizó la isometría del sistema en la cual se visualiza la configuración del sistema, se puede observar la ubicación de la bomba, las longitudes de las tuberías. Se observa la forma en la que está configurado el sistema, como están distribuidas las tuberías desde el tanque hidroneumático hasta los tanques de los inodoros.

La tubería que distribuye el agua tratada hasta los tanques de los inodoros primero sube por la pared del patio hasta la terraza inaccesible, es conducida por las paredes de la terraza hasta el techo de la parte superior del segundo piso. Aquí se la dirigió a través de las paredes hasta llegar al baño y hasta el tanque del inodoro de la segunda planta.

Para el baño de la primera planta, se continuó desde la pared del baño del segundo piso atravesando hasta el otro extremo del hogar para luego bajar hacia el baño de la primera planta.

El Anexo 3 muestra los planos de la vivienda junto con la isometría del sistema.

El presupuesto se realizó en base a los costos unitarios que presenta la Cámara de la Construcción (Cámara de la construcción, 2019), se incluyó tubería de ¾" como tubería de distribución y ½" para la conexión con los aparatos sanitarios, este presupuesto se puede observar en el Anexo 4.

Aparte de los cálculos realizados anteriormente, se ejecutó una simulación mediante el software de simulación Cypecad, para verificar que los diámetros de las tuberías sean los correctos, esto se observa en el Anexo 11.

2.4 Guía de diseño de sistema de reutilización de aguas grises

El objetivo de esta guía es orientar a los usuarios que desean tener un sistema de reutilización de aguas grises dentro del hogar y poder usarlas en los tanques de inodoros, el riego de los jardines o alguna otra actividad que no requiera del uso necesario del agua potable. Dentro del sistema se tiene un tratamiento primario de aguas grises, por lo cual las aguas tratadas del sistema no pueden ser utilizadas para consumo humano o para la preparación de alimentos, estas podrán ser usadas únicamente para uso en inodoros, limpieza del hogar y riego de jardines.

El sistema detallado fue enfocado en una vivienda construida, por lo cual se realizaron modificaciones dentro del sistema normal de conducción de las aguas residuales generadas.

Todos los cálculos realizados para la vivienda seleccionada fueron recopilados en una hoja de cálculo, la cual fue modificada para que otros usuarios puedan usarla como una guía de diseño.

Para la realización del sistema de recolección y reutilización de las aguas grises se deben tomar varias consideraciones como: los caudales a ser reutilizados, como se encuentran las conexiones para las tuberías que llevan a las cajas de revisión, el uso que se desea darle al agua tratada, el espacio necesario para establecer el sistema, materiales de construcción, entre otros.

Para las aguas grises se tienen tratamientos primarios que son la retención de sólidos gruesos y eliminación de grasas, las grasas no son de alta concentración debido a que están serán provenientes de la cocina, lavadora, lavandería y duchas, no se encuentran en grandes cantidades dentro de un hogar, pero si es necesaria su reducción dentro del sistema para así evitar complicaciones u obstrucciones.

En cuanto al filtro, es un filtro natural, casero que se puede realizar en cualquier hogar, este es removible para poder realizar su debido mantenimiento y posee materiales de fácil obtención como la grava y la arena, pueden usarse otros materiales filtrantes.

Tanto para el tanque de almacenamiento como el tanque hidroneumático se realizaron los cálculos respectivos, al obtenerse un valor calculado para estos tanques se requiere buscar valores disponibles dentro del mercado para poder usarlos dentro del sistema.

Para la tabla de presupuesto se realizó una compilación de todos los materiales usados dentro del sistema de reutilización de aguas grises. Se colocaron las medidas y cantidades requeridas y las dimensiones de cada uno de estos. Se buscaron las medidas adecuadas dentro del mercado y se buscó el precio unitario de cada material, para luego multiplicar este precio por la cantidad real requerida. Una vez obtenidos todos estos datos se sumaron los precios totales de cada material y se obtuvo el costo total de todo el sistema.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aguas grises generadas en la planta baja del hogar junto con las aguas lluvias se utilizan en el sistema de recirculación para abastecer los tanques de los inodoros y evitar el uso de agua potable en estos.

3.1 Información detallada del hogar

Los resultados de los cálculos fueron realizados para 4 habitantes, lo que arrojó la siguiente información.

Los caudales con los que cuenta la vivienda según la NEC 11 son:

Tabla 7. Caudales de dotación

USO	CAUDAL (L/s)
Regadera	0.2
Cocina	0.10
Lavadora (40L)	0.20
Lavabo	0.125
Descarga de inodoros (6L)	0.10
Llave de regadío	0.10

Con los datos presentados se calculó el volumen generado por cada integrante del hogar, tomando en cuenta el tiempo de uso por cada integrante.

Tabla 8. Volúmenes generados por los habitantes del hogar.

Habitantes	Tiempo de uso	V generado de aguas grises
1	Regadera 15 min Cocina 5 min Lavabo 2.10 min Inodoro	180 L 30 L 15.75 L 6 L/descarga
2	Regadera 15 min Cocina 5 min Lavabo 2 min Inodoro	180 L 30 L 15 L 6 L/descarga
3	Regadera 10 min Cocina 7 min Lavabo 2 min Inodoro Lavandería 20 min	120 L 42 L 15 L 6 L/descarga 120 L
4	Regadera 10 min Cocina 4 min Lavabo 2 min Inodoro	120 L 24 L 15 L 6 L/descarga
Todos	Lavadora Regadío 2 min	60 L 20 L

Para las aguas grises generadas por la lavadora se tomó en cuenta una descarga total de 60 L, esto debido a que al lavar no se llena por completo ya que la ropa ocupa un volumen dentro, las lavadoras usualmente suelen tener entre 3 a 5 descargas por lavada, al ser una lavadora de 40 L y que realiza 3 descargas de agua provenientes del lavado y enjuague se tomó un volumen de 20 L para cada descarga, por lo cual se obtuvo un valor de 60 L en total, por cada lavada.

Una vez analizados los volúmenes de aguas grises generados por cada persona dentro del hogar se tiene como resultado un total es de 366 L, este es el volumen generado por todos los integrantes del hogar en un día.

Para la elección del tanque de almacenamiento se compararon ambos volúmenes obtenidos, tanto el realizado con la dotación de agua suministrada al domicilio como con los cálculos realizados con la encuesta a los usuarios del hogar. Los cálculos obtenidos mediante el uso de la dotación suministrada daban un total de 800 L, este valor de volumen incluye aguas grises y aguas negras. En la encuesta solo se analiza el volumen de aguas grises, es decir que el cálculo realizado con la encuesta muestra un volumen total de 366 L pertenecientes a

aguas grises generados en un día. Este último valor será utilizado para el cálculo del tanque de almacenamiento.

El sistema de recolección y reutilización de aguas grises no solo recolecta estas aguas, ya que también está conectada la tubería que recolecta las aguas lluvia.

Tabla 9. Volumen del tanque de almacenamiento para la recolección de agua lluvia.

MES	DIFERENCIA ENTRE OFERTA ACUMULADA Y DEMANDA (m ³)
Abril	0.47256

Con los cálculos realizados para el sistema de recolección de aguas lluvia se obtuvieron los valores para cada mes, con estos datos se seleccionó el de mayor valor el cual representa el volumen del tanque para la captación de estas aguas lluvia. Se obtuvo un volumen de aproximadamente 500 L. (Observe tabla 14)

3.2 Dimensiones de la trampa para grasa

Al aplicar las ecuaciones: 2.1 Caudal residual, 2.2 Área superficial, 2.3 Volumen de trampa de grasas, 2.4 Área útil, 2.5 Área total y 2.6 Área.

Ecuación 2.1:
$$Qr = 3.52 \frac{m^3}{día} = 0.041 \frac{L}{s} = 0.147 \frac{m^3}{h}$$

Ecuación 2.2:
$$As = \frac{0.147}{13.50} = 0.011 m^2$$

Ecuación 2.3:
$$V = 0.147 * 3/60 \quad V = 0.00735m^3 = 7.35 L$$

Ecuación 2.4:
$$h = \frac{0.00735}{0.011} \quad h = 0.67 m$$

Ecuación 2.5:
$$A = \frac{0.011}{0.147} \quad A = 0.074 m^2$$

Ecuación 2.6:
$$0.074 = 1.5b * b \quad b = 0.22 \quad b = 0.22m ; \quad l = 0.33m$$

Se obtuvieron las siguientes dimensiones para su implementación:

Tabla 10. Dimensiones calculadas de la trampa para grasa.

Volumen	7.35	L
Altura útil	0.675	m
b	0.22	m
l	0.33	m

Para que las dimensiones puedan ser aplicadas se colocan medidas constructivas, se midió el espacio en el patio del hogar y se colocaron medidas para que esta pueda ser colocada de manera adecuada, se utilizó un valor de 0.3 m de seguridad en la altura útil, por lo cual las dimensiones a aplicar son las siguientes:

Tabla 11 Dimensiones constructivas de la trampa para grasa.

Volumen	7.35	L
Altura útil	0.7	m
Altura útil + 0.3 m de seguridad	1	m
b	0.20	m
l	0.30	m

En el Anexo 6 se visualiza los planos de la trampa para grasa.

3.3 Dimensiones para el filtro natural

Para la construcción del filtro natural se tomaron las siguientes consideraciones de diseño.

Tabla 12 Criterios de diseño del filtro natural múltiple.

Multimedia	Tamaño efectivo	Profundidad
Grava	3 mm	20 cm
Arena gruesa	0.5 mm	20 cm
Arena fina	0.25 mm	10 cm

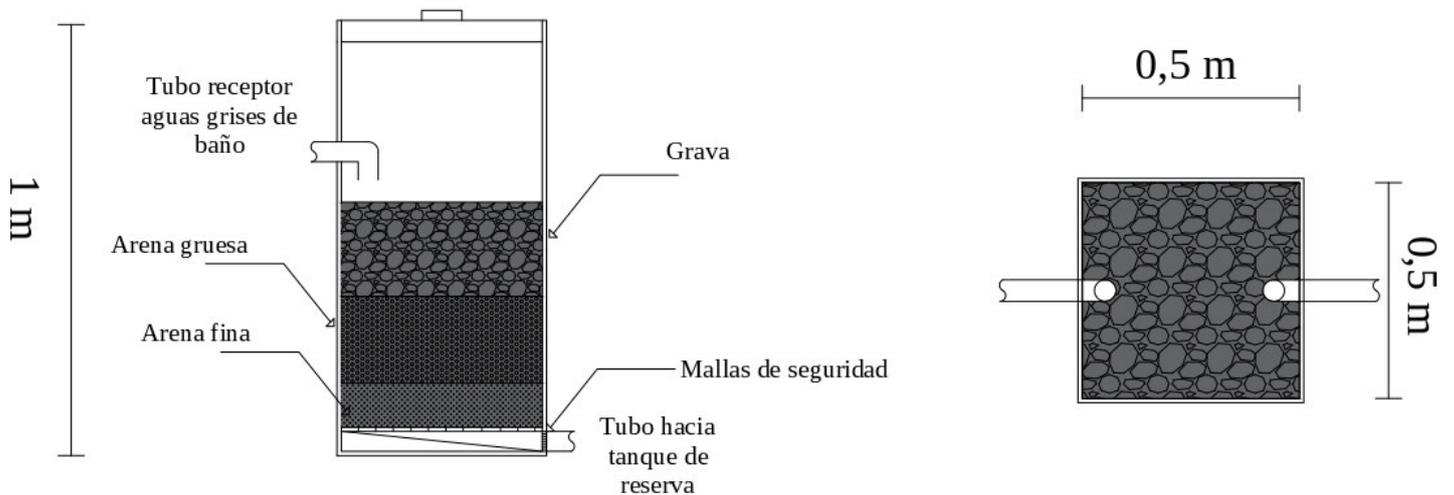


Figura 6. Diseño filtro natural múltiple.

3.4 Tanque de almacenamiento

Al aplicar las ecuaciones: 2.7 Volumen diarios (Obtenido mediante encuesta), 2.8 Área calculada, 2.9 Área Asumida

Ecuación 2.7: $Vd = 370 L$ $Vd = 370 L/día$ $Vd = 0.37 m^3$

Ecuación 2.8: $Ac = \frac{0.8}{1.40 \cdot 1.10}$ $Ac = 0.52 m$

Ecuación 2.9: $As = 0.52 + 0.3$ $As = 0.82 m$

Se obtuvo como resultado que el tanque de almacenamiento debe tener una capacidad de 370 litros para la demanda de agua requerida para los aparatos sanitarios y el riego de jardín. A este volumen se debe adicionar el de aguas pluviales, por lo cual se optó por tomar el valor del tanque de almacenamiento el cual sería el resultado de la sumatoria de 370 L de aguas grises generados más 500 L de aguas pluviales, entonces, el volumen total sería de 870 L, por lo tanto, el tanque de almacenamiento del sistema será de 1100L, se toma este valor debido a que en el mercado existen tanques de almacenamiento de 450 L, 600 L, 750 L, 1100 L, aproximadamente.

En la tabla 14 se observa los valores obtenidos de la diferencia entre oferta acumulada y demanda, el único valor que dio positivo fue resultado en el mes de abril, en el cual las precipitaciones son mucho más intensas, por lo cual generaría volúmenes de agua captada

de hasta 500 litros, en los otros meses por el contrario al salir valores negativos quiere decir que el agua captada no cumplirá con la demanda de agua requerida, entonces se recolectaran volúmenes menores a 500 litros, teniendo en cuenta este valor el tanque de almacenamiento de 1100 litros será suficiente para captar tanto las aguas grises generadas en el hogar, como también las aguas lluvia.

3.5 Tuberías para distribución de agua

Para la elección de tuberías se tomaron en cuenta los diámetros existentes en el mercado, para este caso tuberías de ½" (13.85 mm), de ¾" (18.85 mm), y al aplicar las ecuaciones: 2.10 Caudal instantáneo, 2.11 Coeficiente de simultaneidad, 2.12 Caudal máximo probable, 2.13 Área de la tubería, 2.14 Velocidad de flujo

Ecuación 2.10: $q_{it} = 1 * 0.1 \quad q_{it} = 0.1 \text{ L/s}$

Ecuación 2.11: $K_s = \frac{1}{\sqrt{3-1}} + 0 * (0.04 + 0.04 * \log(\log(3))) \quad K_s = 0.707$

Ecuación 2.12: $QMP = 0.707 * 0.4 \quad QMP = 0.283 \text{ L/s}$

Ecuación 2.13: $A = 0.0002791 \text{ m}^2$

Ecuación 2.14: $V = \frac{0.000297}{0.000283} \quad V = 1.04 \text{ m/s}$

Se obtuvo una velocidad de la acometida de 1.04 m/s (para la tubería de ¾"), el valor se encuentra dentro del rango de la norma NEC-11 y para la tubería ½" se obtuvo una velocidad muy baja (0.16m/s), por lo tanto, se escogió el diámetro de ¾" (18.85 mm) para la tubería de distribución.

Presión del sistema

Al aplicar la ecuación 2.15 Potencia de la bomba hidráulica y la presión del sistema, se obtuvo una potencia de la bomba de 0.25 hp. En el mercado la bomba se encuentra desde ½ HP en adelante, por lo cual se tomó este valor para el sistema de reutilización de aguas grises.

3.6 Tanque hidroneumático

Al aplicar las ecuaciones 2.16 Volumen del tanque hidroneumático y 2.17 Caudal del sistema

Ecuación 2.17: $Q \text{ del sistema} = 0.09 \text{ L/s}$

Ecuación 2.16: $W_{thn} = \frac{19 * 1.5 * (0.09 * 60) * (60 + 10,33)}{1 * 20 * (60 - 20)} \quad W_{thn} = 13.92 \text{ L}$

Se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 13 Resultados del cálculo del tanque hidroneumático.

Cálculo de potencia del tanque hidroneumático		
Q de sistema	0.09	L/s
Altura del edificio	5	m
Presión del sistema	40	m
Eficiencia	60	%
Presión on	20	mca
Presión off	60	mca
Vol. del Tanque Hidroneumático	13.92	L

Para el tanque hidroneumático se obtuvo un volumen de 13.92 litros, se buscaron volumen es de tanques que se encuentren dentro del mercado, para el volumen obtenido mediante cálculos se puede usar un tanque de volumen de 24 litros. Se toma este valor ya que en el mercado este es el de menor capacidad que se encuentra para el tanque hidroneumático.

3.7 Volúmenes necesarios para satisfacer las descargas de los inodoros y riego de jardines

Al aplicar la ecuación 2.18 Los resultados obtenidos para el volumen requerido en los tanques de inodoro fue de:

$$Volumen\ total = 4 * 2 * 18 = 144\ L$$

$$Volumen\ total = 144\ L$$

Y para el volumen requerido en el riego de jardines, el resultado obtenido fue de:

$$Agua\ requerida\ para\ árboles\ pequeños = 0.9 * 0.5 * 3.5 * 4 = 6.3\ L$$

$$Agua\ requerida\ para\ plantas\ mixtas = 0.7 * 1 * 3.5 * 8 = 19.6\ L$$

$$Volumen\ total = 25.9\ L$$

Tomando en cuenta ambos datos tanto para satisfacer las descargas de los inodoros como el riego de jardín se tiene como resultado un volumen necesario de 169.9 litros al día.

Dentro del sistema de recolección de aguas grises se calculó un volumen total de reutilización dentro del hogar de 366 litros, provenientes de cocina, lavamanos, lavandería y lavadora. A este volumen generado dentro del hogar se adicionará el volumen proveniente de las aguas pluviales de la terraza inaccesible.

3.8 Aguas Pluviales

Al aplicar las ecuaciones 2.19 y 2.20 se obtuvo los datos de precipitación, demanda agua y acumulación.

Tabla 14. Resultados de precipitación, demanda y acumulación.

Mes	Precipitación promedio mensual (mm/mes)	Demanda de agua (m ³)	Oferta mensual de agua lluvia (m ³)
Abril	195.28	4.8	1.32
Marzo	173.08	4.8	1.17
Febrero	164.47	4.8	1.11
Enero	156.73	4.8	1.06
Mayo	150.2	4.8	1.01
Octubre	146.07	4.8	0.99
Noviembre	129.97	4.8	0.88
Diciembre	125.71	4.8	0.85
Septiembre	81.87	4.8	0.55
Junio	69.79	4.8	0.47
Agosto	52.12	4.8	0.35
Julio	48.72	4.8	0.33

Se organizaron los datos colocando en la parte superior al mes en el que se obtuvo mayor precipitación.

Para la determinación del volumen del tanque se colocaron los datos obtenidos, en la tabla 14 y se calculó la acumulada tanto para la oferta del agua lluvia y la demanda de la población. Finalmente se realizó la diferencia entre oferta y demanda para así poder obtener el valor del volumen del tanque.

Tabla 15. Resultados de la diferencia entre oferta acumulada y demanda.

MES	DIFERENCIA ENTRE OFERTA ACUMULADA Y DEMANDA (m ³)
Abril	0.47256
Marzo	-3.15915
Febrero	-6.8489775
Enero	-10.59105
Mayo	-14.3772
Octubre	-18.1912275
Noviembre	-22.11393
Diciembre	-26.0653875
Septiembre	-30.312765
Junio	-34.6416825
Agosto	-39.0898725
Julio	-43.5610125

Para el volumen del tanque de recepción de las aguas pluviales se debe tomar el valor máximo obtenido en la diferencia entre la oferta acumulada y la demanda. Este cálculo se lo realizó para saber el volumen requerido del tanque necesario para las aguas pluviales provenientes de la terraza inaccesible. Los valores negativos se refieren a que en esos meses no se tendrá la demanda requerida, esto no implica un problema debido a que el agua pluvial recogida es un aporte adicional a las aguas grises recolectadas.

Por lo tanto, el volumen necesario para satisfacer tanto las descargas como el riego de jardín es el adecuado para cumplir con la demanda dentro del hogar.

3.9 Redes del sistema de recolección y conducción en AutoCAD

Se realizaron modificaciones en la caja de revisión ubicada en el patio, para que esta sirva como amortiguador de caudales y los redirija hacia la trampa para grasa. La trampa para grasa tiene la salida hacia el filtro que luego pasa hacia el tanque de almacenamiento que posee una capacidad de 1100 litros. El agua tratada almacenada dentro del tanque es succionada con la ayuda de una bomba hidráulica e impulsada junto con el tanque hidroneumático. El tanque hidroneumático es el encargado de la distribución de los caudales necesarios para satisfacer los caudales requeridos en los tanques de los inodoros.

Para las tuberías de conexión hacia los inodoros y la llave de patio, se utilizó la tubería de ½” ya que esta es la que se especifica en la norma NEC-11.

En los Anexos 8 y 9 se pueden visualizar los planos de la estructura del sistema de recolección y distribución de aguas grises dentro del hogar.

3.10 Presupuesto

Se realizó el presupuesto para el sistema de reutilización de aguas grises en base a los planos tanto de planta como los planos isométricos del sistema. Se procedió al cálculo del presupuesto con las cantidades requeridas para la realización del sistema, los precios unitarios de cada material se obtuvieron de la Cámara de la Construcción.

Para la construcción de todo el sistema de recolección y reutilización de las aguas grises generadas en el hogar para el uso de tanques de inodoros se requiere de un costo de 569.40 dólares. (Observe figura 7)

		Escuela Politécnica Nacional		Presupuesto de materiales para sistema de reutilización de aguas grises.	
Materiales	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Costo Total	
Tubo PVC roscable Ø "1/2 (10m)	m	10	1.6	\$16.00	
Tubo PVC roscable Ø "3/4 (36m)	m	36	2.5	\$90.00	
Tubo de desagüe de 50mm	U	1	6.2	\$6.20	
Unión de 3/4"	U	2	5.6	\$11.20	
Buje de 3/4" * 1/2"	U	3	0.5	\$1.50	
Codo de 1/2" * 90°	U	10	0.5	\$5.00	
Codo de 3/4" * 90°	U	10	0.8	\$8.00	
Tee de 3/4"	U	4	1	\$4.00	
Válvula de pie de 3/4"	U	1	6	\$6.00	
Válvula check de 3/4"	U	1	6	\$6.00	
Llave de paso de 3/4"	U	1	12	\$12.00	
Flotador de 3/4"	U	1	10	\$10.00	
Adaptador de tanque 3/4"	U	1	3.5	\$3.50	
Tanque hidroneumático de 24 L	U	1	40	\$40.00	
Tanque de 1100 LTRS	U	1	250	\$250.00	
Bomba de 1/2 hp	U	1	100	\$100.00	
			TOTAL	\$569.40	

Figura 7. Presupuesto del sistema de reutilización de aguas grises

3.11 Guía de Diseño para el Sistema de Reutilización de Aguas Grises

La guía de diseño cuenta con la descripción del sistema, su funcionamiento y elementos que lo conforman cuenta con una descripción de los sistemas de recolección, tratamiento y distribución. Incluyó una hoja de cálculo en la cual se puede calcular los volúmenes del tanque de almacenamiento, las pérdidas y potencia de la bomba de impulsión, la cantidad de aguas grises generadas dentro del hogar y el total de agua requerida para los tanques de inodoro y riego de jardines. La descripción de uso de la hoja de Excel se encuentra dentro de la guía de diseño.

La guía también cuenta con los planos y medidas requeridas para la trampa para grasa y el filtro natural múltiple.

En el Anexo 12 se visualiza en la guía de diseño para el sistema de reutilización de aguas grises.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se diseñó un sistema de reutilización de aguas grises para la descarga de inodoros y riego de jardín de una vivienda de dos plantas ubicada en la Parroquia de Alangasí, Barrio San Carlos.
- Se concluye que el volumen obtenido de aguas grises generadas al día es de alrededor de 370 L, el cual puede abastecer los tanques de inodoros y reducir el uso de agua potable en los mismos.
- Para implementar este tipo de sistema en la vivienda, depende de una inversión inicial, pero tendrá un beneficio en el ahorro de agua y un ahorro económico, así también como la posibilidad de utilizar dicha agua en varias actividades como la limpieza de pisos dentro de la vivienda.
- Se realizó una guía de diseño para usuarios, esto ayudara a personas a visualizar el medio por el cual pueden reciclar aguas grises en el hogar y aprovecharlas de manera adecuada, creando un beneficio tanto para los habitantes del hogar como para el ambiente.
- Se concluye que estas aguas son aptas para la reutilización en sectores como: la limpieza, riego de jardín y para la reutilización en los tanques de los inodoros, debido a los bajos niveles de contaminación que posee, pero no es apta para consumo humano en ninguna circunstancia.

4.2 Recomendaciones

- Se debe tener en consideración todos los aspectos que se menciona en la guía del sistema de reutilización de aguas grises para un adecuado funcionamiento del sistema.
- Este sistema tiene como objetivo ayudar a vivienda unifamiliares, ya que para conjuntos o viviendas plurifamiliares se necesita otro cálculo diferente al que se realizó en este documento.
- Los volúmenes de aguas grises recolectados en el hogar pueden variar dependiendo de la cantidad de personas que viven en el hogar y del tiempo de consumo de estas.
- Si son viviendas ya construidas se debe colocar las descargas de tuberías de aguas grises separadas de las tuberías que descarguen de los tanques de inodoros, para evitar la contaminación de las aguas y poder reutilizarlas.
- Las aguas grises tratadas pueden ser utilizadas en actividades del hogar que no impliquen su consumo, pueden ser usadas en actividades de limpieza.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOUA TECNOLOGIA. (2018). *Ingeniería en Tratamiento de Agua y Procesos*. Obtenido de Filtración de Agua: <http://acquatecnologiaperu.com/works/filtracion-de-agua>
- APLIAQUA. (2018). *Aguas grises: qué son y cuál es su composición*. Obtenido de <https://depuraciondelagua.com/que-son-aguas-grises/>
- asia . (2015). *Propuesta de reglamento técnico salvadoreño para el diseño y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para la zona rural*. Obtenido de <https://asiasv.org/wp-content/uploads/4.-DOCUMENTO-FINAL-DE-TRATAMIENTO-AGUAS-RESIDUALES.pdf>
- Basile, P. A. (Abril de 2020). *Flujo en conducción a presión*. Obtenido de https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/17375/FCP_Pedro%20A.%20Basile_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y#:~:text=Los%20flujos%20a%20presi%C3%B3n%20en,sea%20horizontal%2C%20descendente%20o%20ascendente.
- BID. (12 de Agosto de 2015). *CONSUMO DE AGUA AL DÍA*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/agua/es/cuanta-agua-consumes-realmente-por-dia/>
- Calles, J. (2 de Abril de 2012). *Consumo de agua en la ciudad de Quito*. Obtenido de <http://agua-ecuador.blogspot.com/>: <http://agua-ecuador.blogspot.com/2012/04/consumo-de-agua-en-la-ciudad-de-quito.html#:~:text=Quito%20190%2D266%20litros%2Fhabitante%2Fd%C3%ADa&text=Cuenca%20220%20litros%2Fhabitante%2Fd%C3%ADa>
- Cámara de la construcción. (04 de 2019). <http://www.cconstruccion.net/>. Obtenido de Precios de Materiales: /precios_files/materialesprecios.pdf
- Ciencia y Desarrollo. (2019). *¿Cuánta agua necesita mi jardín?* Obtenido de <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=480>
- Danielsson, M. (27 de Abril de 2018). *Agua de uso doméstico en países en desarrollo*. Obtenido de <https://sswm.info/es/taxonomy/term/2658/reduce-water-consumption-at-home>
- Evangelista, C. (2012). *Control de sistemas no lineales por modos deslizantes de segundo orden*. La Plata.

- HALÉCO. (28 de Junio de 2019). *Tanques de almacenamiento*. Obtenido de <http://www.haleco.es/tanques-almacenamiento-tipos-materiales-usos/>
- iagua. (28 de Junio de 2015). *Tratamiento de aguas grises*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/cristina-assenjo-lopez/tratamiento-aguas-grises>
- iagua. (09 de Abril de 2018). *La importancia de la separación de grasas y aceites*. Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/teqma/importancia-separacion-aceites-y-grasas-tratamiento-agua-residual-urbana>
- iagua. (2020). *Aguas pluviales*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-pluviales>
- ISA. (2019). *Trampas de grasa Un pre tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <https://isa.ec/trampas-de-grasa-un-pre-tratamiento-de-aguas-residuales/>
- Joaquín López, A. J. (Julio de 2012). *Reciclaje de aguas grises*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/324039859_El_reciclaje_de_aguas_grises_como_complemento_a_las_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_el_medio_rural
- LONISOL. (2018). Obtenido de Tanques presurizados: <https://lonisol.mx/portfolio/tanques-presurizados/>
- López Jimenez, P. (07 de Julio de 2014). *Ecuación de Bernoulli*. Obtenido de <https://polimedia.upv.es/visor/?id=4a4976d6-7244-694b-8f5a-9a9351a5f1e0>
- López, R. (19 de Julio de 2014). *slideshare*. Obtenido de Disipadores: <https://es.slideshare.net/RafaelLopez15/disipadores>
- M. Espigares Gracia, J. A. (2017). *Aguas residuales composición*. Obtenido de https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- MIDUVI. (06 de Abril de 2011). *NEC 11 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de CAPÍTULO 16: <https://inmobiliariadja.wordpress.com/nec-2011/>
- Ortega, M. (Octubre de 2016). *SISTEMA ALTERNATIVO PARA REUTILIZAR AGUAS GRISAS EN UNA VIVIENDA DE LA CIUDAD DE MACHALA*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15193/1/Sistema%20alternativo%20para%20reutilizar%20aguas%20grises.pdf>
- Pérez, L. R. (2020). *Gestión de agua y saneamiento sostenible*. Obtenido de Conducción por gravedad: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y->

saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/conducci%C3%B3n-por-gravedad

Portales, A. (4 de Septiembre de 2014). *slideshare*. Obtenido de Distribución por gravedad: <https://es.slideshare.net/Jorge77c44/distribucion-por-gravedad-38725925>

Proaño, P., Capito, L., Rosales, A., & Camacho, O. (2017). A dynamical sliding mode control approach for long deadtime systems. *International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)* . IEEE.

Rojas, R. (2000). *Tratamiento de aguas residuales*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Serra, B. R. (2014). *ÁREA DEL CÍRCULO*. Obtenido de Universo Formulas : <https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/area-circulo/>

SOLICLIMA. (2017). *Tratamientos de aguas*. Obtenido de <https://www.soliclima.es/aguas-pluviales>

SONDAGUA. (2 de Abril de 2018). *Bomba hidráulica*. Obtenido de <http://www.sondagua.cl/blog/una-bomba-hidraulica-funciona/>

UNAH. (2013). *Guía de diseño*. Obtenido de Sistema de cosecha de agua lluvia: <https://www.cosechaagualluvia.cl/?mdocs-file=257>

Vasquez, A. E. (2004). Material de apoyo didáctico de la enseñanza aprendizaje en la asignatura de instalaciones sanitarias domiciliarias industriales e ingeniería de medio ambiente. *Instalaciones Sanitarias domiciliarias industriales e ingeniería de medio ambiente*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN.

ANEXOS

ANEXO 1: MEDICIÓN DE LOS CAUDALES POR MÉTODO VOLUMÉTRICO

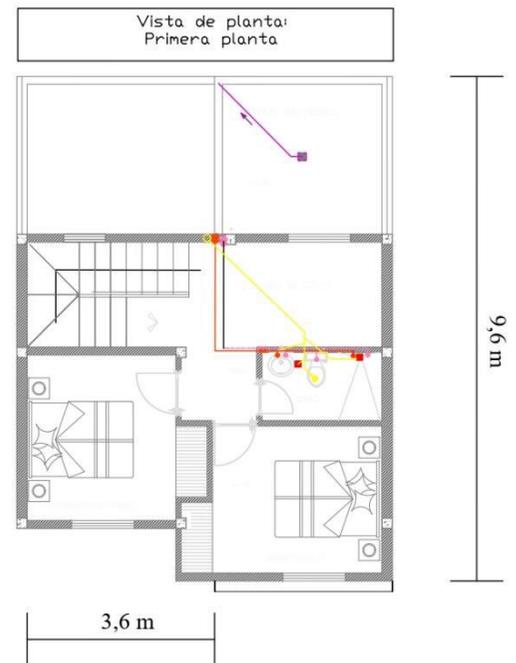
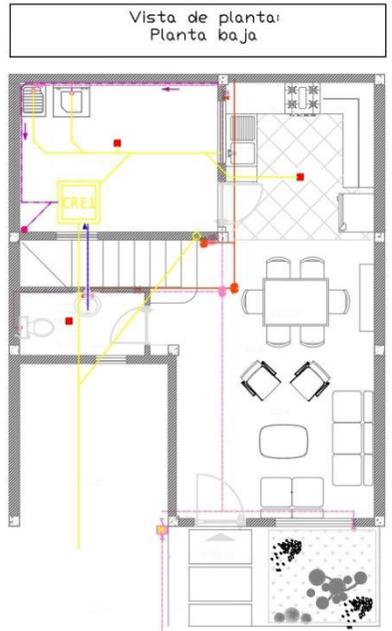


Figura 8. Medición del caudal del lavamanos (método volumétrico)

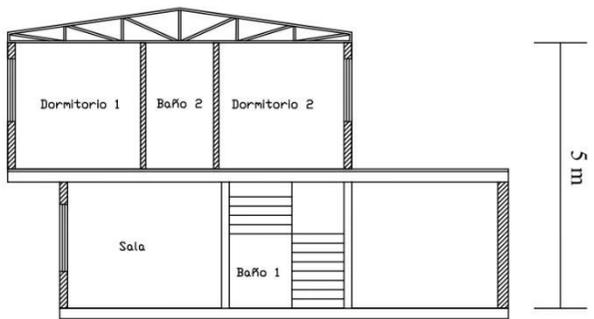


Figura 9. Medición del caudal de llave de la cocina (método volumétrico)

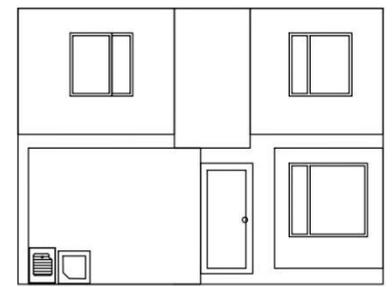
ANEXO 2: PLANOS ORIGINALES DE LA VIVIENDA



Vista transversal



Vista frontal



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PLANOS ORIGINALES DE LA VIVIENDA

TEC. SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

INTEGRANTES: CADENA SERGIO
CARCELÉN SOFÍA

DIRECTOR: ING. PATRICIA PANCHI

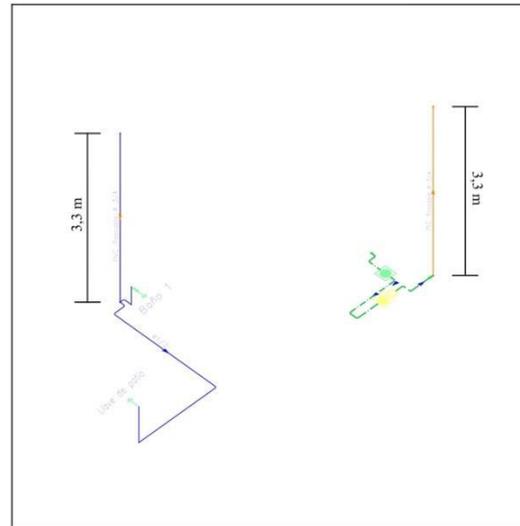
CODIRECTOR: ING. PATRICIA HARO

LEYENDA	
	AGUAS SERVIDAS
	AGUA CALIENTE
	AGUA FRÍA
	AGUA LLUVIA
CR	CAJA DE REVISIÓN

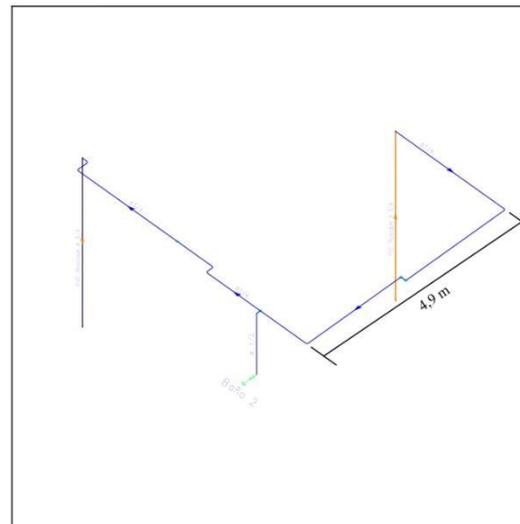
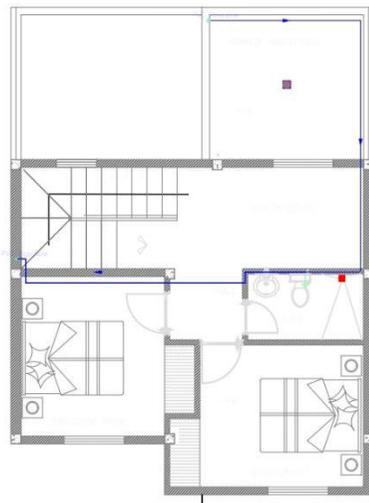
1:100	ESCALA
-------	--------

ANEXO 3: PLANOS ISOMÉTRICOS

Planta baja vista de planta e isometría



Primera planta vista de planta e isometría



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PLANOS DE ISOMETRÍA

PLANOS DE REDISTRIBUCIÓN

TEC. SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO
AMBIENTAL

INTEGRANTES: CADENA SERGIO
CARCELÉN SOFÍA

DIRECTOR: ING. PATRICIA PANCHI

CODIRECTOR: ING. PATRICIA HARO

LEYENDA

	Montante de agua
	Recirculación Agua fría
	Sistema de presurización
	Tanque dlmacenamiento
	Baño de planta baja
	Baño de primera planta
1:100	ESCALA

**ANEXO 4: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE
AGUAS GRISES**



Escuela politécnica
Nacional

Presupuesto de materiales
para sistema de reutilización
de aguas grises.

Materiales	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Tubo PVC roscable \varnothing "1/2 (10m)	m	10	1.6	\$16.00
Tubo PVC roscable \varnothing "3/4 (36m)	m	36	2.5	\$90.00
Tubo de desagüe de 50mm	U	1	6.2	\$6.20
Unión de 3/4"	U	2	5.6	\$11.20
Buje de 3/4" * 1/2"	U	3	0.5	\$1.50
Codo de 1/2" * 90°	U	10	0.5	\$5.00
Codo de 3/4" * 90°	U	10	0.8	\$8.00
Tee de 3/4"	U	4	1	\$4.00
Válvula de pie de 3/4"	U	1	6	\$6.00
Válvula check de 3/4"	U	1	6	\$6.00
Llave de paso de 3/4"	U	1	12	\$12.00
Flotador de 3/4"	U	1	10	\$10.00
Adaptador de tanque 3/4"	U	1	3.5	\$3.50
Tanque hidroneumático de 24 L	U	1	40	\$40.00
Tanque de 1100 LTRS	U	1	250	\$250.00
Bomba de 1/2 hp	U	1	100	\$100.00

TOTAL	\$569.40
--------------	-----------------

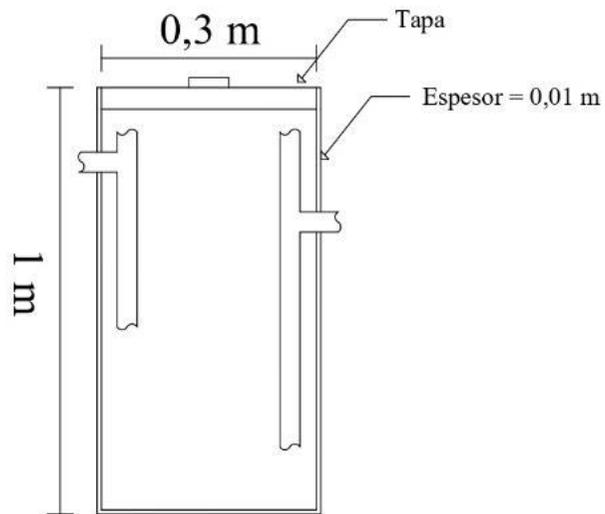
ANEXO 5: CÁLCULO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA

Método de simultaneidad											
Planta	Ambiente	Aparato Sanitario	qi	Cantidad	qi Total	F	Ks	QMP (L/s)	Díametro	Área	Velocidad de la acometida
			(L/s)								(m/s)
Primera Planta	Baño	Inodoro con depósito	0.1	1	0.1		0.707	0.07	13.88	0.00015131	0.47
Planta baja	Baño	Inodoro con depósito	0.1	1	0.1		0.707	0.07	13.88	0.00015131	0.47
		Grifo para manguera	0.2	1	0.2		0.707	0.14	13.88	0.00015131	0.93
		Tubería acometida	(n)	3	0.4	0	0.707	0.283	18.85	0.00027907	1.01

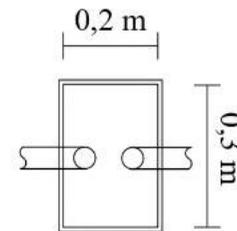
ANEXO 6: DISEÑO DE TRAMPA PARA GRASA

Trampa de grasas

Corte Transversal



Planta



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA

PLANOS DE DISEÑO

TEC. SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO
AMBIENTAL

INTEGRANTES: CADENA SERGIO
CARCELÉN SOFÍA

DIRECTOR: ING. PATRICIA PANCHI

CODIRECTOR: ING. PATRICIA HARO

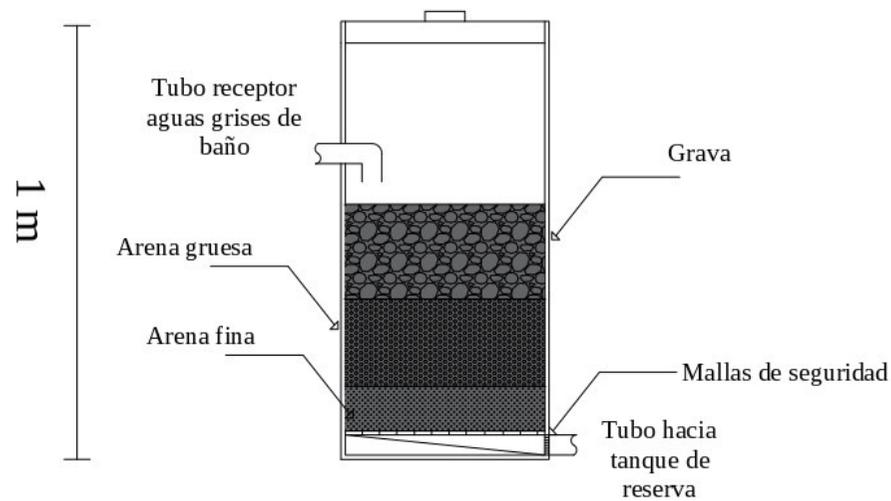
1:100

ESCALA

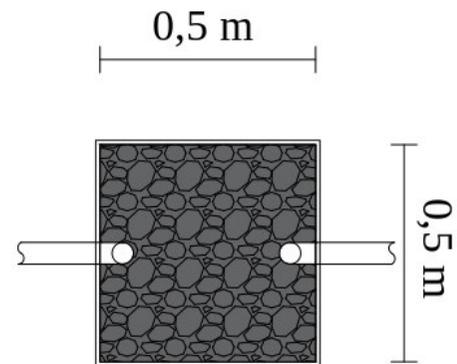
ANEXO 7: PLANOS DEL FILTRO NATURAL

Filtro Natural

Corte Transversal



Planta



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DISEÑO DE FILTRO NATURAL

PLANOS DE DISEÑO

TEC. SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

INTEGRANTES: CADENA SERGIO
CARCELÉN SOFÍA

DIRECTOR: ING. PATRICIA PANCHI

CODIRECTOR: ING. PATRICIA HARO

LEYENDA

	GRAVA
	ARENA
	ARENA FINA
1:100	ESCALA

ANEXO 8: PLANOS DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PLANOS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

PLANOS DE REDISTRIBUCIÓN

TEC. SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

INTEGRANTES: CADENA SERGIO
CARCELÉN SOFÍA

DIRECTOR: ING. PATRICIA PANCHI

CODIRECTOR: ING. PATRICIA HARO

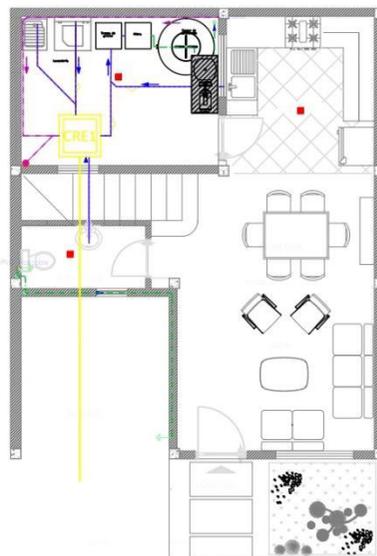
LEYENDA

1:100	ESCALA
	AGUAS GRISES
	AGUA LLUVIA
	AGUA TRATADA
	AGUAS SERVIDAS

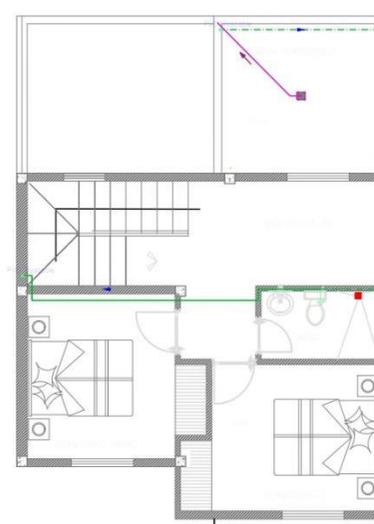
Simbología

	Bomba hidráulica
	Tanque de agua
	Lavandería
	Lavadora
	Caja de revisión existente
	Tanque hidroneumático

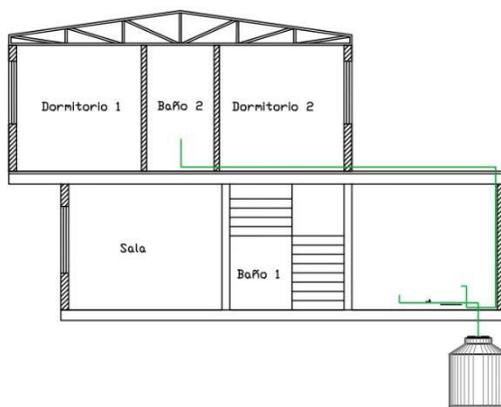
Vista de planta:
Planta baja



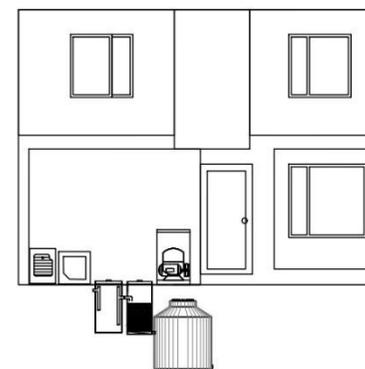
Vista de planta:
Primera planta



Vista transversal

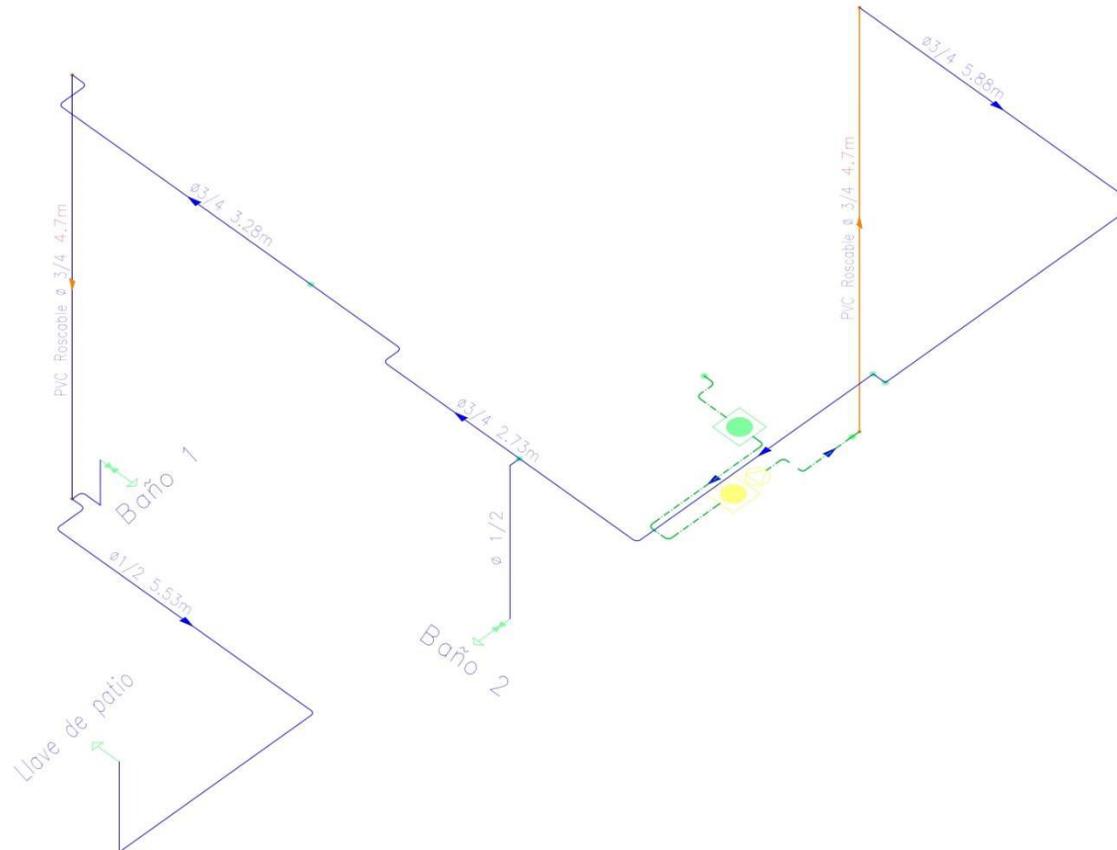


Vista frontal



ANEXO 9: PLANO ISOMETRÍA TOTAL

Isometría Total



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PLANO DE ISOMETRÍA TOTAL

PLANOS DE REDISTRIBUCIÓN

TEC. SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO
AMBIENTAL

INTEGRANTES: CADENA SERGIO
CARCELÉN SOFÍA

DIRECTOR: ING. PATRICIA PANCHI

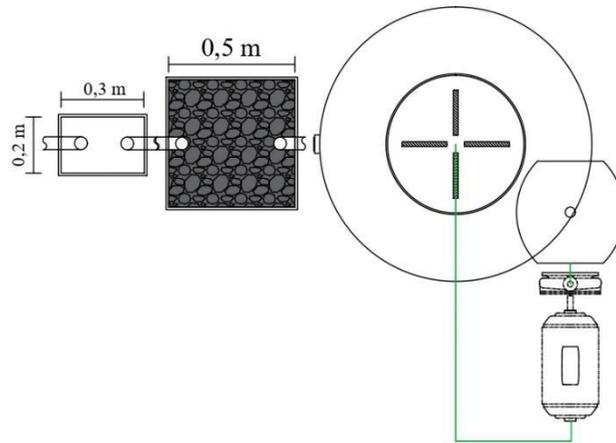
CODIRECTOR: ING. PATRICIA HARO

LEYENDA

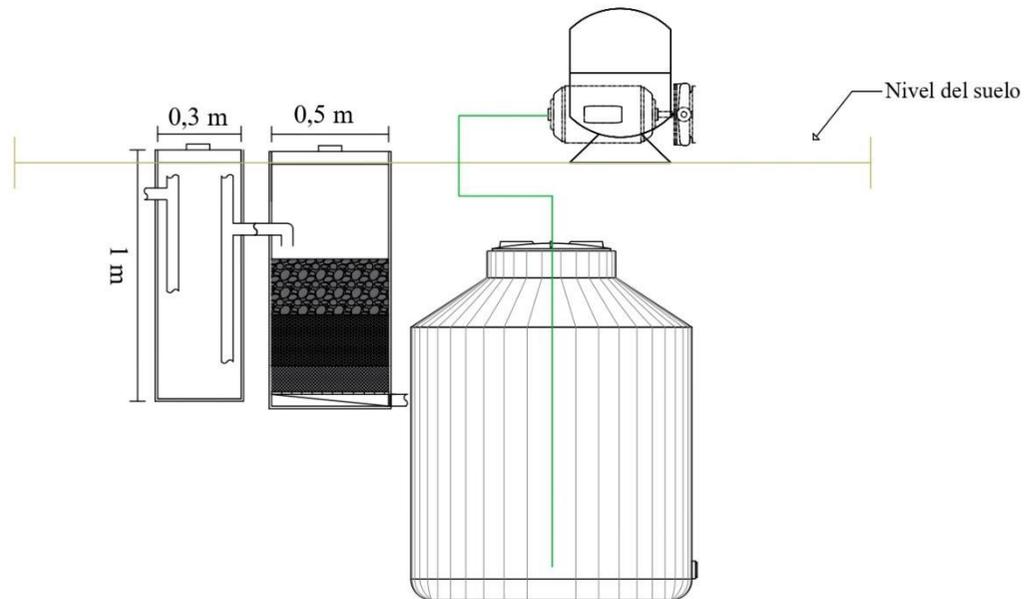
	Montante de agua
	Recirculación Agua fría
	Sistema de presurización
	Tanque de almacenamiento
1:100	ESCALA

ANEXO 10: SISTEMA DE TRATAMIENTO, ALMACENAMIENTO E IMPULSIÓN

Vista en planta del sistema de tratamiento, almacenamiento e implusión



Vista transversal del sistema de tratamiento, almacenamiento e impulsión



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

SISTEMA DE REUTILIZACIÓN: TRAMPA DE GRASA - FILTRO - TANQUE DE ALMACENAMIENTO - BOMBA Y TANQUE HIDRONEUMÁTICO

PLANOS ACTUALES

TEC. SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

INTEGRANTES: CADENA SERGIO
CARCELÉN SOFÍA

DIRECTOR: ING. PATRICIA PANCHI

CODIRECTOR: ING. PATRICIA HARO

LEYENDA

— AGUA TRATADA

1:100 ESCALA

ANEXO 11: RESULTADOS DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN CYPECAD

Instalaciones de fontanería y saneamiento - v2016.o - [C:\...\\Simulacion_Tesis.mep]

Archivo Obra Montantes Tuberías Nudos Elementos Edición Resultados Ayuda

Extremo
 Punto medio
 Perpendicular
 Más cercano
 Intersección
 + Prolongación
 + Perpendicular
 + Ortogonal

Instalación
 Equipos
 Tuberías
 Otras instalaciones
 Resultados

Vista 3D

Grupo de presión con depósito
 Referencia : N1 -> N2, (3.76, 7.35), 3.41 m
 Grupo de presión con depósito : 40.0 m.c.a.
 Presión de entrada : -0.33 m.c.a.
 Presión de salida : 39.67 m.c.a.
 Caudal : 0.30 l/s
 Potencia eléctrica : 0.1962 KW

Fontanería Saneamiento

Resultados - Mostrar los resultados calculados. Seleccione un elemento.

Planta baja

Instalaciones de fontanería y saneamiento - v2016.o - [C:\...\Simulacion_Tesis.mep]

Archivo Obra Montantes Tuberías Nodos Edición Resultados Ayuda

Extremo
 Punto medio
 Perpendicular
 Más cercano
 Intersección
 Prolongación
 Perpendicular
 Ortogonal

Instalación
 Equipos
 Tuberías
 Otras instalaciones
 Resultados

Vista 3D

Fontanería Saneamiento

Resultados - Mostrar los resultados calculados. Seleccione un elemento.

Planta baja

Montantes	
Referencia	: M1
PVC Roscable	
PVC Roscable-Ø3/4	
Caudal	: 0.30 l/s
Caudal bruto	: 0.40 l/s
Velocidad	: 1.07 m/s
Pérdida presión	: 0.45 m.c.a.
Comprobación	
Se cumplen todas las comprobaciones	
Nudo	
Referencia	: N3
Cota	: 0.00 m
Presión	: 39.30 m.c.a.

Instalaciones de fontanería y saneamiento - v2016.o - [C:\...\\Simulacion_Tesis.mep]

Archivo Obra Montantes Tuberías Nudos Elementos Edición Resultados Ayuda

Listados

- Generales
- Capturas
 - Extremo
 - Punto medio
 - Perpendicular
 - Más cercano
 - Intersección
 - + Prolongación
 - + Perpendicular
 - + Ortogonal
- Capas
 - Instalación
 - Equipos
 - Tuberías
 - Otras instalaciones
 - Resultados
- Vista 3D
- Errores

TERRAZA INACCESIBLE

SALA DE EST.-TV.

BAÑO

M1 PVC Roscable Ø3/4

N1

M2 PVC Roscable N6

PVC Roscable Ø3/4

PVC Roscable Ø3/4

PVC Roscable Ø3/4

— Tuberías

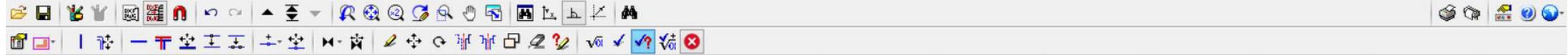
Referencia : N1 -> N2
 PVC Roscable-Ø3/4
 Longitud : 5.88 m
 Nivel : Altura de la planta - 0.3 m
 Caudal : 0.30 l/s
 Caudal bruto : 0.40 l/s
 Velocidad : 1.07 m/s
 Pérdida presión : 0.57 m.c.a.

Comprobación
 Se cumplen todas las comprobaciones

Fontanería Saneamiento

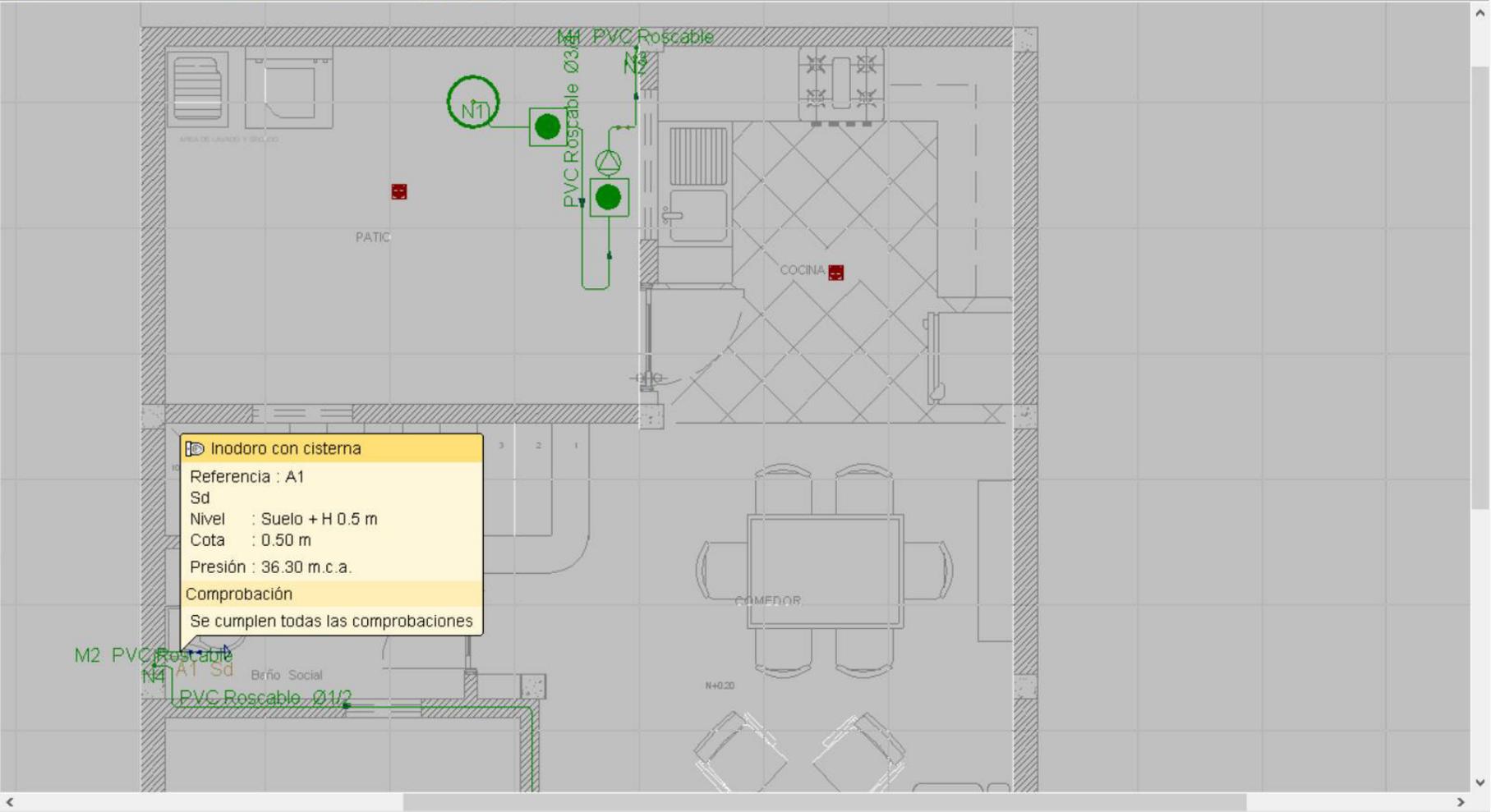
Resultados - Mostrar los resultados calculados. Seleccione un elemento.

Primera Planta



Listados

- Generales
- Capturas
 - Extremo
 - Punto medio
 - Perpendicular
 - Más cercano
 - Intersección
 - Prolongación
 - Perpendicular
 - Ortogonal
- Capas
 - Instalación
 - Equipos
 - Tuberías
 - Otras instalaciones
- Resultados
- Vista 3D
- Errores



Inodoro con cisterna
Referencia : A1
Sd
Nivel : Suelo + H 0.5 m
Cota : 0.50 m
Presión : 36.30 m.c.a.
Comprobación
Se cumplen todas las comprobaciones

**ANEXO 12: GUÍA DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE
REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES**

GUÍA DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

INTRODUCCIÓN

El documento descrito a continuación tiene como objetivo detallar el proceso para la construcción de un sistema de recolección y recirculación de aguas grises generados en un hogar para la reutilización de aguas tratadas en los tanques de inodoros y para el riego de jardines.

Se sabe que en un hogar normal los tanques de los inodoros utilizan el agua potable para las descargas de los mismo, lo cual implica la contaminación de agua que podría ser usada para otros fines que si requieran del agua potable. Tanto en los tanques de inodoro como en el riego de jardines se requiere de agua que no cuente con tantos parámetros de tratamiento como lo tiene el agua potable. Las aguas grises generadas en los hogares no poseen gran cantidad de contaminantes, por esto se puede aplicar un tratamiento primario para su reutilización.

Para la realización de este sistema, primero se debe saber que aguas son las que se desean reutilizar, aguas generadas en cocina, lavamanos, ducha, entre otros. Las aguas a reutilizar serán únicamente aguas grises, aguas provenientes de los inodoros (aguas negras) se conducirán de manera normal hacia el sistema de alcantarillado.

TERMINOLOGÍA

Aguas residuales domésticas: aguas generadas por actividades dentro del hogar producidas en cocina, ducha, lavandería y similares.

Aguas grises: aguas generadas en ducha, lavamanos y lavandería, estas aguas contienen jabones o detergentes.

Aguas negras: aguas residuales generadas en el hogar que contienen heces fecales u orina.

Caudales: cantidad o volumen de un fluido que circula a través de un canal.

Bomba hidráulica: Maquina que ayuda a aumentar la energía de un fluido incomprensible, logrando así aumentar su presión.

Tanque hidroneumático: Tipo de tanque que contiene aire en su interior, mediante la inyección de agua este presuriza la misma, logrando abastecer la red de distribución.

Aspectos Generales del hogar

En una casa que ya está construida se requerirá de los planos o se deberá saber de la ubicación de las conexiones de tuberías que conduzcan a la caja de revisión del hogar. Esto con el fin de saber en qué punto las aguas residuales generadas dentro del hogar se mezclan, se requiere tener una correcta separación de aguas grises y aguas negras para evitar su contaminación y poder reutilizarlas de manera adecuada.

En caso de ser viviendas que están por ser construidas se deberá colocar las tuberías de descarga de aguas residuales separadas, a manera de tener todas las que generen caudales de aguas grises por un lado y las que generen caudales de aguas negras se dirijan hacia el sistema de alcantarillado.

Caudales para reutilizar

Para empezar con la construcción del sistema de recolección y distribución de aguas grises, se debe saber cuáles son los caudales que se van a reutilizar y que cantidad es la que se desea recircular. Para esto se requiere conocer qué cantidad de aguas grises son generadas dentro del hogar al día y de estas cuales son las que se desean ocupar en el sistema, pueden ser las generadas en la cocina, lavamanos, ducha, lavandería u otras actividades en las que el agua generada contenga jabones o detergentes y puedan ser reutilizadas.

Para calcular el volumen de aguas grises a ser reutilizado se tomaron en cuenta las aguas generadas en la cocina, lavamanos, regadera y lavadora. Para cada una se toma el tiempo de uso de cada usuario dentro del hogar, calculando que volumen generado de aguas grises en el tiempo que estos usaron lavamanos, concina y lavandería.

Tanque de almacenamiento

Para el tanque de almacenamiento se toma el valor del Volumen generado según la cantidad de usuarios dentro del hogar, este volumen será una referencia ya que se deberá buscar dimensiones de tanques existentes dentro del mercado.

Una vez ubicadas todas las conexiones de descarga de las aguas, se deberá redirigir todos estos caudales deseados para su reutilización a una trampa para grasa, dentro de un hogar no existe gran generación de grasas y aceites, estas solo serán provenientes de concina, lavado de ropa y de la ducha, pero se requiere de su separación para evitar obstrucciones den tuberías.

Todos los cálculos para realizar dentro del sistema se encuentran detallados dentro de una hoja de Excel, en la cual bastará con colocar algunos valores necesarios y esta realizará los cálculos de manera automática.

Para la colocación del sistema se requerirá de un espacio accesible y en el cual se pueda manipular el sistema y realizar su respectivo mantenimiento y operación.

Sistema de captación y tratamiento de aguas grises

Todas las tuberías de descarga de aguas grises que sean destinadas a su reutilización deben estar dirigidas hacia la primera parte del tratamiento de las mismas, esta primera parte es la trampa para grasa, en esta se busca retener grasas y aceites provenientes ya sea de la cocina o de la regadera. Luego pasaran a la siguiente parte del tratamiento la cual es el filtro natural, aquí se retendrán algunos sólidos presentes en el agua. Una vez el agua pase por este tratamiento primario será dirigida hacia el tanque de almacenamiento.

Al ser retenidos sólidos y grasa esto evitara que las tuberías sufran de obstrucciones o que algún material solido llegue al sistema de bombeo y cause algún daño.

Sistema de distribución del agua tratada

El agua tratada será almacenada en un tanque y será impulsada con ayuda de una bomba hidráulica, esta dirigirá el agua hacia un tanque hidroneumático el cual distribuirá el agua hacia los tanques de los inodoros con la presión adecuada.

Cálculos para el sistema

Para el uso de la guía del sistema de reutilización de aguas grises, se presenta una hoja de cálculo de Excel, la cual dispone de valores que son fijos y de valores que pueden ser manipulados del usuario, se debe tener en cuenta que esta guía se realizó para el uso de una vivienda unifamiliar, no se recomienda el uso de esta guía para conjuntos habitacionales.

Puede descargar la hoja de cálculo en el siguiente link:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1V11Uu2SBuVfUZbFLu0TrHfA6dQ92WhO_/edit?usp=sharing&oid=100148881951101936915&rtpof=true&sd=true

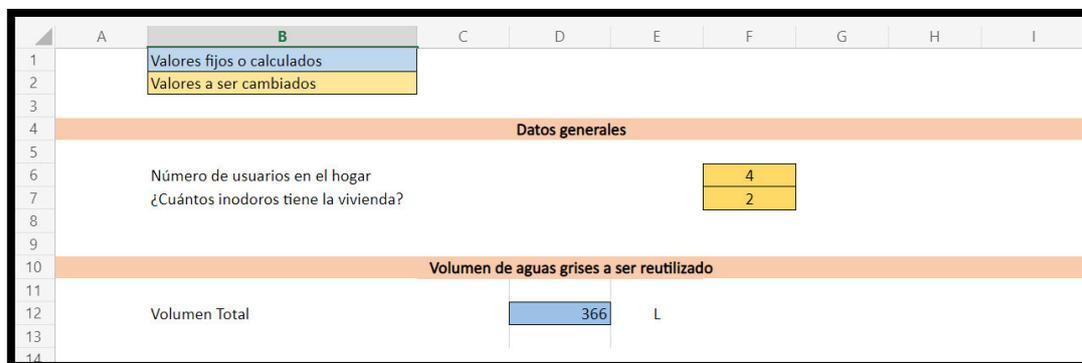
PASOS

PARTES DE LA HOJA DE CÁLCULO

La hoja de cálculo presenta de varias partes:

- Datos generales.
- Volumen de aguas grises a ser reutilizado.
- Almacenamiento y distribución.
- Potencia y pérdidas de la bomba.
- Volumen requerido en los tanques de inodoro y en el riego de jardín.

Por otra parte, se observa los valores que son fijos y los valores que son variables, esto se muestra en la ilustración 1 correspondiente a la guía de uso para el sistema de reutilización de aguas grises.



The screenshot shows a spreadsheet with columns A through I and rows 1 through 14. The spreadsheet is divided into sections by orange horizontal bars. The first section, 'Datos generales', is located between rows 4 and 9. It contains two rows of data: 'Número de usuarios en el hogar' with a value of 4 in cell F6, and '¿Cuántos inodoros tiene la vivienda?' with a value of 2 in cell F7. The second section, 'Volumen de aguas grises a ser reutilizado', is located between rows 10 and 13. It contains one row of data: 'Volumen Total' with a value of 366 in cell D12. The spreadsheet also has a legend at the top: 'Valores fijos o calculados' in a light blue box and 'Valores a ser cambiados' in a light yellow box. The 'Número de usuarios en el hogar' and '¿Cuántos inodoros tiene la vivienda?' cells are highlighted in yellow, while the 'Volumen Total' cell is highlighted in light blue.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Valores fijos o calculados							
2		Valores a ser cambiados							
3									
4									
5									
6		Número de usuarios en el hogar				4			
7		¿Cuántos inodoros tiene la vivienda?				2			
8									
9									
10									
11									
12		Volumen Total		366	L				
13									
14									

Ilustración 1: Valores fijos y valores que varían

Como se puede observar en la ilustración 1, los valores fijos (de color celeste) son aquellos que no se deben cambiar, los valores que varían (de color amarillo) son aquellos que pueden ser manipulados por el usuario.

DATOS GENERALES

En este apartado el usuario debe colocar el número de habitantes de la vivienda y el número de inodoros disponibles.

VOLUMEN DE AGUAS A SER REUTILIZADO

El volumen de este apartado corresponde al volumen necesario a ser reutilizado, para ver que volumen será necesario, el usuario debe dirigirse hacia la parte que esta como “AG a reutilizar”, dentro de la hoja de cálculo, en dicho apartado el usuario podrá aumentar un habitante, seleccionar el tipo de acción que realiza dicho habitante y cambiar valores correspondientes al tiempo de uso de cada ítem que se presenta. (observe Ilustración 2)

Habitantes	Uso	Caudal (L/s)	Tiempo (min)	Q.Total L/s			
1	-	0	1	0			
	Cocina	0,1	5	30			
	Lavamanos	0,125	2	15			
2	-	0	15	0			
	Cocina	0,1	5	30			
	Lavamanos	0,125	2	15			
3	Lavanderia	0,1	20	120			
	Cocina	0,1	7	42			
	Lavamanos	0,125	2	15			
4	-	0	10	0			
	Cocina	0,1	4	24			
	Lavamanos	0,125	2	15			
				Lavadora	60	1	60

Ilustración 2: AG a reutilizar

De igual manera el usuario puede cambiar el apartado de “Uso” donde puede seleccionar: lavamanos, fregadero, cocina, etc. Los valores de caudal fueron obtenidos de la norma INEC 2011.

El valor del volumen se cambia automáticamente en la parte de “Usuario” en el apartado “Volumen de aguas a ser reutilizado”.

ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

En este apartado se habla sobre el tipo de distribución que tendrá el sistema, es decir si este será a gravedad (Imagen 1) o por medio de un tanque hidroneumático (Imagen 2). Esto se especifica de mejor manera dentro de la hoja de cálculo en el apartado de “Almacenamiento y distribución”.

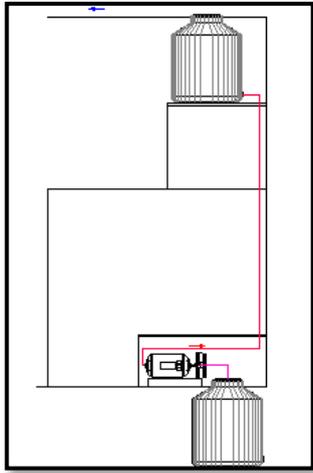


Imagen 1: Sistema a gravedad

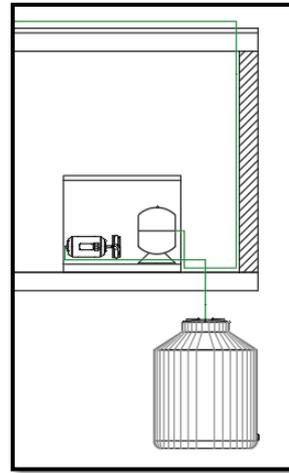


Imagen 2: Sistema con tanque hidroneumático

POTENCIA Y PERDIDAS DE LA BOMBA

En este apartado se determina la potencia de la bomba teórica mediante el cálculo del tanque hidroneumático, la ecuación usada es la siguiente.

$$Potencia = \frac{Q \text{ del sistema} * Presión \text{ del sistema}}{76 * Eficiencia}$$

Ecuación 1. Potencia de la bomba (López Jimenez, 2014).

Donde:

P: Potencia de la bomba en HP.

Y: Peso específico del líquido = 1000 kg/m³

Q: Caudal.

Hm: Altura manométrica.

n: rendimiento del conjunto o eficiencia.

Este resultado se puede observar en la hoja de cálculo mediante el link que se encuentra en la página cinco de esta guía de diseño.

VOLUMEN REQUERIDO EN TANQUES DE INODORO Y RIEGO DE JARDINES

El volumen del que se habla en este apartado es el que corresponde a los tanques de los inodoros y al volumen utilizado para el riego de jardín. El usuario puede modificar la cantidad de veces que se usa el inodoro al día y el volumen del tanque de inodoro, ya que el volumen del tanque viene especificado al momento de comprar, de igual manera

podrá modificar la cantidad de pasto en m² que tenga disponible el usuario y los arbustos.

54		Volumen requerido en tanques de inodoro y riego de jardines	
55	Tanques de inodoro		
56	Uso del aparato al día por persona		3
57	Volumen del tanque del inodoro		6
58			
59	Volumen total =	144 L	
60		Cuenta con el volumen necesario	
61	Riego de jardines		
62			Cantidad
63	Arbustos		4
64	Pasto (m2)		2
65			
66	Volumen total =	12,46 L	
67			
68			
69	Volumen para tanques de inodoro y riego de jardines =	156,46 L	
70		Cuenta con el volumen necesario	
71			

Ilustración 3: Volumen requerido en tanques de inodoro y riego de jardín

Tratamiento de las aguas grises

Para el tratamiento de las aguas grises del sistema, se tiene un tratamiento primario, el cual consiste en la eliminación de las grasa y aceites y las impurezas que puedan ir en las tuberías.

Trampa para grasa

Para la trampa para grasa se tiene dimensiones aplicables para hogares de hasta 10 usuarios, las cuales se colocarán en la siguiente tabla resumen.

Dimensiones	Medida
b	0.2 m
l	0.3 m
H	1 m

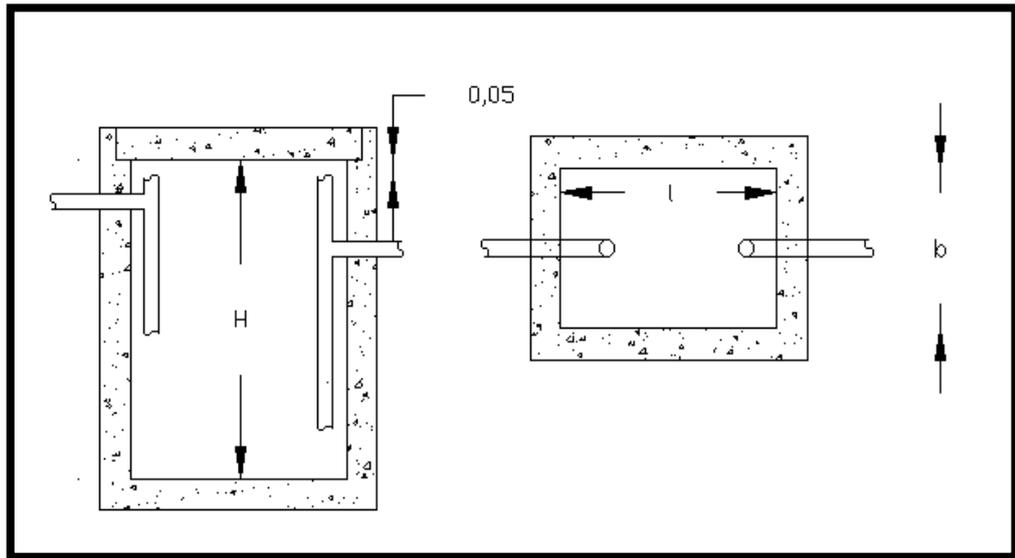


Ilustración 4 Dimensiones para la trampa para grasa

Filtro natural

Para el filtro natural se pueden usar distintos medios filtrantes algunos de ellos son:

Algunos medios filtrantes son:
Grava
Arena (fina, gruesa)
Antracita
Carbón activado
Zeolita

Hay diversas configuraciones para los filtros naturales, esto dependerá si se los realizara de dos medios de filtrantes o de diversos medios filtrantes.

El siguiente gráfico es un ejemplo de un filtro natural múltiple, este posee tres capas de material filtrante, y su altura esta entre los 70 a 120 cm.

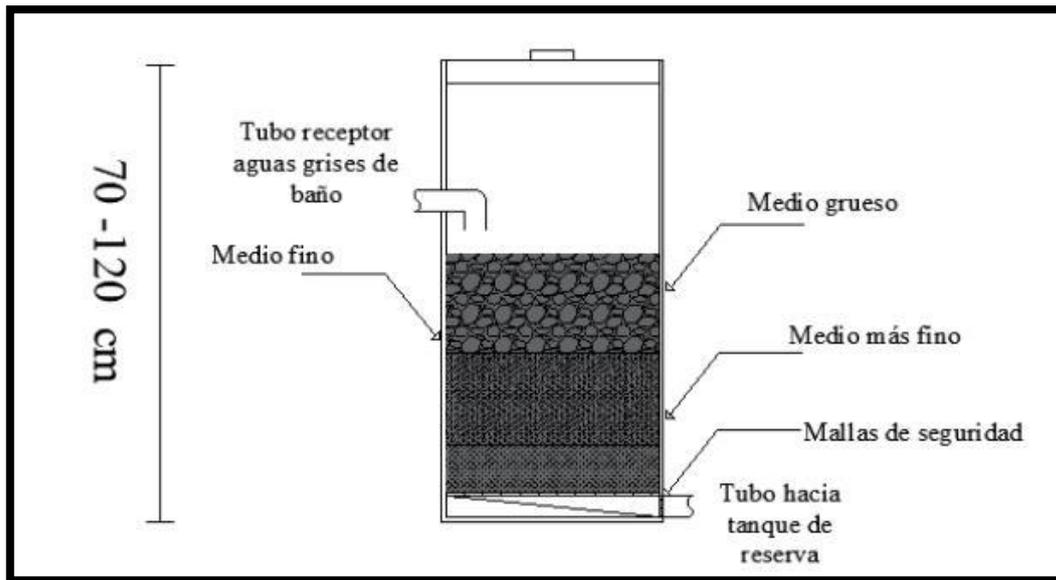


Ilustración 5 Criterio de diseño para el filtro natural

Para la realización de estos tratamientos es recomendable el uso de una malla en el lavabo de la cocina, esto para evitar que sólidos de mayor tamaño lleguen al sistema y puedan afectarlo.

Mantenimiento y operación

El funcionamiento del sistema es simple, las aguas grises generadas serán recolectadas, tratadas, almacenadas y distribuidas hacia los tanques de los inodoros. No requiere de un mantenimiento complicado, por lo cual los habitantes del hogar lo podrán realizar de manera adecuada teniendo claro cuáles son las actividades a realizar.

Caja de revisión

En caso de poder usar la caja de revisión como primer tanque de captación de aguas grises, este deberá ser revisado cada semana para evitar posibles obstrucciones con materiales ya sean del exterior o provenientes de cualquier fuente de recolección de aguas.

Para evitar que cualquier material sólido llegue a esta parte del sistema se recomienda colocar pequeñas mallas en lavabo de la cocina, esto evitara que restos de alimentos pasen por las tuberías de desagüe.

Se debe tener en consideración realizar el lavado de la tubería con agua a presión para que la caja no tenga obstrucciones dentro de la misma.

Trampa para grasa

La limpieza de la trampa se deberá realizar cada semana, se deberá retirar las grasas o aceites recogidos dentro y se deberá limpiar el fondo por si existe algún tipo de material sedimentado.

La retención de las grasas ayuda a evitar que estas se queden en las tuberías de distribución o en el tanque de almacenamiento.

Filtro natural

Para el filtro natural se requiere de una limpieza mensual, esto para evitar que se colmate, para esto se deberá realizar un retro lavado, esto también ayudara a la eliminación de pequeñas burbujas de aire que se puedan quedar en el material filtrante.

Bomba hidráulica

Debe de estar en un lugar adecuado que permita su mantenimiento.

De manera mensual se debe de comprobar la presión del sistema para descartar posibles fugas y adicional se debe realizar una limpieza de los alrededores y de la bomba, limpiando polvos y cualesquiera otras partículas que se encuentren en el sistema.

Tanque de almacenamiento

Mantener limpio los alrededores del tanque de almacenamiento para evitar que sólidos ajenos se precipiten en el tanque, de debe verificar que no exista material sedimentado en el fondo del tanque, ya que puede generar taponamientos en el sistema hidroneumático.

Tanque hidroneumático

Para el mantenimiento del tanque hidroneumático se debe verificar que la presión sea constante, ya que si muestra una caída de presión indica que existe una fuga, puede ser de aire o de agua, y se debe llamar a una persona especializada para reparar el tanque, se recomienda realizar un lavado del tanque para verificar posibles fugas y mantenerlo limpio.