

# CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN PÚBLICAS O PRIVADAS

*Data de submissão: 10/05/2023*

*Data de aceite: 02/06/2023*

### **Alfonso Jorge Quevedo Martínez.**

Universidad Autónoma Metropolitana,  
Azcapotzalco. Departamento de  
Administración, Área de Matemáticas y  
Sistemas  
Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México.

### **Martín Hernández Hernández.**

Universidad Autónoma Metropolitana,  
Azcapotzalco. Departamento de  
Administración, Área de Matemáticas y  
Sistemas  
Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México.

### **Esiquio Martin Gutiérrez Armenta.**

Universidad Autónoma Metropolitana,  
Azcapotzalco. Departamento de Sistemas  
Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México.

### **Marco Antonio Gutiérrez Villegas.**

Universidad Autónoma Metropolitana,  
Azcapotzalco. Departamento de Sistemas  
Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México.

### **Israel Isaac Gutiérrez Villegas.**

Instituto Politécnico Nacional  
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos"  
Col. San Pedro Zacatenco Del, Nueva  
Industrial Vallejo, Gustavo A. Madero,  
Ciudad de México

**RESUMEN:** La falta de agua potable en el país a causa de las sequías más frecuentes cada vez, se ha agudizado de una manera alarmante a nivel mundial por lo que es necesario abordar esta problemática desarrollando proyectos que permitan aprovechar las temporadas de lluvias, con el fin de ayudar a solucionar esta situación se propone el siguiente proyecto de captación de agua pluvial en cualquier Institución de Educación del país, que en el área de sus edificios o construcciones permitan la captación del agua de lluvia, creando cisternas que permitan el almacenamiento y utilización de está para las necesidades básicas de las comunidades que conforman las instituciones educativas con el fin de hacer sustentable dichas instituciones. Para tal motivo es recomendable que las áreas de los edificios con los que cuenten las instituciones públicas o privadas de educación tengan conectividad entre techos dirigidos a cisternas de recolección para lo cual es necesario acondicionar los mismos de tal manera que por gravedad el agua fluya mediante tuberías hacia dichas cisternas, que deben contar con filtros que permitan la retención de las impurezas que puedan existir en las áreas de captación de tal forma que llegue a los depósitos lo más

limpia posible y ahorrar en el tratamiento del vital líquido, de manera que el agua se disponga para riego de áreas verdes en las instalaciones del cetro educativo, limpieza de sanitarios y/o en ser tratada para el consumo humano apoyándose de una purificadora de agua para ofrecer el llenado de, garrafones para la comunidad. Es importante señalar que se propone la cooperación de la comunidad que conforma a las instituciones a participar y contribuir al cuidado y mantenimiento de las instalaciones. Además de una campaña/programa de educación ambiental para informar a la comunidad de la problemática y el proyecto que se propone. Al ser creada como un área sustentable es importante la intervención de las diferentes instancias gubernamentales, así como la comunidad que se asiente en dichos espacios.

**PALABRAS CLAVE:** captación, pluvial, riego, purificación.

## RAINWATER HARVESTING IN PUBLIC OR PRIVATE EDUCATIONAL INSTITUTIONS

**ABSTRACT:** The lack of drinking water in the country due to the most frequent droughts every time, has worsened in an alarming way worldwide so it is necessary to address this problem by developing projects that allow taking advantage of the rainy seasons, in order to help solve this situation the following project of rainwater collection is proposed in any Educational Institution of the country, that in the area of their buildings or constructions allow the capture of rainwater, creating cisterns that allow the storage and use of it for the basic needs of the communities that make up the educational institutions in order to make these institutions sustainable. For this reason, it is recommended that the areas of the buildings that public or private educational institutions have connectivity between roofs directed to collection cisterns for which it is necessary to condition them in such a way that by gravity the water flows through pipes to said cisterns, which must have filters that allow the retention of impurities that may exist in the catchment areas. in such a way that it reaches the tanks as clean as possible and save on the treatment of the vital liquid, so that the water is available for irrigation of green areas in the facilities of the educational scepter, cleaning of toilets and / or in being treated for human consumption relying on a water purifier to offer the filling of, Jugs for the community. It is important to note that the cooperation of the community that makes up the institutions to participate and contribute to the care and maintenance of the facilities is proposed. In addition to an environmental education campaign / program to inform the community of the problem and the proposed project. Being created as a sustainable area, the intervention of the different government agencies is important, as well as the community that settles in these spaces.

**KEYWORDS:** catchment, rainwater, irrigation, purification.

## INTRODUCCIÓN

Ante problema por escasez de agua a lo largo de la CDMX, así como en sus alrededores que pertenecen al Estado de México, los precios elevados por una pipa de agua son considerables para la gente de bajos recursos, ante el crecimiento que se ha sufrido a lo largo de estos años es cada vez más difícil poder proporcionar los servicios adecuados a toda la población, ante esto las personas se han llegado a quejar y uno de los

sectores más perjudicados es el abastecimiento de agua potable, debido que este servicio se llega a darse ciertos días de la semana o en los mejores casos a ciertas horas del día.

Se ha propuesto el uso de agua pluvial de la cual gran parte de la población tiene contacto, dando a lugar una manera eficiente de su uso, para ello se propone un sistema de captación y almacenamiento. Dando una manera alternativa de la cual la población saldría beneficiada, esta se almacenaría para usarla para riego de áreas verdes, sanitario o lavado de pisos e incluso a un tratamiento para su potabilización.

## **METODOLOGÍA O DESARROLLO**

Para afrontar la problemática del agua a nivel mundial y nacional, una de las alternativas es la captación de agua de lluvia.

Los sistemas de captación para aprovechar el agua pluvial para su uso en las instituciones educativas representan una solución para abastecer en cantidad y calidad a la numerosa población que conforman a las instituciones públicas y privadas de educación, en ciudades tan grandes como lo es la ciudad de México y su área conurbada que sufren la carencia de este vital líquido.

Considerando lo anterior es urgente, que cada ser viviente en este planeta disponga de agua en cantidad y calidad con el objeto de lograr el verdadero Desarrollo Sustentable de la humanidad.

La precipitación pluvial representa un valioso recurso natural que se debe aprovechar, esta es una de las opciones más reales para proporcionar agua a aquellos que no cuentan con este recurso. Es posible establecer sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico a nivel de familia y comunidad, por lo cual consideramos que las instituciones educativas pueden ser el marco de referencia y ejemplo para que se lleve a cabo.

El marco institucional la normatividad para la ejecución del proyecto.

La normatividad para la adaptación de la estructura y techado con que cuentan las escuelas en México tienen la característica de estar intercomunicadas como ejemplo usaremos un mapa de la unidad Azcapotzalco de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-AZC.), la cual cuenta con cuatro cisternas lo que nos permitirá ahorrar en el gasto que eso significaría si se tuviera que hacer desde cero, para el uso del agua en los WC dentro de las instalaciones, no existe problema en cuanto a normatividad en legislación, ya que la captación de agua de lluvia está permitida, bajo las normas adecuadas de seguridad, el uso de suelo, ningún impedimento para la elaboración del proyecto. Solamente se deberán tomar medidas necesarias para los permisos de la alcaldía donde se encuentran ubicadas las instalaciones de la UAM-AZC, para comenzar con las modificaciones necesarias en el área designada para este proyecto quedaran expuestas en este documento.

En México existen una serie de normas que regulan la calidad que debe tener el agua para su consumo, así como su uso, los límites de contaminantes permisibles están

regidas por estas normas. Aunque cada vez hay un mayor interés por la captación de agua de lluvia para su reúso todavía no hay una normativa que avale e incentive esta práctica, para llevarla a cabo el proyecto. para la gestión, el reúso del agua de lluvia se debe tener en cuenta las siguientes normas [1-2].

En la Actualidad muchas poblaciones urbanas carecen de agua potable, para esto es necesario entonces, adoptar medidas alternativas que permitan la sostenibilidad del recurso, conociendo técnicas de aprovechamiento de aguas de lluvias es parte fundamental para lograr este propósito.

El aprovechamiento de agua lluvia, en la práctica es fácil de implementar, que permite disminuir los consumos de agua potable, logrando así, una reducción en los gastos por dichos consumos, dando uso eficiente al recurso, de manera que aquellos sistemas en los cuales el agua potable no es suficiente puedan ser abastecidos por el agua de lluvia.

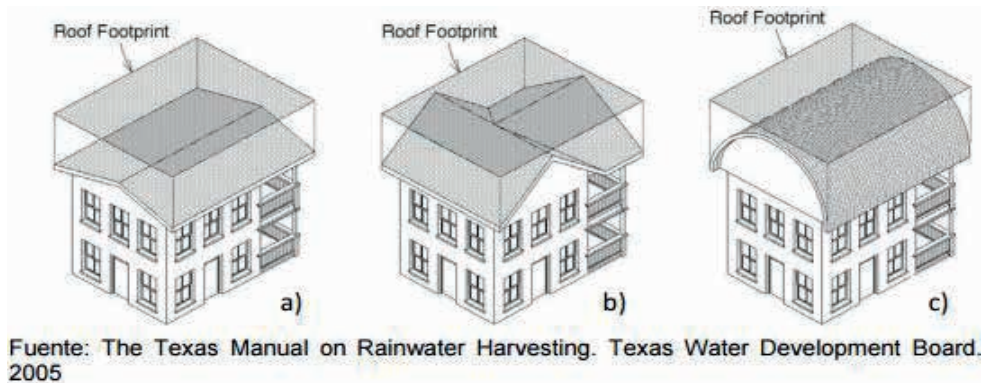
Se presenta los componentes del sistema, el análisis de la información pluviométrica también los cálculos realizados para el diseño del sistema de aprovechamiento.

La captación es la superficie destinada para la recolección del agua. La mayoría de los sistemas utilizan los techos, los cuales deben tener una pendiente adecuada (no inferior al 5%) de su superficie, que son las modificaciones que debemos realizar con el fin de que faciliten el escurrimiento hacia el sistema de recolección. como se muestra en la Fig. (1), la cual muestra la disposición de los edificios en la UAM-AZC, y por otro lado un bosquejo de lo que se debe hacer.

Los materiales empleados para los techos pueden ser las láminas de acero, madera, cemento, entre otros. Los techos de cemento y de lámina son los más comunes debido a su durabilidad, el precio relativamente bajo, puede proveer agua de buena calidad; los que tienen compuestos de asfalto, amianto o los que están pintados se recomienda utilizarlos sólo cuando el agua captada no es para consumo humano, ya que pueden lixiviar materiales tóxicos en esta.



Fuente: [https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project\\_modules/fs/91391833169001.56a23935bf977.jpg](https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project_modules/fs/91391833169001.56a23935bf977.jpg)

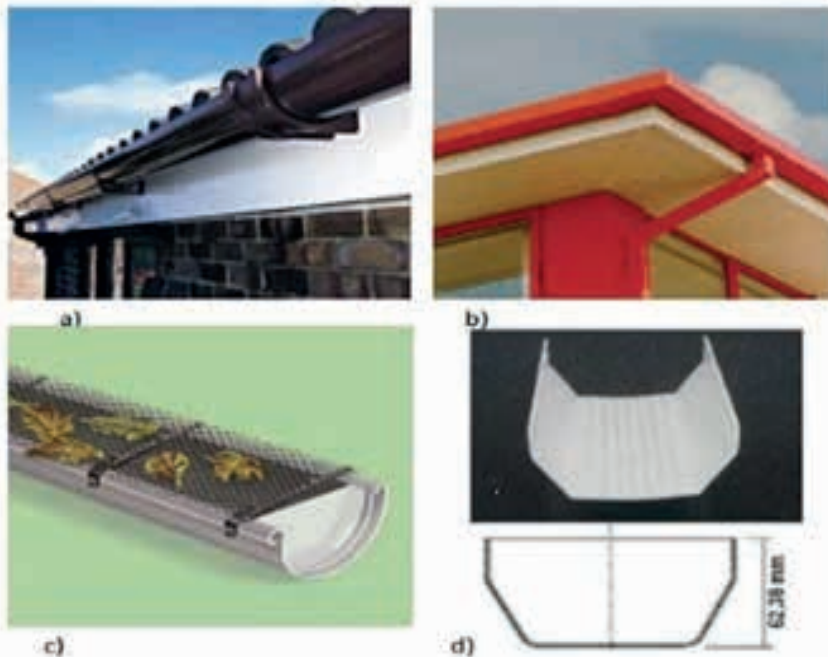


Fuente: The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board. 2005

Figura 1.- Disposición del área de captación e Inclinación respectiva al techo.

Recolección y conducción. Es el conjunto de canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo, con el objeto de recolectar el agua además de conducirla hasta el sitio deseado. Las canaletas se deben instalar con una pendiente no muy grande que permitan la conducción hasta los bajantes. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua, fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas. Para tal objetivo se pueden emplear materiales como la madera, el metal o el PVC. Se recomienda que el ancho mínimo de la canaleta sea de 75mm y el máximo de 150mm.

En la Fig. (2). Se muestran algunos ejemplos de lo que existe en el mercado.



Fuente: Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria. Floriana Hernández Martínez.

Figura 2.- Muestra el diseño

Interceptor es el dispositivo dirigido a captar las primeras aguas de las lluvias correspondientes al lavado del área de captación como un primer filtro, con el fin de evitar el almacenamiento de aguas con gran cantidad de impurezas. Este dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo que se estima en 1 litro por  $m^2$  de techo. Este consta de un tanque, al cual entra el agua por medio de los bajantes unidos a las canaletas. Este se debe contar a una válvula de flotador que permita su llenado, cuando alcance el nivel deseado, la válvula impedirá el paso del agua hacia el receptor, esta se dirigirá hacia el tanque de almacenamiento. Adicionalmente debe tener una válvula de purga en la parte inferior del tanque para hacer el mantenimiento después de cada lluvia ver las Figuras. (3).



Fuente: Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria. Floriana Hernández Martínez.



Fuente: <https://www.sonproject.net/2021/08/cisterna-de-agua-para-casas-escuelas-hospitales-tipos-y-calculo.html>



Fuente: <https://www.milenio.com/sociedad/cuanto-cuesta-una-cisterna-en-pachuca>

Figuras 3.- Captador de agua.

Almacenamiento. Es el depósito destinado para la acumulación, conservación y

abastecimiento del agua para los diferentes usos. La unidad de almacenamiento debe ser duradera, debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- Con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar
- Disponer de una escotilla con tapa lo suficientemente grande para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje.

Los tipos de tanques de almacenamiento pueden ser construidos con los siguientes materiales:

- Mampostería para volúmenes menores (100 a 500 Litros)
- Ferrocemento para cualquier volumen.
- Concreto reforzado para cualquier volumen.

Red de Distribución de Agua de Lluvia y Sistema de Bombeo. Esta debe ir paralela a la red de acueducto, llegando a los puntos hidráulicos donde se utilizará, así que deberá protegerse la red de suministro de agua potable con una válvula de cheque para evitar que se mezcle con el agua potable. El sistema de bombeo distribuirá el agua almacenada los sanitarios requeridos. la tubería de succión de la bomba debe estar al menos 50cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de sedimentado.

Bases del diseño. Antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, es necesario tener en cuenta lo siguientes:

Precipitación en la zona. Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años. Tipo de material del que está o va a estar construida la superficie de captación, número de personas beneficiadas y Demanda de agua.

Criterios de diseño. Este método conocido como: "Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento" toma como base de datos la de precipitación durante el intervalo de 10 a 15 de los últimos años. Mediante este cálculo se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie del techo de esta manera se determina:

el área de techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento, el volumen de agua, la capacidad del tanque para una determinada área de techo. Los datos complementarios para el diseño son:

Número de usuarios, Coeficiente de escorrentía; - calamina metálica 0.9 - tejas de arcilla 0.8 - 0.9 - madera 0.8 - 0.9 - paja 0.6 - 0.7

Demanda de agua. Los pasos para seguir el diseño del sistema de captación de



son:

Determinación de la precipitación promedio a partir de los datos de los últimos 10 ó 15 años evaluados en tiempo de lluvia. Este valor puede ser expresado en mm/mes, litros/m<sup>2</sup> /mes, capaz de ser recolectado en la superficie horizontal del techo.

$$P_{p_i} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad (1)$$

Donde n: número de años evaluados, p<sub>i</sub>: valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm), p<sub>p<sub>i</sub></sub>: precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados. (mm/mes)

Determinación de la demanda; a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$D_i = \frac{N_u \times N_d \times D_{ot}}{1000} \quad (2)$$

Donde N<sub>u</sub>: número de usuarios que se benefician del sistema, N<sub>d</sub>: número de días del mes analizado D<sub>ot</sub>: dotación (Litros/persona x día), D<sub>i</sub>: demanda mensual en m<sup>3</sup>

Determinación del volumen del tanque de abastecimiento, para esto se utiliza la Ec. (3)

$$A_i = \frac{P_{p_i} \times C_e \times A_c}{1000} \quad (3)$$

P<sub>p<sub>i</sub></sub>: precipitación promedio mensual (litros/m<sup>2</sup>), C<sub>e</sub>: coeficiente de escorrentía,

A<sub>c</sub>: área de captación en m<sup>2</sup>

A<sub>i</sub>: Oferta de agua en el mes “i” en m<sup>3</sup>

Teniendo en cuenta los valores obtenidos para la demanda mensual de agua, se calcular el acumulado de cada uno de ellos por mes iniciando por el mes de mayor precipitación. Se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses.

Las áreas de techo que conduzcan a diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año se descartan por qué no son capaces de captar la cantidad de agua demandada por los interesados.

El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia acumulativa próxima a cero, el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa. Áreas de techo mayor al mínimo darán mayor seguridad para el abastecimiento de los interesados.

El acumulado de la oferta y la demanda en el mes “i” podrá determinarse por la Ec.(4), Ec.(5).

$$A_{a_i} = A_{a_{(i-1)}} + \frac{P_{p_i} \times C_e \times A_c}{1000} \quad (4)$$

$$D_{a_i} = D_{a_{(i-1)}} + \frac{N_u \times N_{d_i} \times D_{d_i}}{1000} \quad (5)$$

$A_{a_i}$ : oferta acumulada al mes "i",  $D_{a_i}$  demanda acumulada al mes "i".

$$V_i (m^3) = A_i (m^3) - D_i (m^3) \quad (6)$$

$V_i$  : volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes "i",  $A_i$  volumen de agua que se captó en el mes "i",  $D_i$  volumen de agua demandada por los usuarios para el mes "i".

Socialmente la Unidad Azcapotzalco se encuentra en una zona de alta demanda, por lo cual se pretende hacer mejoras con la propuesta de este proyecto para ejemplificar las ventajas de la captación de agua, se dará asesoría e información a la ciudadanía sobre cuidado y conservación del medio ambiente.

Relación con otras iniciativas. A la falta de agua en la CDMX, se prevé que como medida alterna se utilice el agua de lluvia para su uso doméstico, dando a lugar que se cree conciencia a el cuidado del medio ambiente, utilizando calentadores solares las celdas fotovoltaicas que disminuyen el consumo de electricidad provista por CFE. Así como tratamiento de aguas residuales el cual da un reusó de agua para uso en baños, para limpiar pisos o regar plantas.

El proyecto consiste en la modificación de los techos con una cubierta metálica o techo armado con estructura de metálica, ubicada en la colonia Nueva El Rosario Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02128, Ciudad de México, en las instalaciones de la UAM-AZC, las cuales se dirigirán hacia las cisternas con las que cuenta la Universidad, cuya estructura tiene la ventaja de tener una altura aproximada de entre 12 y 15 metros lo que genera una caída del líquido que se podrá emplear para otro proyecto como lo es la generación de energía eléctrica que se tratara en otra ocasión.

La modificación a los techos contara con una pendiente del 26% y al centro de los coptadores de agua para el primer filtro.

En las orillas del techado se colocarán canaletas de PVC con una inclinación de 15° las cuales redirigirán el flujo del agua captada a la cisterna; se espera que por cada metro cuadrado de techo se colecte 225 Litros/m<sup>2</sup>/día, antes de entrar a la cisterna pasara por filtros, los cuales se describen en el siguiente punto.

Separador de solidos grandes. Con base en la evaluación de la calidad de agua de lluvia obtenida, primero que se propone retirar los sólidos más grandes, entre los que se destacan las hojas, piedras, ramas, insectos y otros materiales que pueden estar presentes arrastrados por el agua. Se utilizará un separador de sólidos modelo "b", evaluado, que consta de una rejilla metálica de 1 mm de abertura, dispuesta en forma cilíndrica dentro de una te de PVC de 4" para áreas de hasta 100 m<sup>2</sup> y una te de 6" para áreas de captación superiores. Para mejorar su eficiencia de aprovechamiento se propone colocarle un tapón

comercial para PVC que evite el desperdicio de agua a la vez que permita la limpieza y mantenimiento como se muestra en la Figura. (4).

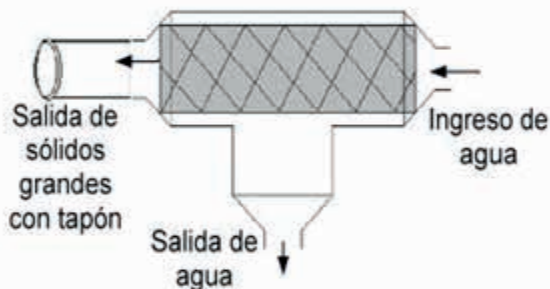


Figura 4.- Dispositivo de Separador de solidos grandes.

Separador de primera lluvia. La evaluando cualitativamente varios modelos de filtros de separador de la primera lluvia donde el más indicado para áreas de captación superiores a 50m<sup>2</sup> fue el modelo propuesto por Isla Urbana. En la Figura. (5) se observa una mejora a dicho modelo, cambiando el arreglo interno por un codo de 90 ° integrando una "T" de PVC para reducir la fuerza del chorro sobre la pelota que genera mezcla del agua separada con la que se va a aprovechar. En la Figura. (5) se realizó una mejora en el proceso.

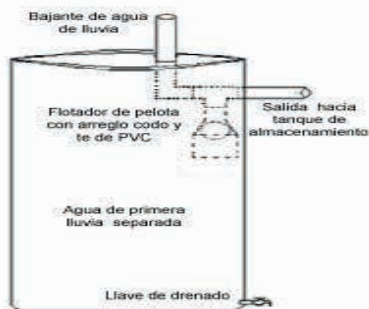


Figura 5.- muestra mejora en el modelo

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Uno de los mayores resultados del proyecto es la gran contribución que se obtiene de la captación de agua pluvial ya que se está dando un mejor uso y funcionamiento de un recurso natural que se desperdicia en temporada de lluvias, en conjunto con las nuevas modificaciones que se colocaran en la UAM-AZC, se pretende abastecer a la institución, Solo una parte ínfima del agua de lluvia es utilizada y de acuerdo a los especialistas, se podría reducir el rezago en abastecimiento de agua en el país si se aprovecharan los

métodos de captación y gestión del agua de lluvia. Si se captara toda la lluvia en los techos y en algunos suelos, se podría ahorrar de 10% a 15% del agua que se consume en las instituciones educativas, así como en hogares que adopten el sistema. Si se aprovechara el 3% de la lluvia que cae cada año en el país, alcanzaría para suministrar de agua no potable para usos como limpieza o sanitarios, además de poder llevarlo a un proceso de potabilización más adelante.

## CONCLUSIONES

Promover a la ciudadanía la Captación de agua de lluvia, optimizar el aprovechamiento de esta se utilizará para sanitario, en las áreas deportivas, riego de vegetación, se debe de actualizar las normas de construcción para que se incluya un sistema de captación de agua de lluvia obligatoria ya sea doméstica, industrial, comercial y residencial.

## NOMENCLATURA

A área, m<sup>2</sup>

PVC policloruro de vinilo

CDMX ciudad de México

V volumen m<sup>3</sup>

## REFERENCIAS

[1] NOM-003-SEMARNAT: expone el límite de contaminantes en aguas residuales tratadas para reúso. NORMA Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

[2] NOM-127-SSA1: especifica la calidad que debe tener el agua potable. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".

[3] Prospectiva de Energías Renovables. (2012). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva\\_de\\_Energ\\_as\\_Renovables\\_2012-2026.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2012-2026.pdf)

[4] Estadísticas del Agua en México. (2010). Edición 2010 Comisión Nacional del Agua, " 10 años de presentar el agua en cifras", SEMARNAT. [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010\\_Espanol\\_16Junio2010.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010_Espanol_16Junio2010.pdf)

[5] Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. (2014). Impluvium. Periódico digital de divulgación de la red de agua UNAM Numero 1. <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero01.pdf>

[6] Lista de precios Nacobre. (2016). <http://www.nacobre.com.mx/productos/listaPrecios.jsp>

[7] Lista de precios B & K , Mueller Comercial de México S. de R.L. de C.V. (2020) <https://www.bkmexico.mx/>

[8] Lista de precios Rotoplas todo para instalación hidráulica. (2020). [https://rotoplas.com.mx/productos/02\\_Conduccion/01%20Tuboplus%20hidraulico/ROTtubo\\_CatalogoTuboplus\\_Web.pdf](https://rotoplas.com.mx/productos/02_Conduccion/01%20Tuboplus%20hidraulico/ROTtubo_CatalogoTuboplus_Web.pdf)