

# DISEÑO DE UN MANUAL PARA LA REALIZACIÓN DE FILTROS DE AGUA JABONOSAS CON CAPTADOR PLUVIAL. AUTO CONSTRUIBLE CON MATERIALES VERNÁCULOS PARA EL MUNICIPIO DE EL CARDONAL, HIDALGO

## DESIGN OF A MANUAL FOR THE CREATION OF SOAP WATER FILTERS WITH RAINCOAT COLLECTOR. CONSTRUCTABLE CAR WITH VERNACULAR MATERIALS FOR THE MUNICIPALITY OF CARDONAL, HIDALGO

Rodríguez-Ruiz Jorge<sup>1</sup>, Recendiz-Godinez Daniel<sup>2</sup>; Cruz-Briceño Maria<sup>2</sup>, Pérez-Herrera Luis<sup>1</sup>, Contreras-López Christopher<sup>3</sup> y Rodríguez-Meza Ana<sup>4</sup>

1 Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo División. Mixquiahuala, México.

2 Estudiantes de la carrera de arquitectura del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo

3 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

4 Sin adscripción

jrodriguez@itsoeh.edu.mx

**RESUMEN** México es un país de gran diversidad de ecosistemas, en donde se pueden ver bosques, selvas, matorrales y pastizales en un mismo estado. Ejemplo de esto, es el Estado de Hidalgo en donde se puede ver bosques y zonas semiáridas de matorrales, en este orden de ideas, El Cardonal es un municipio de Hidalgo se encuentra en la región semiárida de este Estado, esto implica que para los habitantes de El Cardonal, obtener agua es complicado de lograr, el agua potable es limitada y suele haber sequías, por lo tienen que buscar métodos para reciclar el agua ya utilizada, como las aguas jabonosas, así mismo captar toda el agua posible de las pocas lluvias que ocurren al año. Por lo cual, el objetivo de esta investigación es el de diseñar un manual que permita a cualquier persona la posibilidad de construir un filtro de aguas grises y un captador de agua de lluvia, de un modo autoconstruible y de ser posible con materiales vernáculos en la región del Valle del Mezquital, Hidalgo. Para la elaboración de este manual sobre un sistema de captación pluvial y filtrado aguas jabonosas se realizó una investigación de antecedentes y elementos existentes, para luego elaborar una metodología compuesta de una primera etapa en la que se identificará la zona de estudio, las características del entorno y se establecerá un cronograma. En la segunda fase se realizarán visitas de campo para hablar con los habitantes y se definirán los problemas y los objetivos. En la tercera fase se realizarán visitas de campo para recolección de datos por medio de encuestas y fichas técnicas, se identificarán los materiales, los sistemas constructivos y los procesos constructivos de la región. En la cuarta etapa participó en talleres para comprender cómo utilizar los materiales, los sistemas constructivos y los procesos constructivos para poder implementarlos en el trabajo. Para la quinta etapa se definió el diseño del modelo y su elaboración. Y en la sexta y última fase se definió el contenido del manual y el diseño de este. El manual resultante lo podrá utilizar cualquier persona interesada en el máximo aprovechamiento del agua de su vivienda y que no presente una gran carga en su economía al usar materiales de la región.

Palabras clave: manual, filtro, ecosistema

**ABSTRACT** Mexico is a country of great diversity of ecosystems, where you can see forests, jungles, bushes and grasslands in the same state. An example of this is the State of Hidalgo where you can see forests and semi-arid areas of scrub. In this order of ideas, El Cardonal is a municipality of Hidalgo and is located in the semi-arid region of this State, this implies that for the inhabitants In El Cardonal, obtaining water is difficult to achieve, drinking water is limited and there are usually droughts, so they have to look for methods to recycle the water already used, such as soapy water, and also capture all the water possible from the few rains that occur per year. Therefore, the objective of this research is to design a manual that allows anyone the possibility of building a gray water filter and a rainwater collector, in a self-constructed way and, if possible, with vernacular materials in the community. Mezquital Valley region, Hidalgo. To prepare this manual on a rainwater collection and soapy water filtering system, a background investigation and existing elements were carried out, to then develop a methodology composed of a first stage in which the study area, the characteristics

*of the environment will be identified. and a schedule will be established. In the second phase, field visits will be made to speak with the inhabitants and the problems and objectives will be defined. In the third phase, field visits will be carried out to collect data through surveys and technical sheets, materials, construction systems and construction processes in the region will be identified. In the fourth stage he participated in workshops to understand how to use materials, construction systems and construction processes to be able to implement them at work. For the fifth stage, the design of the model and its development were defined. And in the sixth and final phase, the content of the manual and its design were defined. The resulting manual can be used by anyone interested in maximizing the use of water in their home and who does not place a great burden on their finances by using materials from the region.*

*Key words: manual, filter, ecosystem.*

## Introducción

El Estado de Hidalgo cuenta con una gran variedad de ecosistemas desde húmedos hasta semiáridos, debido a esta variedad y en ocasiones la compleja topografía en algunas regiones, la población se encuentra con diferentes dificultades a la hora de conseguir agua. Por lo que algunas familias optan por el uso de filtros de aguas grises para aprovechar el agua que tiene residuos de jabón u otros contaminantes no tan nocivos como los que se encuentran en las aguas negras. El municipio de El Cardonal se encuentra en una zona semiárida y con una topografía accidentada que dificulta la obtención del agua. La escasez de agua hace que la gente limite el uso del agua potable en actividades vitales esenciales, debido a esto hace que no puedan utilizarla para riego por lo que optaron a almacenar agua de lluvia y reutilizar las aguas grises para estas actividades y poder vivir del campo. En este sentido, el documento que se presenta a continuación consiste en diseñar un manual de autoconstrucción para un filtro de aguas grises y un captador pluvial. A partir de la documentación, análisis, sistematización y normalización de parámetros e indicadores aplicables a la construcción con materiales naturales y la producción agroecológica, derivados de los saberes tradicionales locales que sean científicamente analizados y puestos en valor en zonas semiáridas del Valle del Mezquital.

## Metodología

### Definición de la zona de estudio

La zona de estudio a trabajar se encuentra conformado por las comunidades pertenecientes al municipio de Cardonal, Hidalgo. Estas comunidades son: San Andrés Daboxtha (1056 hab.), El Molino (119 hab.), San Miguel Tlazintla (272 hab.), San Antonio Sabanillas (532 hab.), El Arenalito (63 hab.) y El Botho (294 habitantes)<sup>1</sup>.

### Planteamiento de necesidades

Algunas de las comunidades del municipio del Cardonal, Hidalgo, tienen acceso restringido al vital líquido, por ejemplo, en San Miguel Tlazintla, suministran agua potable por parte del municipio tres días a la semana y sólo por cuatro horas; en esa misma comunidad, tienen prohibido regar plantas con agua potable, de lo contrario las personas se sometería a una multa de hasta \$2,000; por esta razón, las familias de estas comunidades buscan medios para tratar, primero de evitar desperdiciar el agua, y segundo aprovechar en la medida de lo posible, las aguas grises, pluviales y jabonosas. En este sentido, una de las necesidades de estas comunidades es integrar un sistema de captación y filtrado de aguas grises, pluviales y jabonosas para aprovecharlas para las actividades de limpieza; sin embargo, este sistema, tendría que tener la característica de ser económico, autoconstruible, específico para las necesidades de cada familia y de bajo o nulo impacto ambiental.

Con base en lo anterior, se considera necesario contar con un manual para la elaboración de un

sistema de tratamiento de aguas pluviales, grises y jabonosas, aunado a esto, fortalecer la filtración con un humedal para coadyuvar a la limpieza del vital líquido.

### Identificación de la zona de estudio

La zona de estudio se definió con base en una serie de determinantes que caracterizan a las zonas semiáridas del país que implica ciertos retos en términos de accesibilidad a insumos, a una vivienda digna, al acceso al agua potable, a servicios e infraestructura adecuados y con tradiciones constructivas; en este sentido, se definió como zona de estudio al noroeste del Valle del Mezquital, así la caracteriza Contreras 2024: "...Los límites de la zona de estudio se determinaron a partir de una microcuenca que se definió desde el noroeste en el cerro de la Muñeca y el cerro Dendri, y conforme a las manecillas del reloj, la poligonal se trazó conforme a los límites hidrográficos del Valle del Mezquital, siguiendo los parteaguas a partir de cimas, puertos e interfluvios, hasta el sureste en el cerro Ventorrillo, a partir de ahí se definió a través de los escurrimientos de la subcuenca del río Actopan, que baja y luego sube entre los dos cerros antes mencionados, para bajar nuevamente por escurrimiento, en el sur del cerro Colorado, hasta el río Tula, que corre de sureste hacia el noroeste y pasa por el centro de Ixmiquilpan, y llega hasta el cerro Daxhie situado en el suroeste del área de trabajo, a partir de ahí sube por el escurrimiento que transita por un lado de las comunidades de El Bojay, Ustheje y Cantamaye hasta llegar al norte del cerro de la Muñeca nuevamente"<sup>2</sup>; sin embargo, para un mayor control de los análisis, se decidió estudiar la comunidad de El Botho, El Cardonal, el cual cumple con las directrices antes mencionadas.

### Estudio demográfico

Con base en información del INEGI 2019 los datos demográficos de El Botho son 151 mujeres,

143 hombres, 122 viviendas dando como resultado 2.4 habitantes por vivienda; un dato que está por debajo de la media nacional que es de 3.6 habitantes por vivienda<sup>1</sup>.

### Delimitación del problema

En encuestas realizadas en junio de 2023 en algunas comunidades del municipio del Cardonal, Hidalgo sobre el tema de ecotecnias, se identificó que una de las preocupaciones más importantes de las familias es el aprovechamiento del agua. En dicha encuesta se analizó que el 62.5% de los encuestados menciona tener algún sistema almacenamiento de agua potable como tinaco pero el 87.49% no cuenta con una cisterna, ya sea subterránea o superficial, y como ya se mencionó, en algunas comunidades llega el agua tres veces a la semana y sólo por unas horas, lo que hace que las familias busquen medios eficaces de aprovechamiento del agua, siendo uno de esos medios, el uso de ecotecnias, específicamente captadores de agua o reúso de aguas grises o jabonosas; sin embargo, para la realización de ecotecnias como captadores e agua pluvial o sistemas de filtración, en los casos en los que e implementaron captadores de agua o filtros, las personas las realizaron con base en su experiencia propia; sin embargo, la mayoría de los sistemas de filtración (sobre todo humedales) no funcionaron, por fallas en la construcción o en un mal diseño; pese a que en la gran mayoría se basaron en un manual para su construcción.

### Definición del objetivo

Con base en lo anterior, el presente manuscrito pretende dar una breve descripción de como realizar un sistema de captación de agua pluvial y filtración de aguas jabonosas y grises, para familias de comunidades de El Cardonal, Hidalgo.

### Definición de metas y justificación

El contar con una herramienta que permita identificar, reconocer, analizar, e incluso implementar algún tipo de ecotecnia, específicamente una sistema de captación de agua pluvial y filtración de aguas grises y jabonosas, permitiría, por un lado, coadyuvar a que el tema de ecotecnias en comunidades rurales semidesérticas se fortalezca para encontrar medios más sustentables para beneficio de las familias e estas zonas, específicamente, en relación al aprovechamiento del agua; por otro lado, a trabajar los temas de ecotecnias en conjunto con las familias de estas comunidades, para buscar procesos, materiales y resultados más eficaces para un mayor aprovechamiento.

### Estado del arte ecotecnias de captadores de agua pluvial y sistemas de filtración

#### Captadores de agua pluvial

Los captadores de agua pluvial son un tipo de ecotecnias que busca recolectar el agua de lluvia en tanques almacenadores, esto para su posterior aprovechamiento para regar plantas, para el wc, pero no es de consumo humano, dado que por lo regular no pasan por un sistema de filtración.

Este tipo de ecotecnias, son muy útiles en zonas donde carece el vital líquido, ya sea que se tenga agua una o dos veces a la semana, y más aún, en zonas áridas o semiáridas donde llueve poco. “Cuando el agua es utilizada para consumo doméstico, se debe dejar que la primera lluvia corra libremente para que remueva la basura. La pendiente del techo debe ser baja, de modo de evitar pérdidas por rebalse en las canaletas, sin embargo, techos muy planos pierden agua por salpicaduras”<sup>3</sup>; (imagen 1) esto es fundamental, ya que por lo regular no se realiza la labor de

limpieza previa a la temporada de lluvias, lo que hace que el agua no sea de buena calidad.



Imagen 1. Canaletas y cubiertas para el mejor aprovechamiento del agua de lluvia. Fuente: Mario Castillo<sup>3</sup>.

Martin y González<sup>4</sup>, describen en la tabla 1 cual es la cantidad aproximada de captación de agua según la superficie de captación.

Precipitación pluvial (mm/año)	Agua captada (litros/año)		
	Superficie de captación (m <sup>2</sup> )		
	20	30	40
200	4,000	6,000	8,000
300	6,000	9,000	12,000
500	10,000	15,000	20,000
1,000	20,000	30,000	40,000
1,500	30,000	45,000	60,000

Tabla 1. Cantidad aproximada de agua captada por superficie de captación. Fuente: Martin y González<sup>4</sup>.

Los captadores de agua, habría que entenderlos como un “sistema de captación” ya que en principio depende de que haya una superficie (cubierta, techo o losa y que se apta para tal función) que permita la captación y control del agua de lluvia, en este sentido, Martin y González<sup>4</sup>, describen que dependiendo del material de la cubierta se establecerá el coeficiente de escurrimiento tabla 2, es decir, cuanto del agua se pierde en el proceso.

Material del techo	Coefficiente de escurrimiento
Lámina galvanizada lisa	> 0.9
Lámina metálica corrugada	0.7 a 0.9
Lámina de asbesto	0.8 a 0.9
Teja	0.6 a 0.9
Palma	0.20

Tabla 2. Coeficientes de escurrimiento de agua de lluvia para techos de varios materiales. Fuente: Lee y Visscher, 1992, y Caballero, 2007 en Martín y González<sup>4</sup>.

Posteriormente, se requieren conductos que lleven el agua a un sistema de filtros y a su vez al tanque de almacenamiento para posteriormente utilizar el agua. Este sistema por lo que se observa, requiere de un espacio suficiente para instalar el tanque y los filtros además de una cubierta apta para el control y el desagüe.

Con base en lo anterior, si tienen muchos beneficios colocando un sistema como el que se presenta, siempre y cuando se adecue a las necesidades de las personas, del contexto y el terreno.

Ahora bien, otra ventaja que tienen los contenedores es que pueden ser autoconstruibles, es decir, contruidos a medida y con las posibilidades de los usuarios y no tener la necesidad de comprar contenedores "estándar" que por lo regular tienen un impacto negativo al medio ambiente para su fabricación y traslado, haciéndolo un poco más costoso que el autoconstruido; sin embargo, para que sean autoconstruibles lo ideal es que haya algún tipo de manual para su construcción.

Es por esto, que el sistema de captación de agua de lluvia debería estar contemplado al momento de diseñar las viviendas para que funcione de manera más eficiente.

### Filtros domésticos para aguas jabonosas y grises

Profundizando en el tema de los filtros, son un tipo de ecotecnia fundamental para el reúso de agua, ya sea pluvial o aguas grises y/o jabonosas. Lo importante de los filtros es que el agua puede llegar a filtrarse a un nivel de consumo humano, dependiendo de la calidad de los materiales, la limpieza que se haga de los filtros, la correcta elaboración, el cálculo correcto de la capacidad de los filtros y el tanque de almacenaje.

El agua que puede ser sujeta a pasar por filtros, como ya se mencionó, es el agua de lluvia, así como, las aguas jabonosas (regadera, lavabo y fregadero o incluso lavadora), grasosas como de la tarja, solamente; pero no el desecho de la taza del baño, esas son aguas negras por lo cual no pueden ser susceptibles de pasar por este sistema.

Este sistema permitiría a los hogares reutilizar hasta un 80% de agua, esto para ser utilizada para regar plantas, lavar patios y azoteas, para cultivos y para la taza del baño, sin embargo; es fundamental hacer un cálculo exhaustivo de la cantidad de aguas grises y jabonosas y de lluvia que se estarían descargando por día, para conocer la capacidad y las dimensiones de los filtros y con ello establecer si se tiene el espacio suficiente para recibir los filtros o si se tendría que disminuir la carga de aguas grises y jabonosas hacia los filtros Imagen 2.

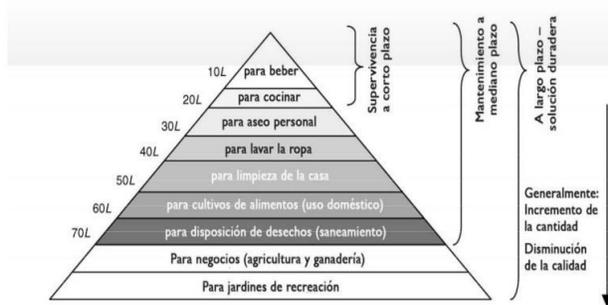


Imagen 2. Pirámide de uso/nivel de potabilización del agua OMS, 2009 en Avellaneda<sup>5</sup>.

López Méndez, describe que hay tres formas generales de filtración: 1) Purificación física del agua el cual se refiere a quitar los sólidos de los líquidos; 2) Purificación con productos químicos el cual responde al propósito de matar a los actuales microorganismos indeseados en el agua; por lo tanto, los desinfectantes se refieren a menudo como biocidas. Hay una gran variedad de técnicas disponibles para desinfectar los líquidos y superficies, por ejemplo: desinfección con ozono, desinfección con cloro y desinfección UV; y 3). Purificación biológica del agua que se realiza para bajar la carga orgánica de compuestos orgánicos disueltos. Los microorganismos, principalmente bacterias, hacen la descomposición de estos compuestos. Hay dos categorías principales de tratamiento biológico: tratamiento aerobio y tratamiento anaerobio<sup>6</sup>.

Ahora bien, la ventaja de esta ecotecnia es que es relativamente fácil de hacer, por lo regular se requieren cuatro contenedores, tres para para los filtros y uno para almacenaje y de ahí ya sea para bombear el agua a un tinaco o a una cisterna exclusiva para aguas tratadas; y como se mencionó, dependiendo de la calidad de los filtros, será la calidad del agua.

Otra ventaja de esta ecotecnia es que pueden realizarse con materiales que se tienen a la mano, desde botes de pintura y mangueras,

grava, tezontle y arena, o con materiales más sofisticados, sin embargo, es conveniente apoyarse de algún tipo de manual o guía para su realización.

Con base en lo anterior, los filtros tienen la característica de ser muy versátiles y adaptables y los beneficios pueden ir desde el ahorro de agua, mejora de la economía familiar hasta fortalecer la conciencia medio ambiental.

De manera general, el sistema de filtración está constituido por una entrada de agua jabonosa y/o gris, posteriormente por una válvula de salida o trampa, esta sirve como deposito del agua más sucia y no pase a los filtros, posteriormente pasa al primer filtro que suele ser con piedras gruesas como grava, de ahí pasa al segundo filtro que son piedras medianas como tezontle; en este filtro como en el anterior se le puede integrar una tela para asegurar al retención de basura de diferentes tamaños, el tercer filtro es de un material más fino como arena, en este se le puede integrar carbón activado para retener partículas no deseables y finalmente pasa a un tanque de almacenamiento y de ahí a una salida, imagen 3.

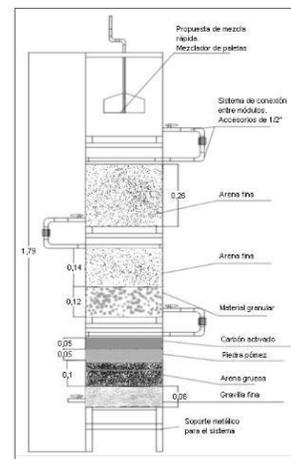


Imagen 3. Esquema general de filtración de agua. Fuente. Torres-Parra Camilo A., García-Ubaque César A., García-Ubaque Juan C., García-Vaca María C. y Pacheco-García Robinson<sup>18</sup>, 2017.

## Humedales

Una de las ecotecnias que se están implementando en las comunidades del Cardonal, Hidalgo, son los humedales, estos tienen la función principal de potabilizar el agua como filtro mecánico y biológico, por medio de una serie de plantas acuáticas y grava que extraen materia orgánica, sólidos suspendidos, nutrientes, patógenos y/o metales pesados<sup>8</sup>.

Según Hoffman, Platzer, Winker, Von Muench, los humedales "...se clasifican por el régimen del flujo del agua: humedal artificial de flujo superficial y humedal artificial de flujo subsuperficial"<sup>8</sup>; estos mismos autores describen que "...el rango de utilización de los humedales artificiales es: tratamiento de aguas residuales municipales, tratamiento de aguas residuales domesticas o aguas grises, tratamiento terciario de efluentes pretratados en plantas convencionales de aguas residuales, tratamiento de aguas residuales industriales, tratamiento y retención de aguas pluviales, tratamiento natural para agua de piscinas y tratamiento natural de ríos y lagos contaminados"<sup>8</sup>.

Por lo regular esta ecotecnia necesita de al menos unos dos metros de largo por uno de ancho como mínimo para instalar en el caso de un humedal en una vivienda, porque se necesita que la fosa este totalmente cubierta de plantas como el lirio acuático, para una mayor eficacia de la ecotecnia.

El humedal está compuesto por un sistema de tuberías que transportan aguas grises, jabonosas o pluviales de la vivienda que llegan a un tanque con las dimensiones mínimas antes mencionadas con al menos 60 cm de profundidad cubierta con plantas acuáticas (macrófitas)<sup>9</sup>, de ahí se dirige a un tanque de almacenamiento para de ahí reutilizarla, imagen 4.

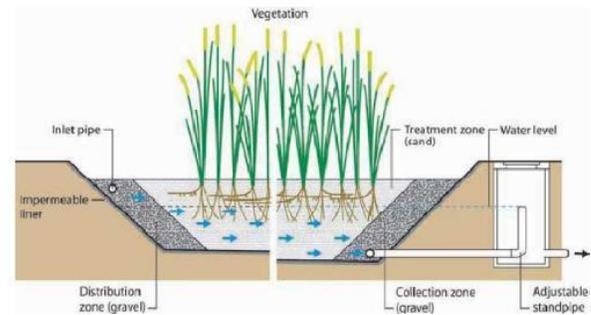


Imagen 4. Esquema de la sección transversal de un humedal. Fuente: Hoffman, Platzer, Winker, Von Muench<sup>8</sup>.

Algunas familias de las comunidades del Cardonal, Hidalgo, fueron beneficiados por una Asociación Civil la cual los apoyo para proporcionarles una guía para la realización de humedales en sus terrenos; humedales con dimensiones y materiales estándares, lo que por un lado, tiene las ventajas de comprar el material a granel y tener un modelo a seguir; sin embargo, el detalle que se pudo observar es que las necesidades y las características del terreno no son las mismas; aunado a esto, esta ecotecnia requiere un constante mantenimiento debido a que se debe estar limpiando y podando las plantas, además de que se debe integrar un sistema de filtrado; Baster describe que los humedales se implementan como tratamiento secundario y no primario<sup>8</sup>, es decir, si se requiere un sistema de filtración previo.

## Marco conceptual

Arquitectura vernácula: La arquitectura vernácula es resultado de cientos o miles de años de observaciones colectivas y procesos de prueba y error... el resultado de un compendio de conocimiento o acumulación de decisiones de diseño constructivo de muchos actores anónimos quienes contribuyeron a la creación de modelos y tipologías arquitectónicas muy localizadas y contextuales, probadas y comprobadas a lo largo de mucho tiempo. Al perderse este conocimiento ancestral y la cultura del mantenimiento ante las modas o influencias externas, los valores

asociados a la arquitectura vernácula se pierden también”<sup>10</sup>.

Sistema constructivo por mampostería. Es el sistema constructivo más utilizado en todas las regiones por la durabilidad y solidez que ofrece. La producción se realiza con equipos simples y mano de obra simple. Paredes por mampostería: ladrillo, piedra y adobe<sup>11</sup>.

Autoconstrucción: Según Hiernaux Nicolás, “La autoconstrucción en su sentido más aceptado por los diversos sectores de la sociedad, es un proceso en el cual el consumidor usuario final de la vivienda participa en forma directa en la producción de la misma”<sup>12</sup>. Lozano Ramírez entiende a la autoconstrucción como el medio por el cual las familias de escasos recursos construyen y/o dirigen la ejecución de sus viviendas bajo dirección propia<sup>13</sup>.

Ecotecnologías: Conjunto de técnicas donde confluyen varias ciencias que integran los campos de la ecología y las tecnologías, mismas que buscan satisfacer las necesidades de los humanos sin que esto implique que se provoque un impacto al medio ambiente<sup>14</sup>.

Ecotecnias: Para Martínez Portugal & Calixto Andriano<sup>15</sup> Las ecotecnias son soluciones tecnológicas para el uso de recursos finitos o de difícil acceso, pero con el rasgo característico de su casi nulo impacto en el medio ambiente durante su construcción y operación. La importancia de las ecotecnias consiste en su utilidad para segmentos de la población que por diversos factores no cuentan con el acceso a recursos básicos para cubrir sus necesidades. Es en este contexto que las ecotecnias retoman un rol importante en el apoyo a la cobertura de las necesidades de la población, ayudando a incrementar su resiliencia ante la falta de acceso a ciertos bienes y servicios.

Filtros de agua: La SEDATU<sup>16</sup> lo define como un sistema que trata las aguas grises o jabonosas provenientes del lavadero, fregadero, lavadora, tarja y regadera, por medio de un filtro vegetal que elimina los contaminantes del agua para su posterior aprovechamiento o filtración al suelo, ríos o mares de manera segura.

Captación pluvial: Un sistema de captación de agua de lluvia consiste básicamente en interceptar el agua de lluvia, captarla y almacenarla para su aprovechamiento posterior. La captación del agua de lluvia se realiza generalmente en los techos o azoteas de las viviendas; la recolección, median-te tuberías o canaletas; y en tanques exclusivos para este fin se lleva al cabo el almacenamiento Jalife Acosta<sup>17</sup>.

### Trabajo de campo

En el mes de junio de 2023 se realizaron una serie de encuestas a las familias de las comunidades rurales del Cardonal Hidalgo; así mismo, se hicieron fichas técnicas para identificar los tipos de ecotecnias que utilizan las personas.

La encuesta contaba con 148 reactivos, pero los reactivos se redujeron a un 70%, dado que las preguntas dependían de que si contaban o no con una o varias ecotecnias en específico.

La herramienta que se utilizó para la realización de las encuestas fue KoboToolbox es un instrumento de internet para la elaboración de formularios; se decidió utilizar una herramienta digital y no en papel, debido a que, por un lado, evitar el uso de papel, por la factibilidad para graficar las encuestas ya que en la plataforma se generan. A diferencia de otras aplicaciones similares, KoboToolbox permite realizar las encuestas sin conexión a internet, un aspecto determinante, ya que la señal en varias comunidades del Cardonal es escasa o de plano inexistente. Una vez que la herramienta

KoboToolbox (imagen 5) tiene señal de internet, actualiza los datos; esto nos permitió, eficientizar el trabajo de campo con respecto a la aplicación de encuestas.

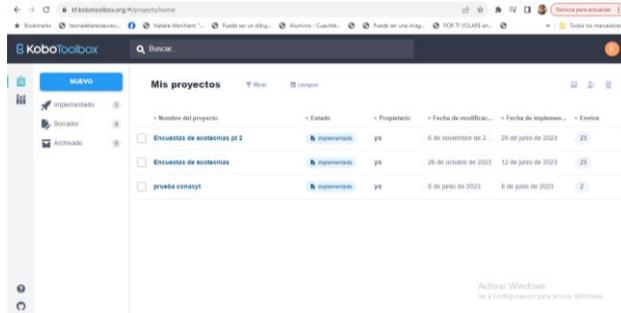


Imagen 5. Pantalla de inicio de KoboToolbox

Las encuestas se centraron en fosa séptica, letrina, baño seco, filtros para aguas jabonosas, humedales y composta. Habría que aclarar que, si el encuestado no cuenta con una o varias de estas ecotecnias, se saltaba las preguntas. Así mismo, en total se encuestaron a 24 personas

A continuación, se muestran los análisis a las encuestas realizadas en las comunidades del Cardonal, Hidalgo en junio de 2023.

### Humedales, filtros y captación de agua pluvial

Como sea mencionado en reiteradas ocasiones, en la mayoría de las comunidades del Cardonal, hay escasez de agua potable, en algunas cae por tandeo cada tres días en otras cada cinco, lo que obliga, en algunos casos, a que las familias tengan varios contenedores para almacenar el agua.

En otros casos, se ven en la necesidad de tener sistemas de captadores de agua y almacenamiento (cisternas superficiales de hasta 10 mil litros), pero el 80% de estos contenedores son fabricados in situ y de estos la mitad presentan filtraciones y su uso sólo es del 20% de su capacidad, dado que sólo se utilizan para

captar agua, es decir su eficiencia máxima es en los meses de mayo a agosto, el resto del año se encuentra vacíos, o en el mejor de los casos, con agua, pero echada a perder (imagen 6 y 7).



Imagen 6. Sistema de captación de agua pluvial. Fuente: Elaboración propia



Imagen 7. Tanque de almacenamiento de agua prefabricado en avanzado estado de deterioro. Fuente: Elaboración propia.

Otra forma que utilizan las familias de las comunidades rurales del Cardonal para aprovechar el agua gris es por medio de humedales superficiales. Dicho sistema de filtración fue integrado por una asociación que les proporcione a las familias una guía para la elaboración de los humedales, sin embargo, el 50% de humedales identificados no funcionan, principalmente por fallas en el proceso de construcción, lo que implicó una pérdida de recursos humanos y económicos, sobre todo, no

se pudo dar un aprovechamiento de las aguas grises y jabonosas de la vivienda, (imagen 8 y 9).



Imagen 8. Humedal con un buen funcionamiento. Fuente. Elaboración propia.



Imagen 9. Humedal sin funcionar. Fuente. Elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Introducción

En los siguientes párrafos se mostrará el paso a paso de la elaboración de las ecotecnias, (filtros y humedales artificiales); se va a definir desde la ubicación, los materiales a utilizar y los diseños a emplear según las necesidades de las familias.

### Fase 1. Identificación

A continuación, se presentará la organización de la información recabada referente a la fase 1,

teniendo en cuenta las necesidades de las familias, el estudio del terreno y la identificación de los materiales, esta se muestra en el siguiente diagrama.

### 1.1 Identificación del terreno

**Tiempo de elaboración.** Una hora

#### Procedimiento

1. Identificar el terreno donde se realizará el trabajo
2. Realizar un croquis del terreno
3. En el croquis se identificarán las pendientes del terreno
4. Se identificarán los posibles riesgos que se encuentren en el terreno, tales como barrancos, ríos.
5. Se marcará donde se ubicará los sistemas de saneamiento de agua

### 1.2 Identificación de materiales

**Tiempo:** Dos horas

#### Procedimiento

1. Realizar una inspección visual e identificar posibles materiales naturales para la construcción del sistema de saneamiento del agua.
2. Utilizar la pala y el pico para realizar pequeñas excavaciones de 40 cm de profundidad en el área, y así poder identificar el tipo de suelo
3. Utilizar el pico para verificar la dureza de las rocas que se puedan encontrar en el área
4. Identificar y clasificar las piedras que permitan utilizarse en la construcción del sistema de saneamiento de agua
5. Realizar una investigación de sistemas constructivos vernáculos. Esto para poder identificar similitudes de materiales.
6. Realizar una lista de materiales vernáculos para la construcción.

### 1.3 Identificación de usuario

Este proyecto se propone en zonas semiáridas que constantemente carecen del acceso de recurso hídrico es por ello que se requiere de un sistema de saneamiento y aprovechamiento de aguas jabonosas y pluviales.

**Tiempo:** Cinco horas

#### Procedimiento

1. El proyecto está definido para 5 personas que habitarán la vivienda.
2. Identificar el tipo de usuarios que habitan. Por ejemplo 5 adultos o 2 adultos, 2 jóvenes y un niño, (imagen 10).

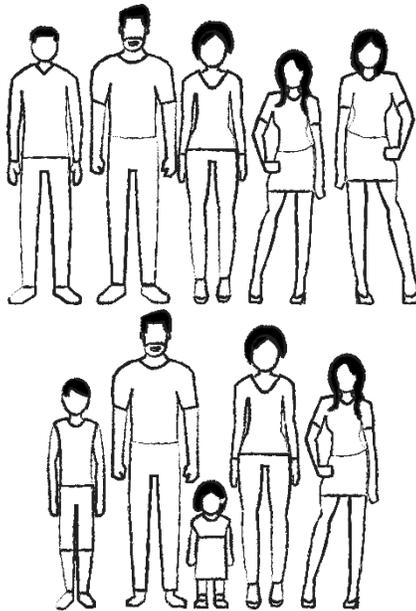


Imagen 10. Identificación del usuario.

### Fase 2. Etapas de diseño

#### 2.1 Dimensionamiento del sistema de saneamiento de agua

**Tiempo:** Una hora

#### Procedimiento

1. Ubicar claramente donde se colocará el sistema de saneamiento de agua.
2. Las captaciones de agua sólo estarán limitadas a tratar el agua de lluvia y a las aguas grises. Queda prohibido el uso con aguas negras.
3. No ubicar el sistema de saneamiento de agua muy alejado de la vivienda, ya que esto puede afectar la profundidad a la que se tendrá que realizar la excavación en la fosa
4. Ubicarlo en una zona donde los animales salvajes o el ganado no tengan acceso al sistema de captación.
5. Cercar el área del sistema de saneamiento de aguas grises de ser necesario. Esto para evitar que el ganado, las mascotas o algún animal salvaje tenga acceso a las cámaras y contamine el contenido

Ubicar el sistema de filtrado de aguas grises cerca de la vivienda. ya que la distancia determinará a qué profundidad llega la tubería de abastecimiento de la primera cámara.

El filtro de aguas grises (imagen 11). Consta de tres cámaras subterráneas posicionadas en una configuración lineal. Las medidas a paños interiores son los siguientes. La primera cámara tiene 1.50 m de largo por 0.90 m de ancho y 1.50 m de profundidad. La segunda y tercera cámara tienen las mismas medidas que son: 1.50 m de largo por 0.80 m de ancho y 1.50 m de profundidad. Las cámaras contarán con tuberías de desfogue.

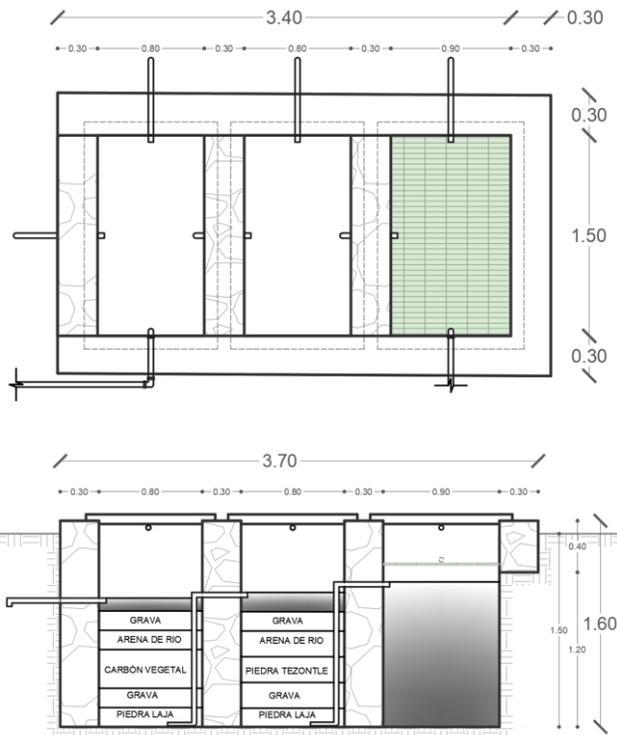


Imagen 11. Dimensionamiento de captadores de filtros de agua gris: Fuente: Elaboración propia.

## Humedales

El sistema de Humedales Artificiales se tiene que ubicar cerca de la vivienda, ya que estos se tienen que conectar con la salida de aguas jabonosas, ya que de esto dependerá la profundidad de la tubería. El Humedal cuenta con 5 cámaras, las cuales se ubican en forma de cruz, estas cuentan con una dimensión de 1 m de largo y 1 m de ancho por 0.70 m de profundidad, cada cámara contará con una tubería de desfogue, (imagen 12).

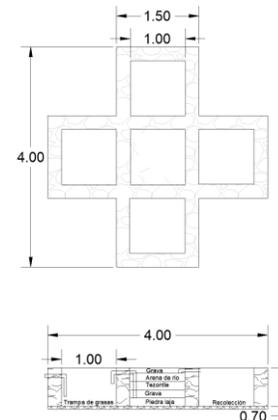


Imagen 12. Dimensionamiento de humedales. Fuente: elaboración propia.

## 2.2 Definición de materiales para el sistema de saneamiento de agua

De acuerdo al análisis de los sistemas constructivos vernáculos y de la lista elaborada en la fase 1, se determinarán cuáles materiales son aptos para la construcción

**Tiempo: 30 minutos**

### Procedimiento

- 1.1 Comparar los materiales que se utilizan en los sistemas constructivos vernáculos con los que se pueden encontrar en la región
- 2.1 Realizar una lista de los materiales con los que se pueden realizar los humedales.

## Fase 3 Actividades preliminares

### 3.1 Limpieza del terreno

**Tiempo:** De cinco a ocho horas

### Procedimiento

1. Identificar el tipo de vegetación y de obstáculos como piedras, troncos, árboles, arbustos o maleza que se encuentren dentro del terreno
2. Retirar piedras, troncos, árboles, arbustos o maleza que pueda interferir, dañar la construcción o poner en peligro

- la vida de los trabajadores o de los ocupantes
- Retirar cualquier residuo y materia orgánica que haya quedado para evitar daños a futuro en la construcción, (imagen 13).

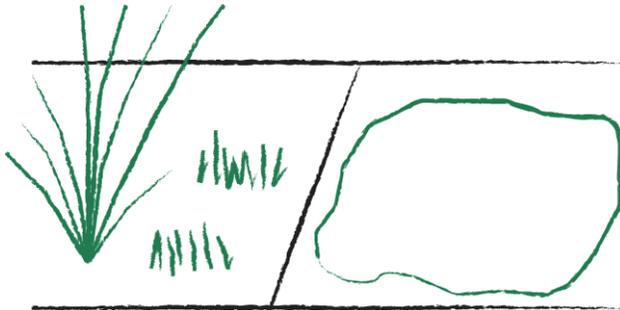


Imagen 13. Limpieza del terreno. Fuente: elaboración propia.

### 3.2 Trazo y nivelación del terreno

**Tiempo:** De cuatro a seis horas.

#### Procedimiento

- Definir los límites de la construcción del sistema de saneamiento y de los tanques de almacenamiento.
- Utilizar 4 estacas o 4 postes de madera, los cuales se colocarán en cada esquina con un mazo o martillo. Utilizar una escuadra para verificar que el ángulo sea de 90°, o utilizar la técnica del triángulo 3,4 5 m. para sacar los ángulos.
- Amarrar el hilo de cáñamo a una estaca o poste, a una altura de 30 cm. Esta estaca se denominará como punto 1.
- Seguir la línea perimetral con el hilo a la siguiente estaca o poste.
- Con una manguera con agua verificar el nivel con respecto al punto 1 y amarrar en donde marca la altura del agua en la estaca.
- Se coloca el otro extremo de la manguera en la estaca 2.
- Pasar el nivel de una estaca a otro con el mismo procedimiento.
- Amarrar las estacas con hilo cáñamo.

- Rellenar o remover el terreno hasta dejarlo completamente plano y horizontal. El material de relleno debe de estar libre de materia vegetal o basura, (imagen 14).

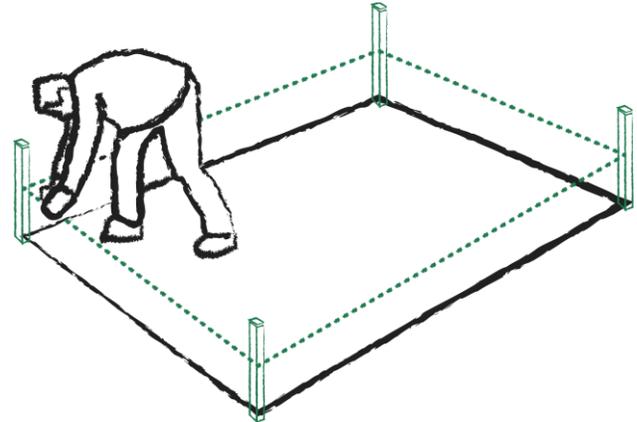


Imagen 14. Trazo y nivelación del terreno. Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Identificación de bajadas de aguas pluviales

#### Tiempo

30 minutos

#### Procedimiento

- Identificar si la vivienda tiene la cubierta a dos aguas o es plana
- Identificar donde están las bajadas de agua, (imagen 15).

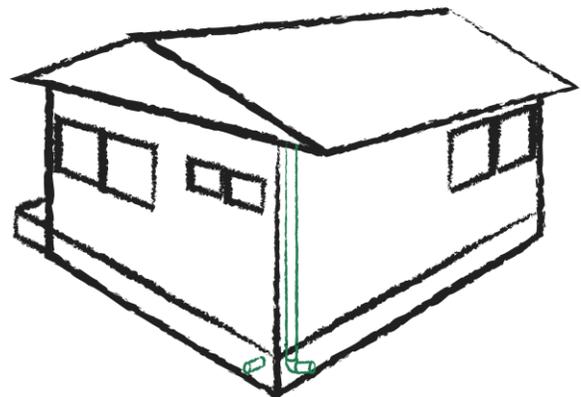


Imagen 15. Identificación de bajadas pluviales. Fuente: elaboración propia.

### 3.4 Identificación de salida de aguas grises

**Tiempo:** 30 minutos

#### Procedimiento

1. Identificar si están conectados solo los lavabos, las tarjas y las coladeras a la tubería.
2. No considerar instalaciones sanitarias que lleven aguas negras
3. Identificar donde están las salidas de aguas grises, (imagen 16).

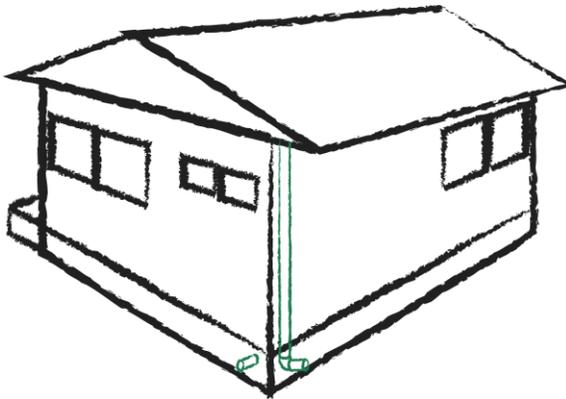


Imagen 16. Identificación de salida de aguas grises. Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Trazo de sistema de saneamiento de agua

**Tiempo:** De una a dos horas.

#### Procedimiento

1. Definir los límites de la fosa para las cámaras de filtros de aguas grises
2. Utilizar 8 estacas para marcar los bordes exteriores.
3. Utilizar una manguera para hacer el nivel
4. Para pasar el nivel se toma como referencia un punto en el terreno
5. La manguera se llena de agua casi en su totalidad
6. Se coloca estacas con mazo o martillo

7. Se coloca un extremo de la manguera en el punto de referencia y se coloca el otro extremo de la manguera en la estaca 1
8. Pasar el nivel de una estaca a otro con el mismo procedimiento
9. Se colocará cada extremo de la manguera
10. Amarrar con hilo cáñamo las estacas de acuerdo a como se muestra en la imagen 17.

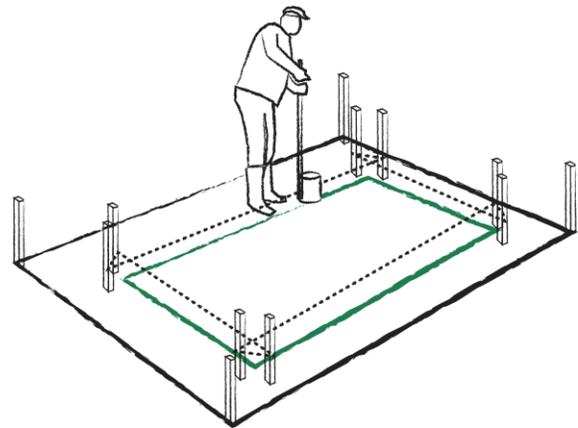


Imagen 17. Trazo de sistemas de saneamiento de agua. Fuente: elaboración propia.

### 3.6 Trazo para zanja de captación pluvial

**Tiempo:** Una hora.

#### Procedimiento

1. Definir la ruta por donde pasará la tubería
2. Colocar una estaca con mazo o martillo al inicio (donde se encuentra la bajada de agua pluvial) y otra al final (donde se conecta a la tercera cámara de filtros de aguas grises). Poner estacas adicionales si cambia la dirección de la instalación.
3. Amarrar las estacas con hilo cáñamo
4. Marcar con cal una línea que siga la guía hecha con las estacas e hilo, (imagen 18).

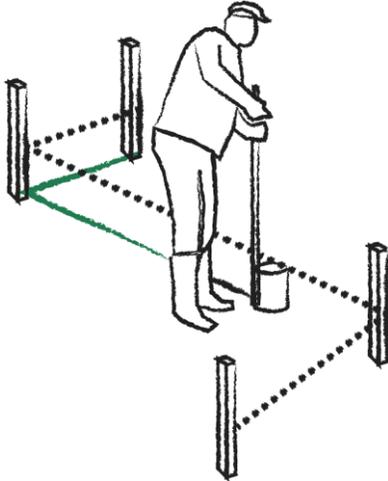


Imagen 18. Trazo para zanja de captación pluvial. Fuente: elaboración propia.

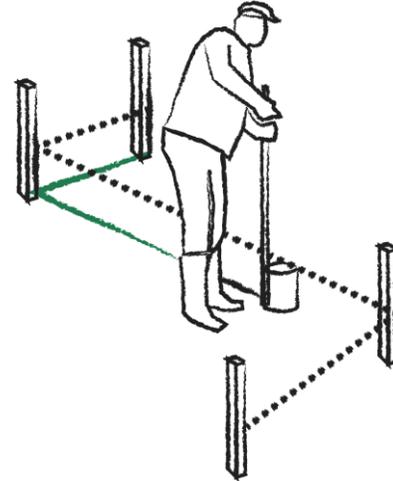


Imagen 19. Trazo para zanja de instalación sanitaria. Fuente: elaboración propia.

### 3.7 Trazo para zanja de instalación sanitaria

**Tiempo:** Una hora

#### Procedimiento

1. Definir la ruta por donde pasará la tubería
2. Colocar una estaca con mazo o martillo al inicio (donde se encuentra la bajada de agua pluvial) y otra al final (donde se conecta a la tercera cámara de filtros de aguas grises). Poner estacas adicionales si cambia la dirección de la instalación.
3. Amarrar las estacas con hilo cáñamo
4. Marcar con cal una línea que siga la guía hecha con las estacas e hilo, (imagen 19).

### Fase 4. Etapa de excavación

#### 4.1 Excavación de cámaras para filtros de aguas grises

**Tiempo:** Ocho horas.

#### Procedimiento

1. Realizar una excavación con pala de acuerdo a las dimensiones que se especificaron en los planos.
2. La excavación se debe de realizar con la ayuda de un pico a la profundidad especificada en los planos. Utilizar barreta si se encuentra suelo duro.
3. Retirar la tierra de la excavación con pala de la fosa que se está realizando, (imagen 20).

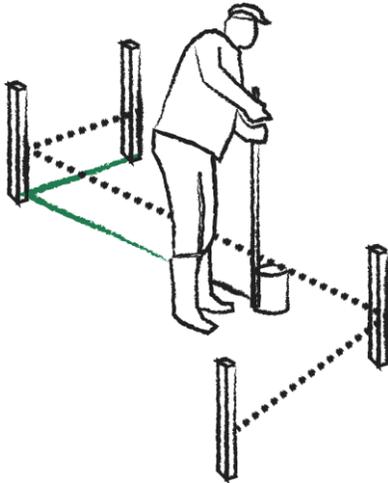


Imagen 20. Excavación de cámaras para filtros de aguas grises. Fuente: elaboración propia.

4. Poner la tierra producto de excavación en una carretilla para su posterior traslado
5. Utilizar un plomo o nivel para ir verificando las paredes perimetrales de la excavación
6. En las paredes de la fosa dejarla en talud
7. Compactar el fondo de la fosa con un pisón para dejarlo firme y nivelado, (imagen 21).

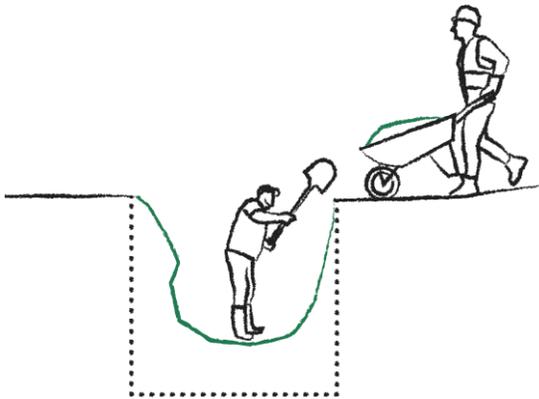


Imagen 21. Excavación de cámaras para filtros de aguas grises. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2 Excavación de fosa para humedales

**Tiempo:** Ocho horas

#### Procedimiento

1. Realizar una excavación de acuerdo a las dimensiones que se especificaron en los planos.
2. La excavación se debe de realizar con la ayuda de un pico a la profundidad especificada en los planos. Utilizar barreta si se encuentra suelo duro.
3. Retirar la tierra de la excavación con pala de la fosa que se está realizando, (imagen 22).

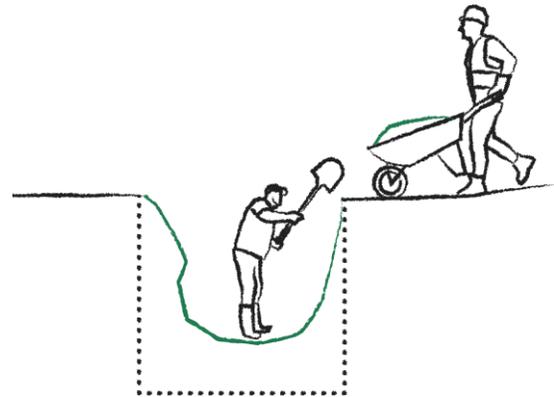


Imagen 22. Excavación de fosa para humedales. Fuente: Elaboración propia.

4. Poner la tierra producto de excavación en una carretilla para su posterior traslado
5. Utilizar un plomo o nivel para ir verificando las paredes perimetrales de la excavación
6. En las paredes de la fosa dejarla en talud
7. Compactar el fondo de la fosa con un pisón para dejarlo firme y nivelado.

#### 4.3 Excavación de fosa para tanques de almacenamiento subterráneo

**Tiempo:** Seis horas

#### Procedimiento

1. Realizar una excavación de acuerdo a como se especificó en los planos.
2. La excavación se debe de realizar con la ayuda de una pala y un pico a la profundidad especificada en los planos
3. Retirar la tierra con una pala de la excavación

4. Poner la tierra producto de excavación en una carretilla para su posterior traslado.
5. Utilizar un plomo o nivel para ir verificando las paredes perimetrales de la excavación
6. Perfilar los taludes
7. Dejar el fondo de la excavación nivelado
8. Comprobar el nivel de cada esquina de la excavación, (imagen 23).

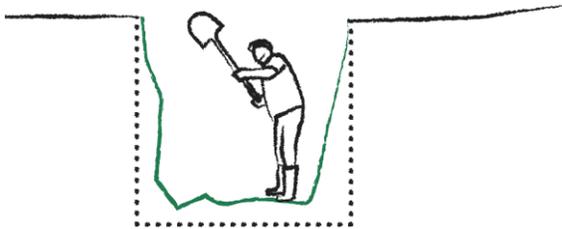


Imagen 23. Excavación de fosa para tanques de almacenamiento subterráneo. Fuente: elaboración propia.

#### 4.4 Excavación zanja de captación pluvial

**Tiempo:** Cuatro horas aproximadamente. Puede variar dependiendo la distancia.

##### Procedimiento

1. Ubicar el trazo ya realizado de la ruta de la instalación de captación pluvial
2. Realizar la excavación con la ayuda de pico, pala, carretilla y barreta. El tipo de herramienta a utilizar depende de la composición del suelo, si está compuesta de tierra o de piedra.
3. La excavación se debe de realizar a una profundidad de 40 cm. Y con respecto a la línea marcada, se dejarán 20 cm de cada lado. Para dejar una zanja de 40 cm de ancho.
4. Retirar la tierra de la excavación y ponerla en una carretilla para su posterior traslado
5. Perfilar las paredes de la zanja, (imagen 24).

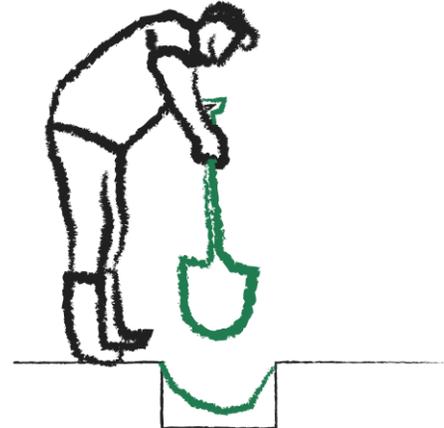


Imagen 24. Trazo para zanja de captación pluvial. Fuente: elaboración propia.

#### 4.5 Excavación de zanja de instalación sanitaria

**Tiempo:** Cuatro horas aproximadamente. Puede variar dependiendo la distancia.

##### Procedimiento

1. Ubicar el trazo ya realizado de la ruta de la instalación sanitaria
2. Realizar la excavación con la ayuda de pico, pala, carretilla y barreta. El tipo de herramienta a utilizar depende de la composición del suelo, si está compuesta de tierra o de piedra.
3. La excavación se debe de realizar a una profundidad de 40 cm. Y con respecto a la línea marcada, se dejarán 20 cm de cada lado. Para dejar una zanja de 40 cm de ancho.
4. Retirar la tierra de la excavación y ponerla en una carretilla para su posterior traslado.
5. Perfilar las paredes de la zanja, (imagen 25).

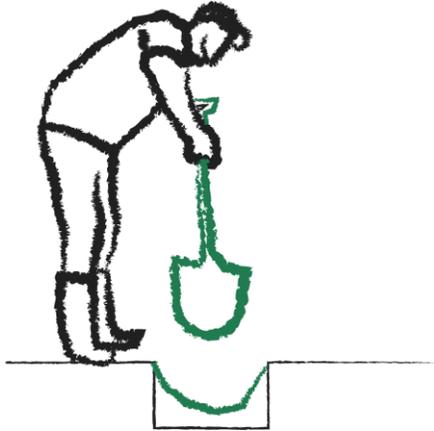


Imagen 25. Trazo para zanja de instalación sanitaria. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6 Acarreo de material producto de excavación

**Tiempo:** Dos horas.

##### Procedimiento

1. Con una pala se colocará todo el material producto de excavación en la carretilla
2. Transportar el material hasta un banco de materiales retirado de la construcción
3. Dejar el producto de excavación en un lugar accesible ya que la tierra será utilizada para preparar la argamasa durante la construcción, (imagen 26).

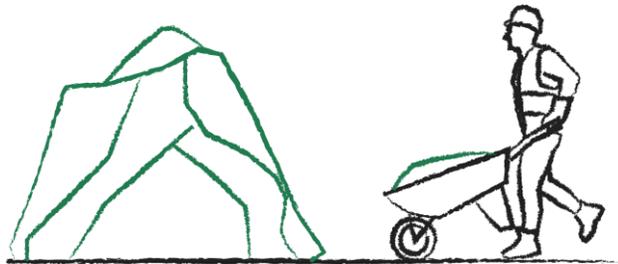


Imagen 26. Acarreo de material producto de excavación. Fuente: Elaboración propia.

#### Fase 5 Instalaciones para captación de agua pluvial

##### 5.1 Instalación de tuberías

**Tiempo:** Cuatro horas.

##### Procedimiento

- 1.2 Identificar y organizar el material que se va a utilizar como el pegamento, los tubos y conexiones de PVC de 2" que se utilizarán para la instalación de las tuberías de agua pluvial.
- 2.2 Se cortarán los tubos necesarios con segueta, dependiendo de la distancia de la bajada de agua pluvial y la tercera cámara del sistema de filtros de aguas grises
- 3.2 Lijar con ayuda de una lija 120 la superficie del tubo antes de pegar
- 4.2 Pegar los tubos y conexiones con el pegamento especial para PVC, (imagen 27).

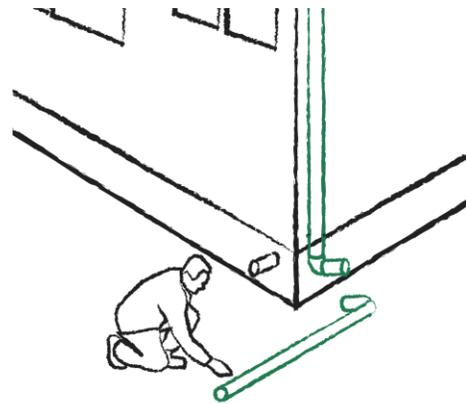


Imagen 27. Instalaciones para captación de agua pluvial. Fuente: elaboración propia.

##### 5.2 Instalación de registros

**Tiempo:** Tres horas.

##### Procedimiento

1. Identificar y organizar el material que se va a utilizar como el pegamento, los tubos y conexiones de PVC de 2" que se utilizarán

para la instalación de las tuberías de agua pluvial

2. Se ubicarán los registros a la distancia de 6 metros de distancia cada uno
3. Lijar con ayuda de una lija 120 la superficie del tubo antes de pegar
4. Pegar los tubos y conexiones con el pegamento especial para PVC, (imagen 28).

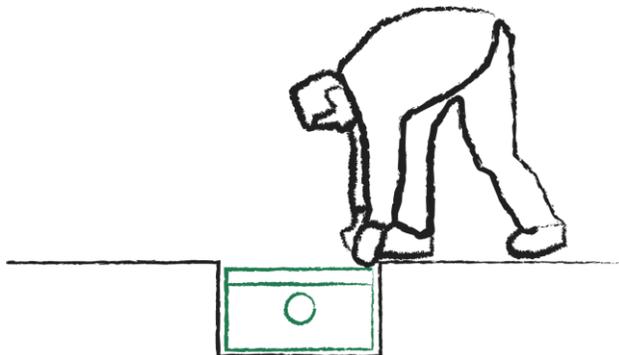


Imagen 28. Instalaciones de registros. Fuente: elaboración propia.

### 5.3 Relleno y compactación de tierra procedente de la excavación

**Tiempo:** Tres horas.

#### Procedimiento

1. Con pala y carretilla acarrear la tierra producto de excavación para rellenar la zanja.
2. Considerar la inclinación de 1% a 2% por cada metro.
3. Utilizar la pala y el pisón para compactar la tierra.
4. Cuidar de no ejercer demasiada presión porque se podría romper la tubería, (imagen 29).

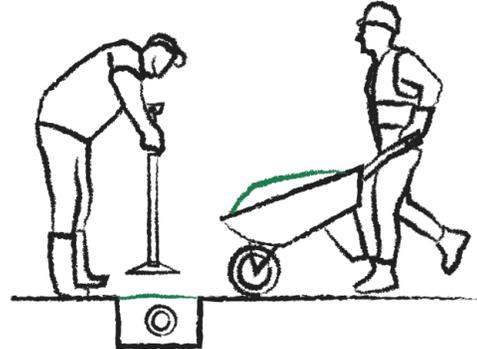


Imagen 29. Relleno y compactación de tierra procedente de la excavación. Fuente: elaboración propia.

## Fase 6. Instalaciones sanitarias

### 6.1 Instalado de tubería sanitaria

**Tiempo:** Cuatro horas.

#### Procedimiento

1. Identificar y organizar el material que se va a utilizar como el pegamento, los tubos y conexiones de PVC de 4" que se utilizaran para la instalación de las tuberías de agua gris
2. Se cortan los tubos necesarios, dependiendo de la distancia de la salida de aguas grises de la vivienda y la primera cámara del sistema de captación pluvial.
3. Dependiendo de la distancia de la salida de aguas grises de los módulos de baños y la primera cámara del sistema del humedal.
4. Lijar con ayuda de una lija 120 la superficie del tubo antes de pegar.
5. Limpiar los tubos con un paño húmedo.
6. Pegar los tubos y conexiones con el pegamento especial para PVC, (imagen 30).

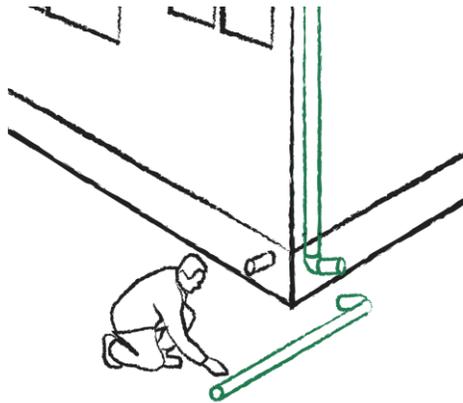


Imagen 30. Instalaciones sanitarias. Fuente: elaboración propia.

## 6.2 Instalación de registros

**Tiempo:** Cuatro horas.

### Procedimiento

1. Identificar y organizar el material que se va a utilizar como el pegamento, los registros, los tubos y conexiones de PVC de 4" que se utilizarán para la instalación de las tuberías de agua pluvial.
2. Se ubicarán los registros a la distancia de 6 metros.
3. Conectar con la tubería de captación de agua pluvial.

## 6.3 Relleno y compactación de tierra procedente de la excavación

**Tiempo.** Cuatro horas.

### Procedimiento

1. Con pala y carretilla acarrear la tierra producto de excavación para rellenar la zanja.
2. Utilizar la pala y el pisón para compactar la tierra.
3. Cuidar de no ejercer demasiada presión por que se podría romper la tubería, (imagen 31).

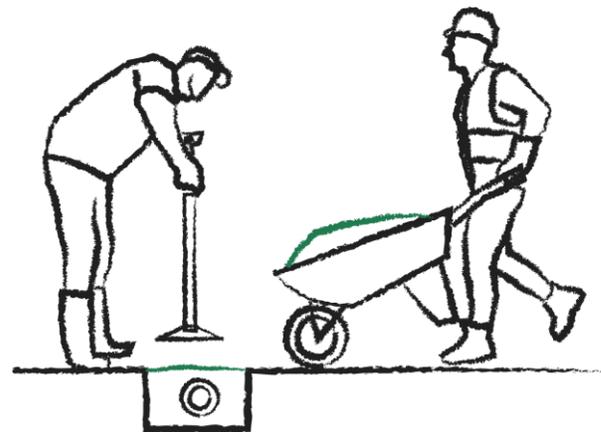


Imagen 31. Relleno y compactación de tierra procedente de la excavación. Fuente: Elaboración propia.

## Fase 7 Construcción de cámaras de filtración

### 7.1 Trazo de los muros intermedios

**Tiempo.** De una a dos horas.

### Procedimiento

1. De acuerdo a lo especificado en los planos, colocar las estacas con mazo o martillo correspondientes a los ejes de los muros intermedios.
2. Con un plomo marcar una línea con cal en el fondo de la excavación. Este será el centro del muro intermedio.
3. Posterior a marcar los centros de los muros intermedios medir 25 cm de cada lado de la línea central y trazar líneas paralelas con respecto a la línea central.
4. En la parte superior de la excavación se realizará el mismo procedimiento, pero dejando 15 cm de cada lado con respecto a la línea central del muro, (imagen 32).

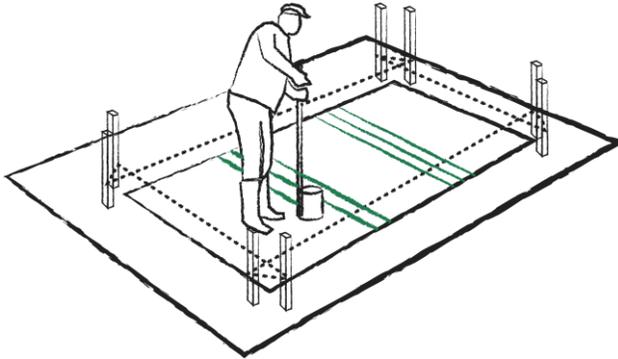


Imagen 32. Construcción de cámaras de filtración. Fuente: Elaboración propia.

### 7.2 Construcción de muros intermedios de mampostería

Los muros divisorios se elaborarán con piedra brasa y tepetate. Junteado con una argamasa hecha en obra.

La argamasa consiste de las siguientes proporciones:

- 75% de tierra producto de excavación
- 25% de cal.
- Agua. Se añade lentamente hasta conseguir una consistencia maleable, Nota: la cantidad de agua a usar depende mucho del clima de la zona

**Tiempo:** De ocho a 12 horas.

#### Procedimiento

1. Identificar las piedras que se utilizarán.
2. Fragmentar las piedras con marro para que tengan medidas de entre 30 y 45 cm.
3. Se humedecerá el área marcada donde se levantará el muro de mampostería.
4. Se seleccionarán las piedras que encajen, buscando la cara correcta.
5. Una vez encontrada la piedra se humedecerán las piedras para que no absorba el agua de la argamasa.
6. Empezar a poner la argamasa en la piedra y en el lugar donde se colocará, (imagen 33).



Imagen 33. Construcción de muros intermedios de mampostería. Fuente: Elaboración propia.

7. Con la piedra colocada, se procede a golpear ligeramente con un mazo, la piedra para que se ajuste
8. Poner piedras de menor tamaño entre los huecos que se encuentren.

### 7.3 Preparación para instalación hidráulica para conexión de cámaras de filtrado

**Tiempo:** Una hora.

#### Procedimiento

1. Identificar en los planos a que altura atraviesa la instalación hidráulica que conecta las cámaras. Para que al levantar el muro de mampostería se pueda colocar el hueco para que pase la instalación hidráulica.
2. En los muros divisorios dejar un hueco con un diámetro ligeramente mayor a 2 pulgadas. Este hueco es para posteriormente colocar la tubería que conecta a las cámaras entre sí. Se puede utilizar una tubería mayor a 2 pulgadas, (imagen 34).

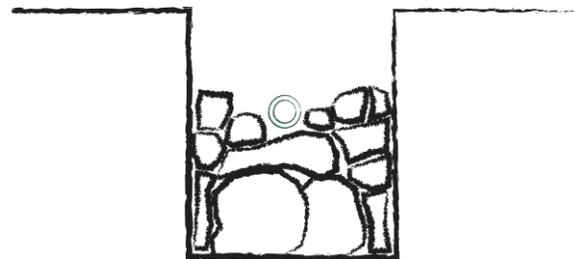


Imagen 34. Preparación para instalación hidráulica para conexión de cámaras de filtrado. Fuente: Elaboración propia.

## Fase 8. Instalación de tubería en cámaras

### 8.1 Instalación de tubería de canalización

**Tiempo:** Cuatro horas.

#### Procedimiento

1. En los huecos que se dejaron al levantar el muro de mampostería, se colocara la instalación hidráulica que conecta las cámaras de filtrado entre sí.
2. Identificar y organizar el material que se va a utilizar como el pegamento, los tubos y conexiones de PVC de 2" que se utilizaran para la instalación de las tuberías de agua tratada.
3. Se cortan los tubos necesarios para realizar la conexión entre cámaras.
4. Lijar la superficie del tubo antes de pegar.
5. Pegar los tubos y conexiones con el pegamento especial para PVC, (imagen 35).



Imagen 35. Instalación de tubería en cámaras. Fuente: Elaboración propia.

### 8.2 Instalación de desagüe de cámaras de filtrado

**Tiempo:** Dos horas.

#### Procedimiento

1. Ubicar el lugar donde se realizará el desfogue en el fondo de las cámaras
2. Identificar y organizar el material que se va a utilizar como el pegamento, los tubos y conexiones de PVC de 2" que se utilizaran para la instalación del desfogue
3. Se cortan los tubos necesarios para realizar el desfogue.

4. Lijar con ayuda de una lija 120 la superficie del tubo antes de pegar.
5. Pegar los tubos y conexiones con el pegamento especial para PVC.

## Fase 9. Instalación de tanques de almacenamiento

### 9.1 Colocación de tanques de almacenamiento

**Tiempo:** Una hora.

#### Procedimiento

1. Verificar que se encuentren en buen estado los materiales
2. Colocar los tanques de almacenamiento en las fosas excavadas, cuidando que no se dañen durante la maniobra, (imagen 36).

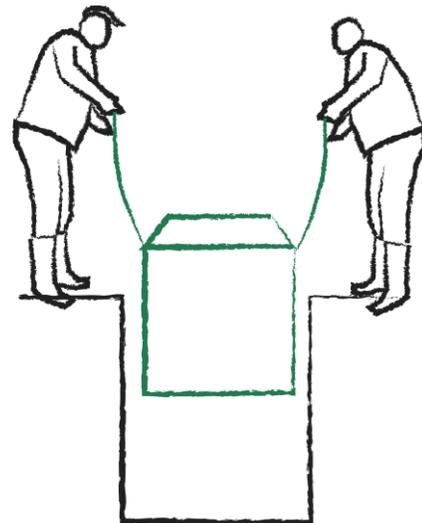


Imagen 36. Instalación de tanques de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.

### 9.2 Instalación de tubería para tanque de almacenamiento

**Tiempo:** Dos horas.

### Procedimiento

1. Identificar que se cuenten con todos los materiales y para la instalación del sistema de almacenamiento, como tubería PVC de 2", conexiones de PVC 2", tanques de almacenamiento.
2. Verificar que se encuentren en buen estado los materiales.
3. Se cortarán los tubos necesarios, dependiendo de la distancia que se requiera para conectar los tanques de almacenamiento.
4. Lijar la superficie del tubo antes de pegar.
5. Conectar con tubería PVC de 2" los tanques de almacenamiento con la última cámara del sistema de saneamiento de aguas grises.
6. Considerar que se pondrá una bomba eléctrica.
7. Pegar los tubos y conexiones con el pegamento especial para PVC, (imagen 37).

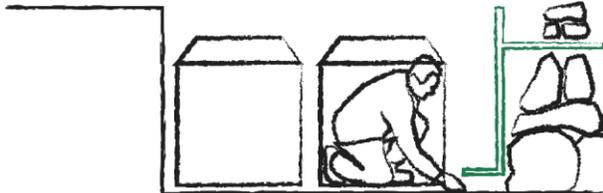


Imagen 37. Instalación de tubería para tanques de almacenamiento. Fuente: elaboración propia.

### 9.3 Instalación de bomba para la distribución de agua

**Tiempo:** Dos horas.

#### Procedimiento

1. Identificar que se cuenten con todos los materiales y para la instalación del sistema de almacenamiento, como tubería PVC de 2", conexiones de PVC 2", tanques de almacenamiento.
2. Se cortan los tubos necesarios para conectarse a la instalación de los tanques de almacenamiento.

3. Se define donde se pondrá la bomba hidráulica de un caballo de potencia.
4. Lijar la superficie del tubo antes de pegar.

### Fase 10. Etapa de revestimiento

#### 10.1 Aplanado de muros de mampostería

**Tiempo:** De cuatro a seis horas.

#### Procedimiento

1. Limpiar la zona.
2. Despejar la zona de la fosa.
3. Preparar el material para el aplanado.
4. Colocarlo en los muros, dejar un acabado liso.
5. Suministrar material adicional en huecos, (imagen 38).

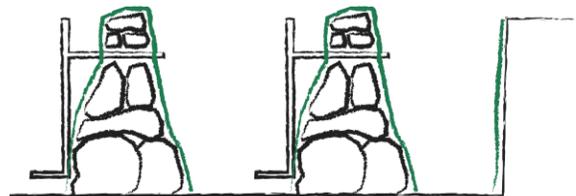


Imagen 38. Instalación de tubería para tanques de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.

#### 10.2 Colocado y habilitado de lona de impermeabilización para las cámaras de los filtros

**Tiempo:** Una hora.

#### Procedimiento

1. Colocar la lona en las cámaras para marcar las salidas de las instalaciones.
2. Realizar los cortes marcados.
3. Pasar la tubería por los orificios que se le realizaron a la lona (imagen 39).

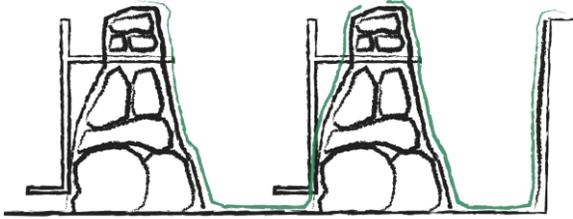


Imagen 39. Colocado y habilitado de lona de impermeabilización para las cámaras de los filtros.  
Fuente: Elaboración propia.

### 10.3 Sellado de la unión entre la lona impermeabilizante y la tubería de instalación para canalización de agua tratada

**Tiempo:** Una hora.

#### Procedimiento

1. Limpiar la zona de los tubos y del hueco de la lona utilizando un paño húmedo.
2. Pasar la tubería por los huecos de la lona.
3. Sellar la zona donde se une la tubería y la lona con pegamento para PVC.
4. Dejar secar, (imagen 40).

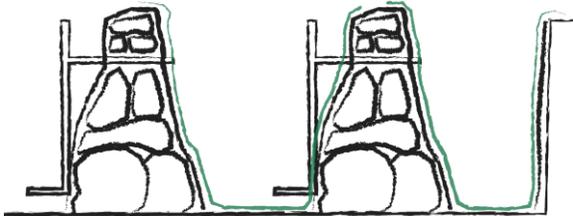


Imagen 40. Sellado de la unión entre la lona impermeabilizante y la tubería de instalación para canalización de agua tratada. Fuente: elaboración propia.

## Fase 11 Prueba de funcionamiento

### 11.1 Pruebas de hermeticidad de la instalación

Esta prueba se aplica en las cámaras de ambas ecotecnias, filtros y humedales artificiales.

**Tiempo:** Dos horas aproximadamente.

#### Procedimiento

1. Al tener ya colocada la tubería de las salidas de la instalación se colocarán tapones en los extremos.
2. Posterior a la colocación de los tapones, con ayuda de una cubeta se vierte agua en las cámaras.
3. Comprobar que no se filtre el agua en las secciones de la instalación visible.
4. Dejar la tubería llena con agua 1 o 2 horas aproximadamente para poder corroborar que no se tengan filtraciones.
5. Por último, se verifica si el nivel del agua disminuye o sigue siendo el mismo, así comprobando que no existen filtraciones en las instalaciones.

### 11.2 Pruebas de almacenamiento

**Tiempo:** Dos horas aproximadamente.

#### Procedimiento

1. Lo primero que se tiene que hacer con ayuda de una cubeta se verterá agua a los tanques de almacenamiento a una capacidad del 25%.
2. Dejar los tanques de almacenamiento con el agua para verificar que no existan fugas.
3. Por último, verificar los niveles de agua en los tanques de almacenamiento, y así comprobar que sigan en su capacidad del 25% y determinar que no existen fugas, (imagen 41).

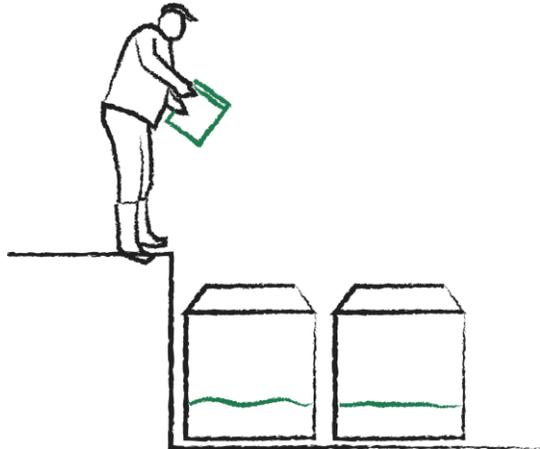


Imagen 41. Pruebas de hermeticidad de la instalación.  
Fuente: Elaboración propia.

## Fase 12 Colocación de material

### 12.1 Colocación de material para filtrado en humedales artificiales

**Tiempo:** De cuatro a seis horas aproximadamente.

**Procedimiento:**

1. Con ayuda de una cubeta y una pala comenzar a llenar las cámaras de filtrado, con los siguientes materiales, en el siguiente orden y a las alturas de cada capa.
2. Se aplica la primera capa de piedra laja con una altura de 15 cm.
3. La segunda capa es de grava de 1 ½" con una altura de 15 cm.
4. La tercera capa es de tezontle con una altura de 15 cm.
5. La cuarta capa es de arena de río con una altura de 15 cm.
6. Y la última capa vuelve a ser de grava de 1 ½" con una altura de 10 cm, (imagen 42).



Imagen 42. Colocación de material para filtrado en humedales artificiales. Fuente: Elaboración propia.

### 12.2 Colocación de material para filtrado en filtros de aguas grises

**Tiempo:** De cuatro a seis horas.

**Procedimiento**

Con ayuda de una pala y una cubeta se llenarán las cámaras de filtrado.

**Primer cámara**

1. En la primera cámara se pondrá una maya de filtrado la cual puede ser tela o tejida con hojas de carrizo.

**Segunda cámara**

1. Llenar la primer capa 15 cm de piedra laja.
2. Llenar la segunda capa 20 cm de grava de 1 ½".
3. Llenar la tercera capa 20 cm de piedra tezontle.
4. Llenar la cuarta capa 15 cm de arena de río.
5. Llenar la quinta capa 15 cm de grava de 1 ½".

**Tercera cámara**

6. Llenar la primer capa 15 cm de piedra laja.
7. Llenar la segunda capa 15 cm de grava de 1 ½".
8. Llenar la tercer capa 30 cm de carbón vegetal activo.
9. Llenar la cuarta capa 15 cm de arena de río.
10. Llenar la quinta capa 15 cm de grava de 1 ½", (imagen 43).

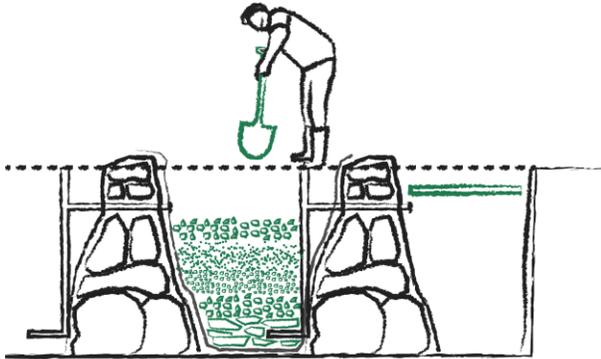


Imagen 43. Colocación de material para filtrado en filtros de aguas grises. Fuente: Elaboración propia.

### 12.3 Colocación de vegetación en cámaras para filtrado

**Tiempo:** Dos horas aproximadamente.

#### Procedimiento:

1. Con ayuda de una pala se colocarán en las cámaras ya con el material filtrante la vegetación que ayudará con la filtración del agua, las cuales son los juncos de agua, se hacen orificios con 15 cm de profundidad, esto para que las raíces de la planta queden bien firmes y ayuden con el filtrado, (imagen 44).

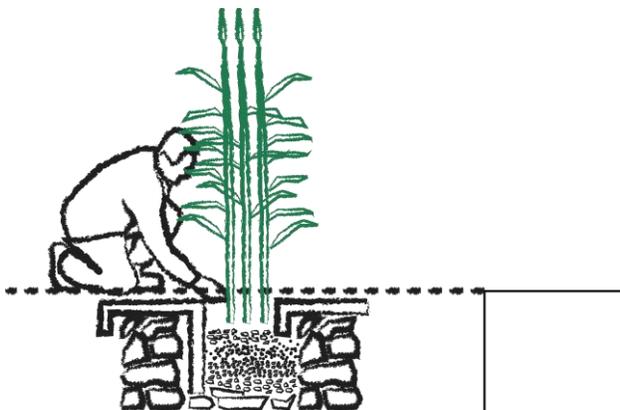


Imagen 44. Colocación de vegetación para filtrado en humedales artificiales. Fuente: Elaboración propia.

## Fase 13 Cubierta

### 13.1 Construcción de tapas de cámaras

**Tiempo:** Cuatro horas por tapa.

#### Procedimiento

1. Se va a seleccionar el carrizo para la elaboración de las tapas de las cámaras.
2. Se le van a retirar las hojas del carrizo, estas deben de estar completas para poder utilizarlas.
3. Con el machete se cortarán tramos de carrizo a longitudes de 1 m y de 1.50 m, para poder realizar un marco con el carrizo, el cual tendrá 1 m de ancho por un 1.5 m de largo.
4. Se colocarán carrizos a cada 15 cm sobre lo largo para poder crear una malla.
5. Al tener la malla de las tapas se hará un tejido con las hojas del carrizo.

### 13.2 Colocación de tapas de cámaras

**Tiempo:** 30 minutos.

#### Procedimiento

1. Al tener las tapas echas se colocarán en las cámaras de filtrado, (imagen 45).

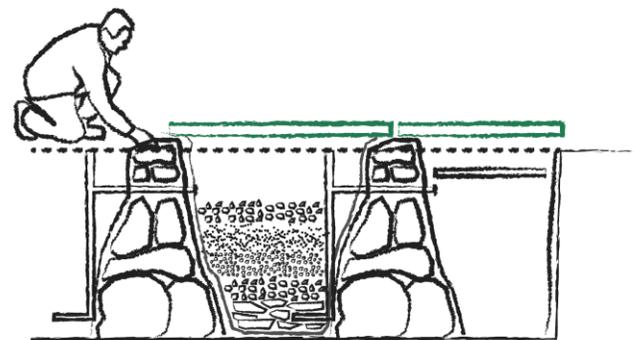


Imagen 45. Colocación de tapas de cámaras. Fuente: elaboración propia.

## Fase 14. Aprovechamiento

### 14.1 Almacenamiento del agua filtrada

### Procedimiento.

1. El agua que salga del sistema de saneamiento de aguas grises será almacenada en tanques para posteriormente ser aprovechada para las actividades que el usuario elija que no sea para limpieza personal.
2. Extraer el agua de los tanques de almacenamiento con cubetas, por medio de la bomba o por el medio que disponga el usuario
3. El agua filtrada se puede utilizar para diferentes actividades que el usuario elija. Por ejemplo, para riego o para el ganado.

### CONCLUSIONES

Sin duda, el número de proyectos que buscan reutilizar las aguas grises, jabonosas y pluviales para uso doméstico, son innumerables, desde lo más básico que es recolectar el agua de la tarja en un balde, hasta los más sofisticados que son sistemas de filtración prefabricados. Aunque los sistemas son diversos, el objetivo sigue siendo el mismo, aprovechar y reutilizar las aguas jabonosas, grises y pluviales.

Como se mostró en el cuerpo del manuscrito, en comunidades rurales semidesérticas, el agua potable es muy escasa, por lo que realizar acciones para reutilizar aguas jabonosas son una necesidad, sin embargo, para la creación de un sistema de filtración se vuelve complejo por la carencia de recursos humanos, económicos e incluso de insumos; por esta razón, la realización de sistemas como el que se expuso, con materiales tradicionales y autoconstruible, se vuelve una opción factible para las familias de comunidades rurales en zonas semiáridas, ya que es eficaz, económico, de bajo e incluso nulo impacto ambiental.

Con base en lo anterior, también se mostró la importancia de mostrar un instrumento para poder realizar dicho sistema de filtración; como lo

sería un manual para la construcción. Este manual se basó en trabajos de investigación, en pruebas realizadas a materiales, entre otros; por lo que, consideramos que un manual para la construcción de un sistema de filtración con materiales tradicionales coadyuva a fortalecer la identidad cultural de las comunidades, y a su vez contribuir a preservar este tipo de sistemas constructivos.

### REFERENCIAS

1. INEGI (2021). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI)*, 2020.
2. Contreras López, Christopher at al. (2024) Caracterización del territorio en el noreste del Valle del Mezquital con una metodología de análisis Ambiental. Ambiente y vida en los desiertos mexicanos. Exploraciones sobre la producción del espacio. Zacatecas: Programa editorial de la Universidad Autónoma de Zacatecas.
3. Gestión Ambiental Local por una comunidad sustentable y ministro del Medio Ambiente, s/f. Manual práctico de captación en ecotecnias para el uso sustentable del recurso hídrico en la comuna Monte Patria, Localidad Chañaral Alto (Región de Couimbo). Gobierno de Chile.
4. Martín Domínguez, Alejandra y González Herrera Arturo, 2010. Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia, secretaria de medio ambiente y recursos hidráulicos. Gobierno de México.
5. Manuela Avellaneda, Lizeth, 2016. Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de Aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco

- Urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima. Universidad Libre Facultad de Ingeniería Instituto De Posgrados Especialización En Gerencia Ambiental Bogotá Colombia.
6. López Méndez, Augusto Vidal, 2014. Manual para la elaboración de filtros caseros, dirigido a los Usuarios del Centro de Salud Norte del municipio de Huehuetenango.
  7. Torres-Parra Camilo A., García-Ubaque César A., García-Ubaque Juan C., García-Vaca María C. y Pacheco-García Robinson, 2017. Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración. en Revista Salud Publica 19 (4), Colombia
  8. Hoffman, Heike, Platzer, Christoph, Winker, Martina, Von Muench, Elisabeth, 2011. Revision tecnica de humedales artificiales; en Sustainable sanitation ecosan. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development.
  9. Arias I., Brix Hans, 2003. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales; en Ciencia e Ingeniería Neogradeia, num. 13, julio, 2003, pp. 17-24. Bogota, Colombia
  10. Barbacci, N. (2022). Arquitectura Vernácula: concepto, ejemplos y revaloración. Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo, 65-71
  11. Martínez Burgos, J. (2016). Catálogo de sistemas constructivos tradicionales de la arquitectura mexicana
  12. Hiernaux Nicolás, D. (1991). La autoconstrucción de la vivienda en el área metropolitana de la ciudad de México. Querétaro.
  13. Lozano Ramírez, M. (2011). Gestión de viviendas autoconstruidas en asentamientos humanos de Lima. Lima, Lima, Peru: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica.
  14. Galindo González, L. (2015). Ecotecnologías, autoempleo y sustentabilidad en línea; una triada de formación necesaria en la actualidad. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo
  15. Martínez Portugal, M. d., & Calixto Andriano, R. (2022). Manual de Ecotecnias de Seguridad Hídrica y Sustentabilidad Energética para el estado de Puebla. Puebla, Mexico: SEMARNAT
  16. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2023). Ecotecnologias. Criterios generales para su implementación en la vivienda. Documento de trabajo. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL. México: CONAVI.
  17. Jalife Acosta, S., Quiroa Herrera, J. A., & Villanueva Solís, J. (2018). Captación de agua de lluvia: tipos, componentes y antecedentes en zonas áridas de México como estrategia de uso sustentable del agua. Revista Científica. Vivienda y Comunidades Sustentables.
  18. Torres-Parra Camilo A., García-Ubaque César A., García-Ubaque Juan C., García-Vaca María C. y Pacheco-García Robinson, 2017. Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración. en Revista Salud Publica 19 (4), Colombia.