

# DISEÑO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO PARA CAPTACIÓN Y USO DE AGUA PLUVIAL EN VIVIENDA UNIFAMILIAR EN XALAPA, VERACRUZ

DESIGN OF A CONSTRUCTION SYSTEM FOR CAPTURE AND USE OF RAINWATER IN A SINGLE-FAMILY HOME IN XALAPA, VERACRUZ

Susana Juárez Rechy Sánchez\*

**SUMARIO:** I. Introducción y objetivo, II. Hipótesis, III. Antecedentes de los sistemas de captación pluvial, IV. Propuesta de diseño (proceso constructivo), V. Conclusión, VI. Referencias bibliográficas

## RESUMEN

El presente es el resultado de la investigación realizada sobre una de las biotecnologías en arquitectura más importantes por la situación ambiental actual: la captación pluvial. El objetivo fue diseñar un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para instalarse en viviendas unifamiliares en Xalapa, Veracruz. El proyecto de investigación se desarrolló con el método hipotético-deductivo mediante observación, hipótesis, deducciones y verificaciones, a través del registro y análisis de datos, tanto de precipitación pluvial como de necesidades de los usuarios, de utilización de agua de lluvia, materiales, proceso constructivo y costos. Los resultados mostraron un ahorro monetario en las viviendas y un impacto ambiental muy positivo.

## ABSTRACT

This text is the result of research carried out on one of the most important biotechnologies in architecture due to the current environmental situation: rainwater harvesting. The objective was to design a rainwater collection and use system to be installed in single-family homes in Xalapa, Veracruz. The research project was developed in accordance to the hypothetical-deductive method through observation, hypotheses, deductions and verifications, with the recording and analysis of data, both on rainfall, as well as regarding user needs, use of rainwater, materials, construction process and costs. The results showed monetary savings in homes and a very positive environmental impact.

\* Doctora en Desarrollo de la Educación por la UNIVDEP, maestra en Tecnologías de la Arquitectura por la BUAP y licenciada en Arquitectura por la Universidad Veracruzana (UV). Catedrática de la Facultad de Arquitectura de la UV y profesora de posgrado en la Universidad EuroHispanoamericana

**PALABRAS CLAVE:** Captación pluvial, biotecnologías en arquitectura, SCAPT, SCALL, impacto ambiental.

**KEYWORDS:** Rainwater harvesting, biotechnologies in architecture, RRWH, RWH, environmental impact.

## I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

En México, y en particular en Xalapa, los problemas del agua son cada vez más graves debido al crecimiento poblacional y al desabasto de esta. Por ejemplo, a nivel nacional hay 64% menos agua disponible por persona que hace 50 años (de la cual se estima que más de la mitad se pierde en fugas) y el 78% del agua utilizada en el país se destina al riego de cultivos. Además, hay 12 millones de personas sin agua potable y 24 millones sin alcantarillado, según cifras de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2013).

Sin embargo, el agua pluvial (a pesar de no ser potable), posee una gran calidad ya que contiene una concentración muy baja de contaminantes dada su nula manipulación (Rojas, 2016). Por esto, es utilizable para muchos fines domésticos como riego de áreas verdes, uso de sanitario, limpieza, lavado de vehículos, entre otros.

En esta investigación se buscó una solución para el grave y evidente problema de la escasez del agua en varias zonas del país, mediante el diseño de un sistema constructivo que sirva para la captación y aprovechamiento del agua de lluvia en viviendas unifamiliares.

Además, es importante concientizar a la población acerca del deterioro del

planeta, para poder implementar más biotecnologías en las viviendas (y en los edificios en general), aprovechando todos los recursos naturales -como en este caso el agua- y reducir así el impacto ambiental negativo.

## II. HIPÓTESIS

Es viable diseñar un sistema constructivo de captación pluvial en viviendas unifamiliares en la ciudad de Xalapa, con el objetivo de ahorrar el consumo de agua y costos por el uso de este recurso.

## III. ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN PLUVIAL

Los sistemas de captación del agua de lluvia proceden de épocas remotas, en la región de la Mesopotamia, con registros de hace aproximadamente 5 mil años. A principios de este siglo, estos sistemas para uso doméstico perdieron su importancia debido al rápido crecimiento de las ciudades y a los sistemas de distribución del agua a nivel domiciliario.

En algunas regiones de los países de América Latina y el Caribe, desde hace más de tres siglos se han utilizado sistemas de captación pluvial donde la recolección de agua, proveniente de los techos, es almacenada en cisternas de diferentes tipos y materiales, que aún representan la

fuente principal de agua para uso doméstico (PNUMA, 2008).

Sobre este tema existen, en la actualidad, diversos grupos alrededor del mundo que están realizando estudios al respecto, como los estudiantes de la Architecture Academy of Fine Arts (Academia de Arquitectura de Bellas Artes) en Poznan, Polonia, que han diseñado un proyecto llamado “Rain Collector Skyscraper” (Rascacielos colector de lluvia).

El arquitecto Gary Tarleton en Oregón, Estados Unidos, ha diseñado una vivienda llamada “Watershed” que, mediante una cubierta de policarbonato, capta el agua y la conduce, a través de una canaleta, hacia un contenedor superficial de acero que funciona como almacén del líquido y como ornamento al ser un espejo de agua (Sánchez, 2010).

Otro grupo de arquitectos en Toronto (Moss Sund, 2012) crearon el sistema de recolección de agua de lluvia llamado “Cista”, que proporciona almacenamiento para el agua dentro de un contenedor vertical forrado con plantas trepadoras, que permiten la integración del tanque con la fachada de la casa, logrando así una mayor área verde y la conservación del líquido.

El diseñador australiano Chris Buerckener ha creado el “Watree”, que es un juego de palabras entre water (agua) y tree (árbol). Consiste en una copa de gran extensión que, ubicada en parques, estadios o cualquier terreno de mucha amplitud, capta el agua de lluvia, almacenándola en varios contenedores ubicados en diversas zonas estratégicas dentro del lugar (Tuvie, 2007).

A menor escala, pero con la misma temática, se encuentra el equipo suizo de diseño Fulgoro, creando el escultural “Releaf”, que es un recolector de agua de lluvia para maceteros. Su forma asemeja a una hoja y consigue canalizar el agua desde la superficie hasta directamente las raíces de las plantas (Inhabitat, 2007).

En México otros grupos de expertos también están trabajando sobre los sistemas de captación pluvial. Tal es el caso del “Sistema de captación, almacenamiento y purificación del agua de lluvia”, creado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que consiste en captar agua de lluvia en los techos de las edificaciones y dirigirla, por medio de canaletas y tuberías, hacia un filtro de gravas y posteriormente al sitio final de almacenamiento.

Otro ejemplo es el proyecto experimental “Sistema para Captar Aguas Pluviales y Filtración para la Universidad de ECOSUR”, en Chiapas, realizado por esa institución, y que consiste en recolectar el agua de cuatro azoteas para transferirla a una gran cisterna oculta en el suelo y de ahí bombearla al tanque de distribución.

Dentro de las Normas Técnicas de la Comisión Nacional del Agua, existe también un proyecto denominado “Techo-Cuenca” que trata de un dispositivo que colecta el agua de lluvia para consumo humano en regiones de escasa precipitación pluvial (García, 2012).

Con lo anterior se observa que todos los proyectos para captación pluvial estudiados son similares y que sólo varían en cuanto a materiales o diseños, pero el

sistema constructivo es el mismo. Por eso es importante crear un sistema nuevo, que se adecue a las viviendas; es decir, estéticamente aceptable y que sea menos costoso. Para ello se realizó un análisis de los sistemas de captación pluvial mencionados, los requerimientos para su uso, sus elementos y componentes, su diseño y materiales; para poder así considerar todos los factores para la propuesta del sistema de captación.

#### IV. PROPUESTA DE DISEÑO (PROCESO CONSTRUCTIVO)

Diseñar es analizar, planificar y ejecutar para responder a las necesidades de las personas. Un proyecto bien diseñado ofrece múltiples beneficios a las personas que lo utilizan, y se genera uno nuevo a partir de tecnologías existentes o introduciendo mejoras funcionales, estéticas y productivas en algunos ya existentes.

Así, para lograr la mejor propuesta del diseño del sistema de captación pluvial, se realizó una caracterización tipológica de la vivienda, analizando algunas casas-habitación unifamiliares considerando su morfología, su estructura, sus materiales, etcétera. También se desarrollaron diversas investigaciones en cuanto a la precipitación pluvial mensual y anual de la ciudad, así como la construcción de un diagrama ombrotérmico para conocer la viabilidad de la propuesta.

Finalmente, se realizó un diagnóstico del territorio, en donde se elaboraron y aplicaron instrumentos para la captura de datos en el caso de estudio, para así poder

conocer las necesidades de las personas, principalmente por la problemática de escasez de agua.

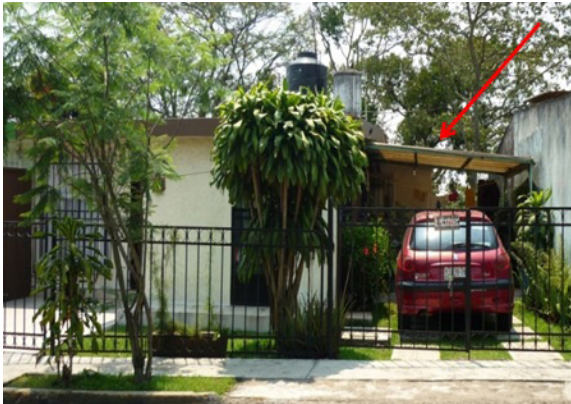
En cuanto al análisis de las viviendas y las necesidades de los usuarios, se presenta un área libre, como se muestra en las Figuras 1, 2, 3 y 4 que en algunos casos es cochera y, en otros, área de tendido de ropa, mostrando así una necesidad evidente de techar dicha área, con el fin de dar sombra o provocar resguardo.

Figuras 1 y 2. Estado actual de la vivienda prototipo. Fuente: propia





Figuras 3 y 4. Estado actual de la vivienda prototipo. Fuente: propia



Con este análisis y los resultados de los instrumentos que en su momento fueron aplicados para tener un estudio estadístico adecuado, la propuesta más factible a desarrollar es una cubierta, como la que se muestra en las Figuras 5 y 6, que además de captar el agua de lluvia, teche esta área para que pueda ser de gran utilidad en las viviendas.

Para poder llevar a cabo la construcción de cualquier propuesta de diseño arquitectónico, es necesario someterlo a un proceso detallado del cómo se solucionará cada una de sus partes: elementos, soportes, uniones, etcétera, para poder armarlo y fabricarlo. Además, es importante resolver también cada una de estas partes para comprobar su estabilidad y por ende su viabilidad.

Figura 5. Propuesta del sistema de captación pluvial, vista A. Fuente: elaboración propia

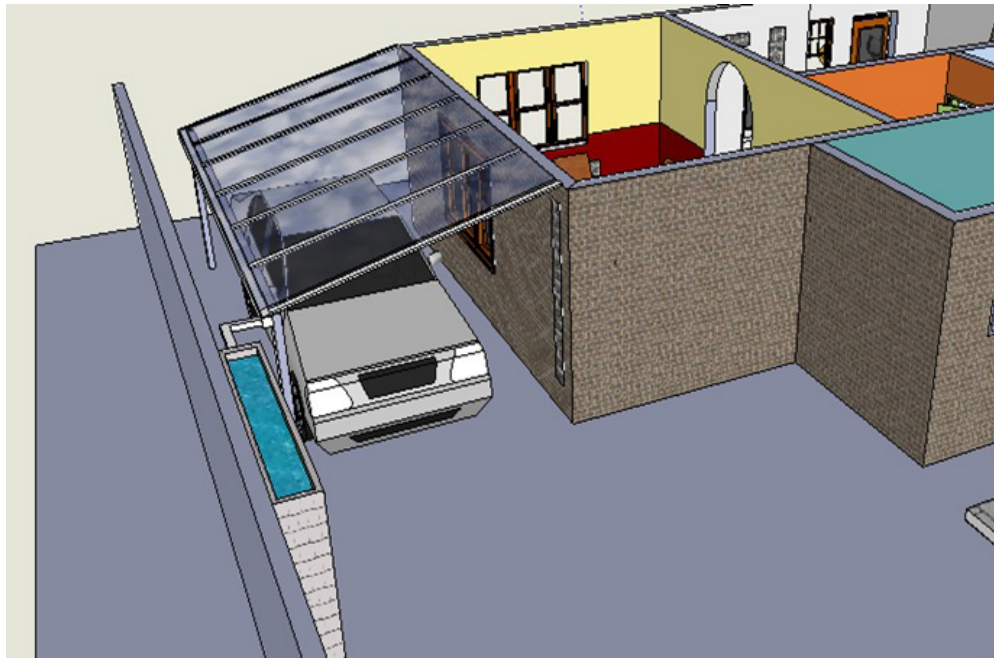
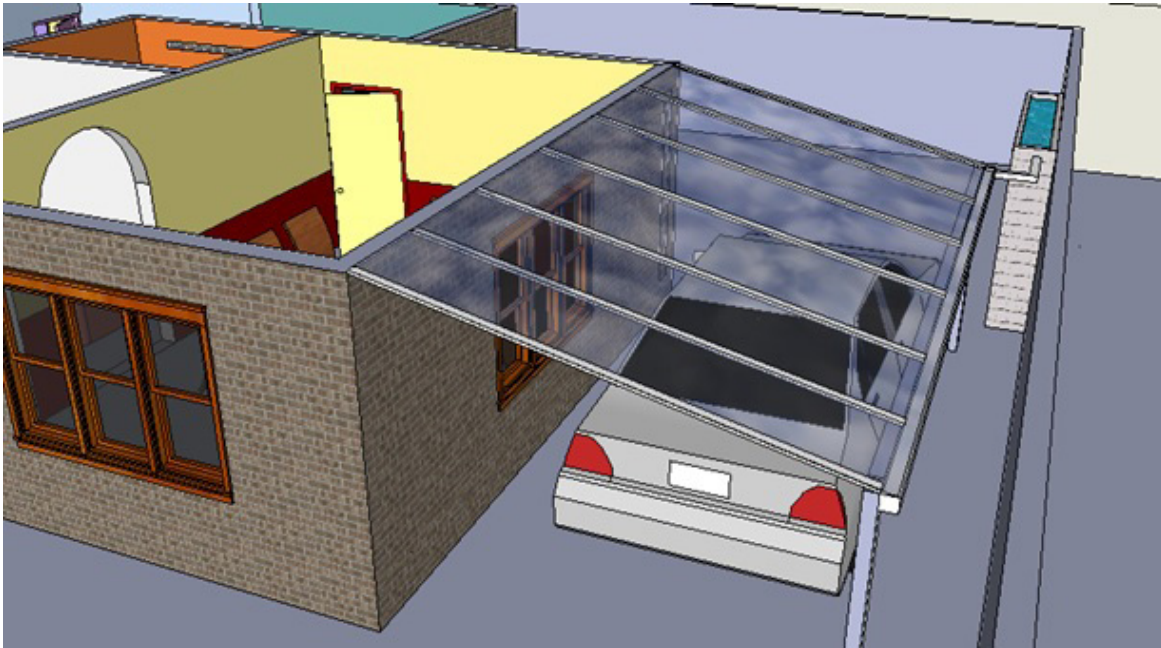


Figura 6. Propuesta del sistema de captación pluvial, vista B. Fuente: elaboración propia



Una vez que se ha conseguido obtener el diseño más adecuado, viable y como respuesta a todas las necesidades de los usuarios, es necesario elegir los materiales y/o herramientas que deberán ser utilizados para su construcción.

### Propuesta 1

Como primera propuesta, dirigida a un nivel económico medio-alto:

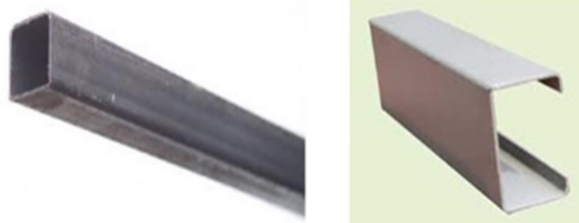
- Estructura:

Los elementos de soporte vertical podrán ser perfiles PTR de 6", y los largueros serán montenes de 3 calibre 14, tal y como se muestra en las Figuras 7 y 8. Juntos, con las uniones y soldaduras adecuadas, lograrán la estructura ideal, como se ve en las Figuras 9 y 10.

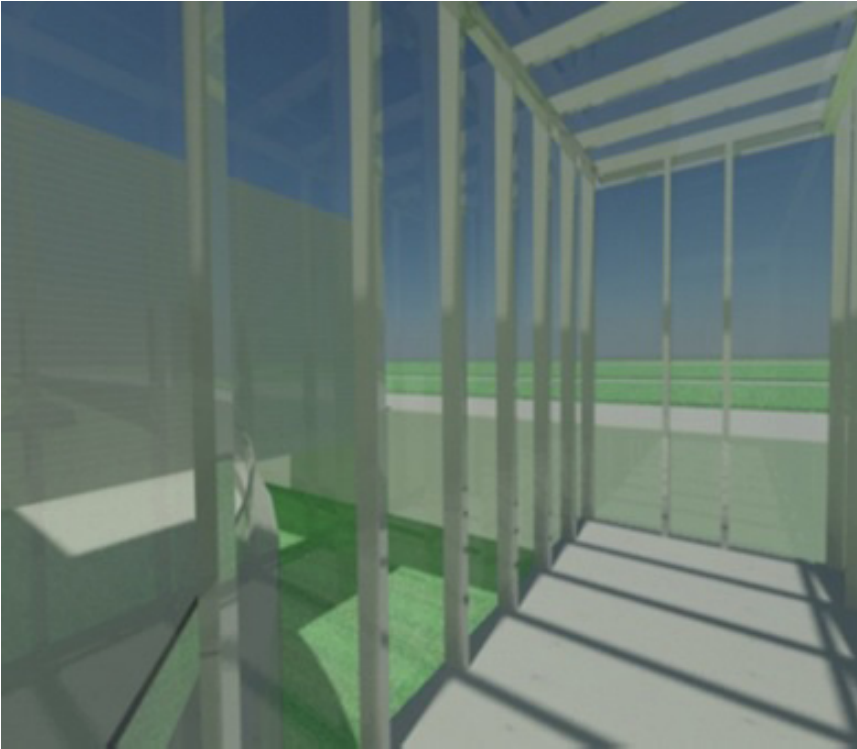
- Cubierta:

De láminas de vidrio flotado de 6 mm, como se observan en las Figuras 11 y 12.

Figuras 7 y 8. Tipos de perfil a utilizar en la estructura. Fuente: Catálogo digital Saapsa y Pytsa



Figuras 9 y 10. Ejemplo de estructura metálica. Fuente: Promet (sitio web)





Figuras 11 y 12. Ejemplo de cubierta de vidrio flotado. Fuente: Catálogo digital Saint-Gobain



Y podrá tener una película de control solar como acabado, en caso de que se desee proteger la zona a techar del calor y demás efectos del sol, algo similar a lo que se muestra en las Figuras 13 y 14.

- Canaletas:

De PVC, como se muestra en las Figuras 15 y 16, pues es el material con mayor facilidad de instalación, de mantenimiento, durabilidad y con bajo costo, haciéndolo el más adecuado.

- Filtro:

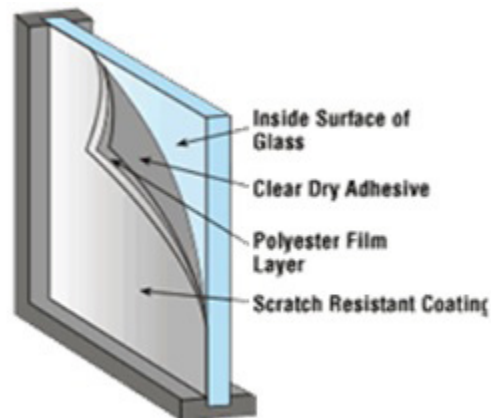
Este elemento consistirá en una rejilla

de acero inoxidable dentro del mismo contenedor que impida el paso de elementos que contaminen el agua.

- Contenedor:

Para este elemento cuya forma es la que se observa en la Figura 17, lo más adecuado es el polimetilmetacrilato, pues con base en sus propiedades mecánicas, es la mejor opción que resiste la intemperie, la presión hidrostática y demás factores a los que estará expuesto.

Figuras 13 y 14. Películas de control solar para cubierta. Fuente: Polaritec y ProtecSolar (sitios web)





Figuras 15 y 16. Ejemplos de canaletas de PVC. Fuente: Soluciones Especiales (sitio web)

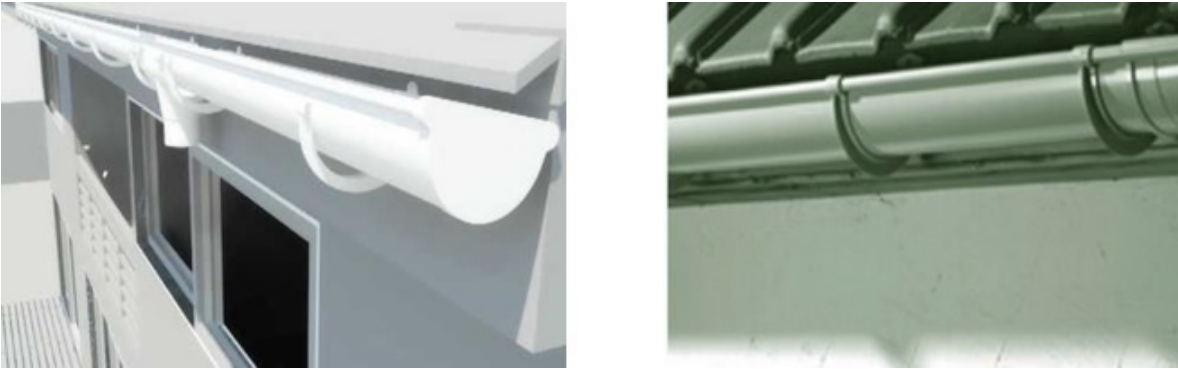
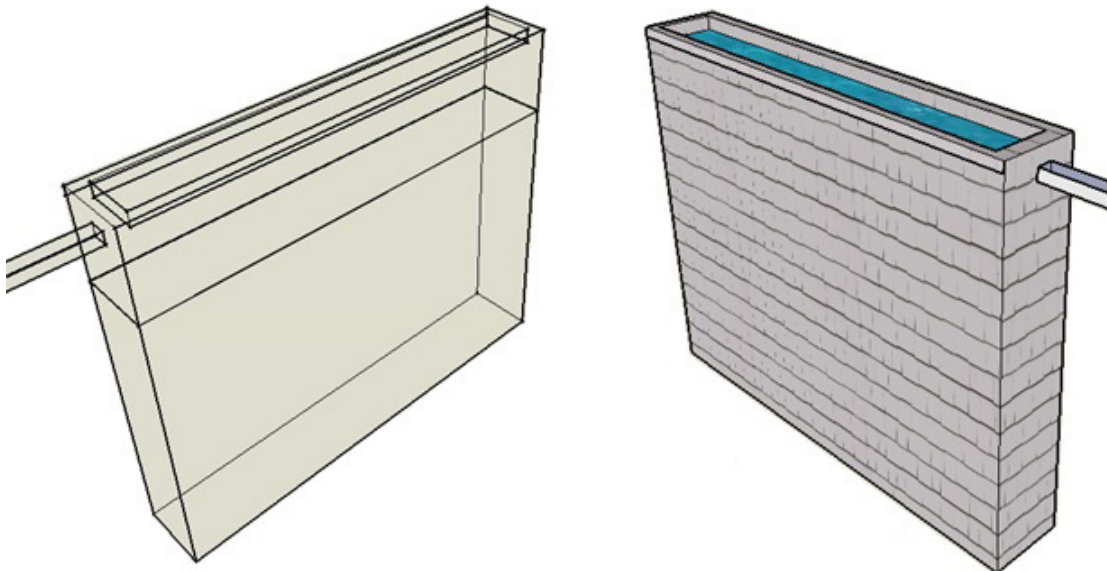


Figura 17. Modelo en 3D de la propuesta del contenedor. Fuente: Elaboración propia

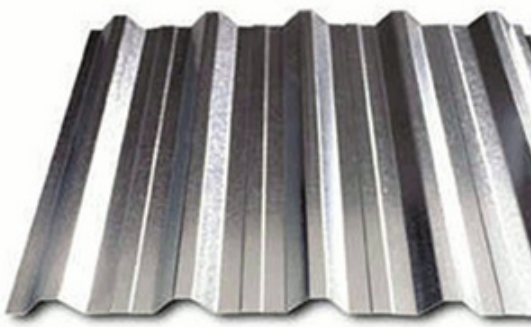


## Propuesta 2

Como segunda propuesta, dirigida a niveles económicos bajo y/o medio, se recomienda que todos los elementos permanezcan iguales y sólo se cambie el material para la cubierta, pues es lo que representa un costo mayor.

Podrá ser, entonces, de lámina galvanizada, similar a la de las Figuras 18 y 19, pues es un material que resiste muy bien la intemperie, es viable por su ligereza y su durabilidad.

Figuras 18 y 19. Ejemplos de lámina galvanizada. Fuente: Catálogo digital Aceros y Láminas Nacionales S.A. de C.V.



### Tratamiento del agua almacenada

Si el agua de lluvia recolectada no se utiliza pronto, se debe considerar un tratamiento para que dure sin que se contamine, pues durante largos periodos el crecimiento de algas se favorece. El proceso para evitar esto se realiza, actualmente, de varias maneras: ultrasonidos, radiaciones, calor, oxidantes químicos, etcétera, destacando entre todos ellos la ionización y la cloración. Este último es el más efectivo por la eficiencia y el costo.

La cloración es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados. Se puede emplear gas cloro, pero normalmente se emplea hipoclorito de sodio (lejía) por su mayor facilidad de almacenamiento y dosificación (Water Quality Association, 2012).

La acción desinfectante del cloro deriva de su alto poder oxidante en la estructura química celular de las bacterias, destruyendo los procesos bioquímicos normales de su desarrollo. Además, el cloro no sólo actúa como desinfectante, sino que también reacciona con otros elementos

presentes en el agua, como amoníaco, hierro, manganeso y otras sustancias productoras de olores, de manera que mejora la calidad del agua (Labe, 2011).

Las pastillas de cloro para la limpieza del agua son el método más usado actualmente por su facilidad de empleo y su costo.

### Mantenimiento del contenedor

Se debe limpiar al menos una vez al año y preferentemente antes del verano (que es cuando está más expuesto al sol) atendiendo las siguientes indicaciones:

- Vaciar por completo el depósito.
- Limpiar bien las paredes y el fondo con agua y con un cepillo, utilizando una mezcla de agua y lejía.
- Enjuagar muy bien con agua abundante las paredes y el fondo hasta eliminar totalmente los restos de lejía. Desaguar completamente el depósito.

### V. CONCLUSIÓN

Con toda la investigación y los análisis realizados de costos, ahorros, gastos, precipitación pluvial, resistencia de

materiales, etcétera; se llegó a la propuesta final del Sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) para vivienda unifamiliar, que resuelve una necesidad evidente de los usuarios, permite la reutilización de un espacio en las viviendas y, sobre todo, aprovecha este recurso natural tan importante, con lo que reduce el impacto ambiental.

Al ser Xalapa una de las ciudades con mayor precipitación pluvial del país, tal y como se muestra en la Figura 20, y de acuerdo con el diagrama ombrotérmico realizado, según la Figura 21, se cuenta con una zona apta para esta propuesta.

Así, el SCALL constaría de una cubierta que capte toda el agua, y una canaleta,

Figura 20. Precipitación pluvial en algunas zonas de la República Mexicana. Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

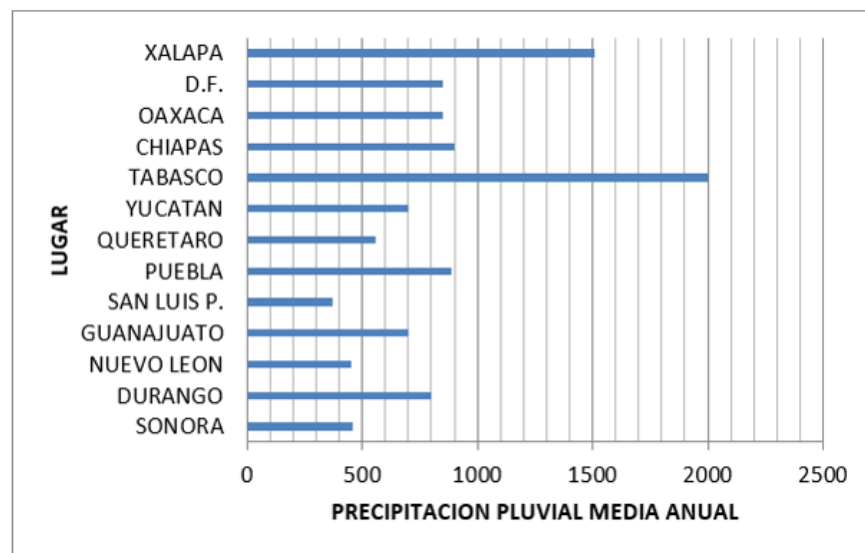
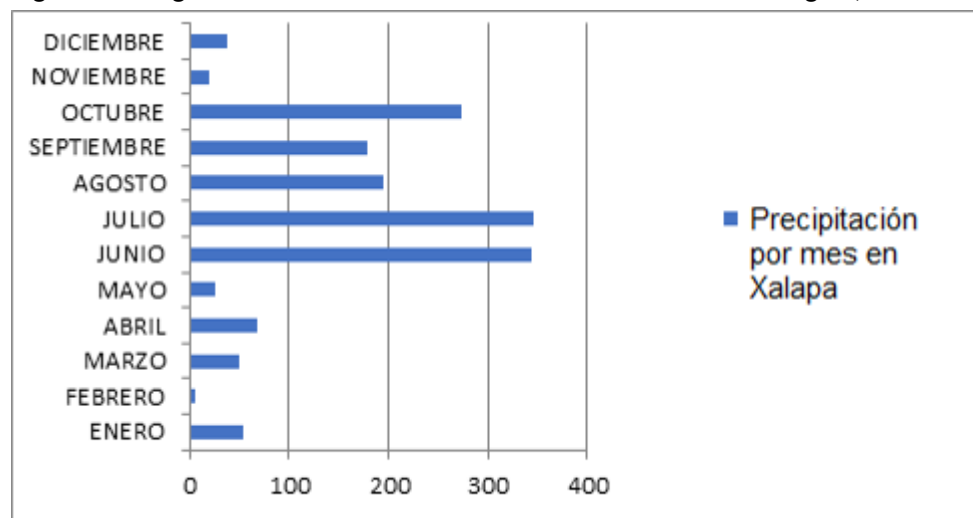


Figura 21. Diagrama ombrotérmico. Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

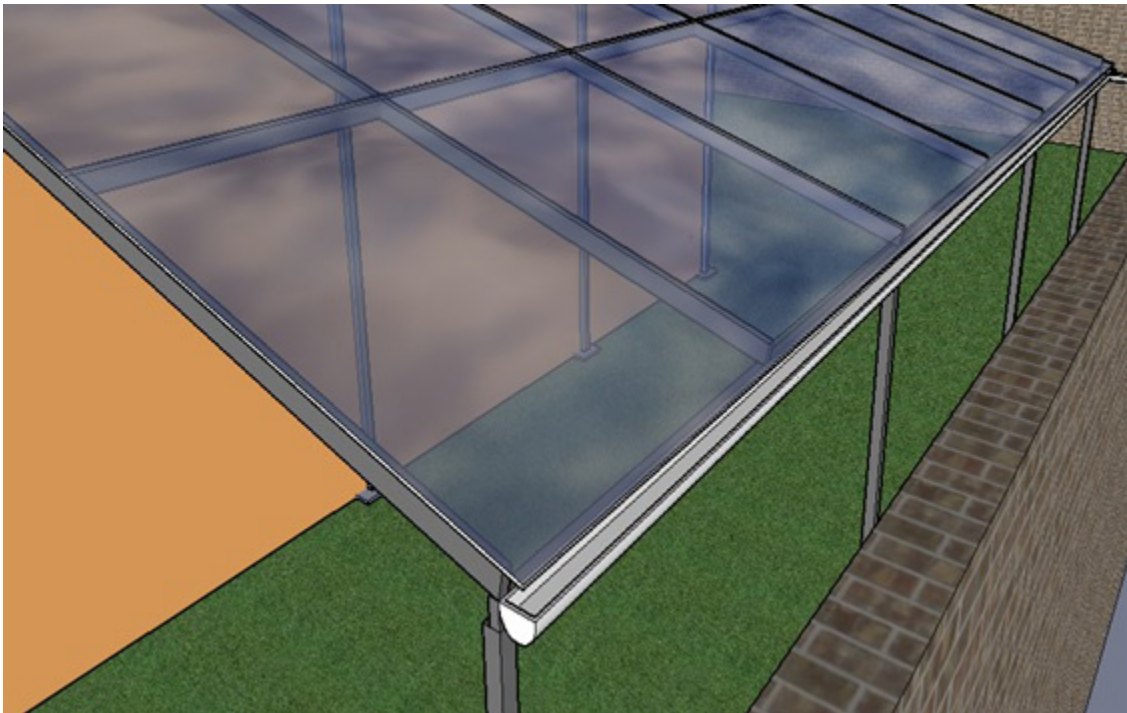


como se muestra en la Figura 22, que con la pendiente adecuada dirija el líquido hacia el contenedor.

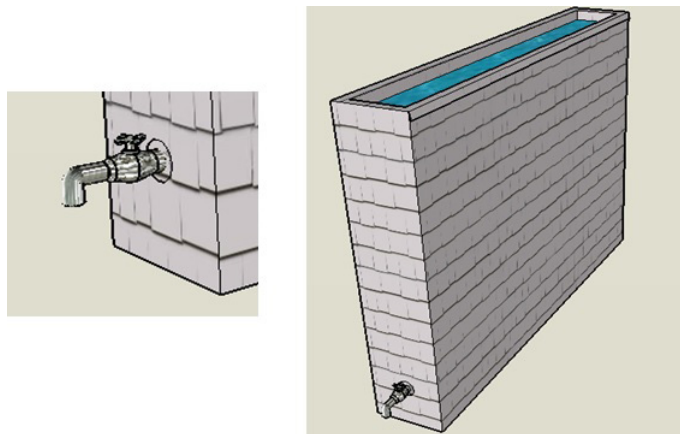
La parte innovadora de este sistema es el contenedor, que por su diseño en forma de “muro” y con una salida en la parte inferior

para poder tomar la mayor cantidad de agua posible, se puede instalar en cualquier vivienda sin ocupar mucho espacio dentro de ella, logrando una propuesta viable y de reutilización de un recurso gratuito para las diversas actividades dentro del hogar.

Figura 22. Vista de la cubierta y canaleta ya instaladas. Fuente: Elaboración propia



Figuras 23 y 24. Contenedor de agua pluvial con salida. Fuente: Elaboración propia





De acuerdo con la caracterización tipológica de la vivienda realizada, el contenedor se propone, de manera estándar, de las siguientes dimensiones:

Lo cual refiere una capacidad de  $4.45 \text{ m}^3$ , es decir, 4 mil 450 litros de agua captada para su reutilización en limpieza de pisos, lavado de coches, riego de plantas y áreas verdes, lavado de ropa, entre otros.

Figura 25. Dimensiones del contenedor de agua pluvial. Fuente: Elaboración propia

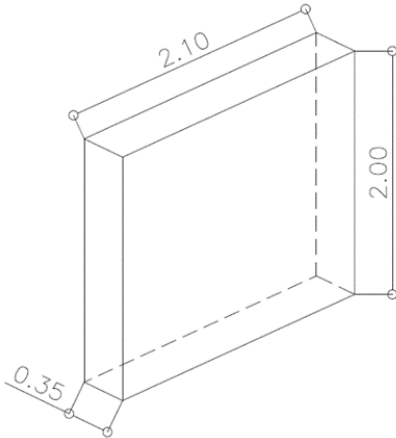


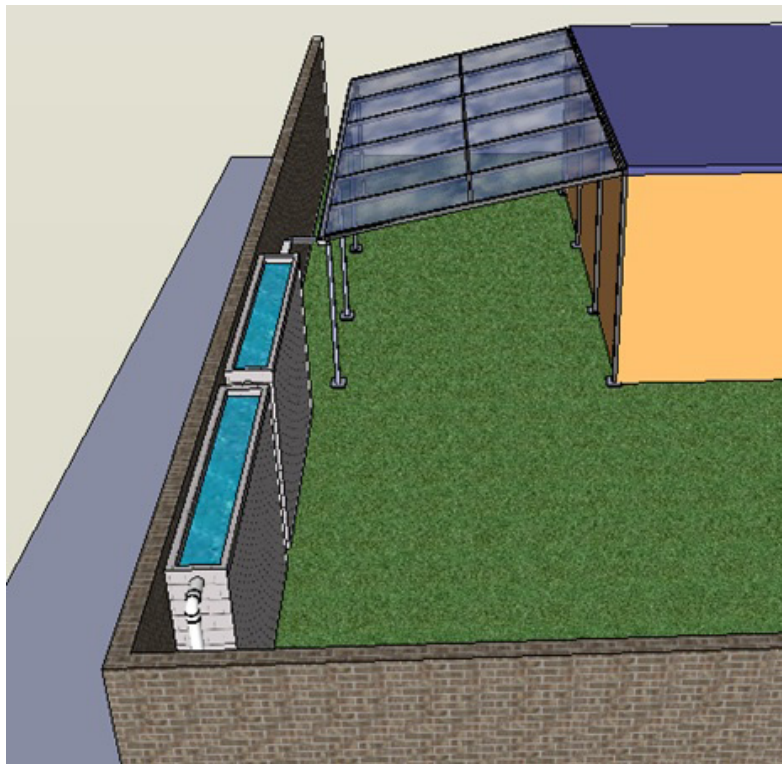
Figura 26. Propuesta final modelo en 3D, vista en perspectiva 1. Fuente: Elaboración propia



Figura 27. Propuesta final modelo en 3D, vista en planta. Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Propuesta final modelo en 3D, vista en perspectiva 2. Fuente: Elaboración propia



Finalmente, para poder dar un costo aproximado del sistema, se realizaron varias cotizaciones en la ciudad de Xalapa con diferentes proveedores, y con base en los diversos porcentajes que es necesario agregar, se obtuvo lo siguiente:

### RESUMEN POR PARTIDAS

SECCIÓN	PRECIO UNITARIO	CONSTRUCCIÓN	TOTAL
1. ESTRUCTURA	\$749.51	22.60 m <sup>2</sup>	\$16,938.93
2. CUBIERTA	\$212.40	22.52 m <sup>2</sup>	\$4,783.25
3. CANALETAS	\$185.24	8.3 ml	\$1,537.49
4. FILTRO	\$32.00	0.735 m <sup>2</sup>	\$25.52
5. CONTENEDOR	\$490.00	11.27 pza.	\$5,522.30

**COSTO TOTAL APROXIMADO:**  
\$ 28,807.49

Es importante aclarar que este costo es para implementar la cubierta, dando solución a la problemática que presentan las viviendas de la zona que no cuentan con cochera techada, es decir, se estaría consiguiendo proteger el vehículo, dar sombra o resguardar de la lluvia un área de recreación, de tendido de ropa, almacenamiento, etcétera.

Con ello, se puede estimar un 50% del costo total sólo para la captación pluvial, como un beneficio completamente adicional; esto es:

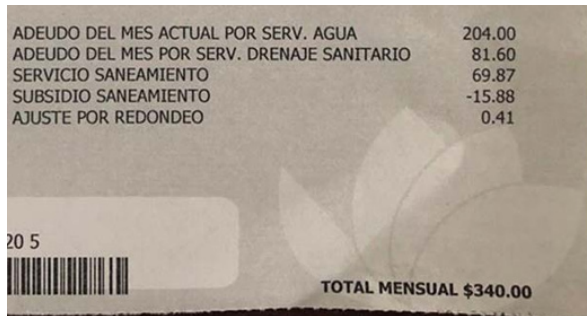
$$\$ 28,807.49 / 2 = \$14,403.75$$

Cabe señalar que el pago promedio de agua de la zona de estudio es de \$340.00 pesos al mes, según un recibo como el que se muestra en la Figura 29.

Y tomando en cuenta que, de ese consumo, un 40% puede ser agua pluvial, entonces se estarían ahorrando \$136.00 cada mes. Es decir, en un año serían:

$$\$136 \times 12 \text{ meses} = \$1,632.00$$

Figura 29. Ejemplo de consumo promedio en la zona. Fuente: vecino de la zona de estudio



ADEUDO DEL MES ACTUAL POR SERV. AGUA	204.00
ADEUDO DEL MES POR SERV. DRENAJE SANITARIO	81.60
SERVICIO SANEAMIENTO	69.87
SUBSIDIO SANEAMIENTO	-15.88
AJUSTE POR REDONDEO	0.41
<b>TOTAL MENSUAL \$340.00</b>	

Ahora, si el costo estimado del sistema con base en el beneficio de ahorrar agua y dinero es de \$14,403.75, se divide entre este ahorro:

$$\$14,403.75 \div \$1632 = 8.8$$

En 8.8 años se estaría recuperando toda la inversión, y se empezaría a generar utilidad, lo que se traduce en ganancias para las familias.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONAGUA. (2013). *Informe del Agua en México. Ley General de Aguas*. Comisión Nacional del Agua. <https://www.eleconomista.com.mx/politica/En-Mexico-12-millones-de-personas-carecen-de-acceso-a-agua-potable-20230322-0009.html>
- García, V. (2012). *Sistema de Captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la Ciudad de México* [tesis de maestría]. Programa de maestría y doctorado en Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Inhabitat (2007). *Diseños que salvarán el mundo*. <http://inhabitat.com/releaf-rain-collector-by-fulguro>
- Labe (2011). *Fotómetro de cloro libre*. LaboratorioyequiposdeColombiaS.A.S. <https://www.equiposlaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/fotometro-de-cloro-libre>
- Moss Sund (2012). Rainwater harvesting system: CISTA. <https://mossund.com/portfolio-item/cista/>
- PNUMA (2008). *Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Experiencias en América Latina*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://www.fao.org/3/ai128s/ai128s00.pdf>
- Rojas, L. C. (2016). *La captación de agua de lluvia como alternativa de abastecimiento en vivienda popular* [tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Guerrero. <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/432>
- Sánchez, A. (2010). *Mini + Eco - Pequeñas viviendas ecológicas*. Loft Publications.
- Tuvie (2007). *Rain water collection and storage for urban sports grounds*. Estudios Superiores en Energías Renovables. <https://www.coroflot.com/berkna/the-watree>
- Water Quality Association (2012). *Cloración de agua. Ingeniería en Tratamiento de Agua y Procesos*. <http://acquatecnologiaperu.com/works/cloracion-de-agua#:~:text=La%20cloraci%C3%B3n%20es%20el%20procedimiento,facilidad%20de%20almacenamiento%20y%20dosificaci%C3%B3n>