

**SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LLUVIA PARA
CONSUMO HUMANO EN EL EDIFICIO DE
PROGRAMAS UNIVERSITARIOS DE LA UNAM,
CAMPUS CU**



CONTENIDO

- 1. RESUMEN**
- 2. INTRODUCCIÓN**
- 3. ANTECEDENTES**
- 4. OBJETIVO**
- 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**
- 6. INVESTIGACIÓN**
- 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**
- 8. PRESUPUESTO**
- 9. ANEXOS**
 - a. Planos**

RESUMEN

Isla Urbana en colaboración con el Programa Universitario del Medio ambiente de la UNAM proponen la implementación de un sistema de aprovechamiento pluvial en el edificio de Programas Universitarios para consumo de la comunidad de CU. El sistema captaría el agua que cae sobre el techo de cristal del edificio, lo conduciría con canaletas y tubería hacia un tren de tratamiento que incluye: prefiltrado, almacenamiento, desinfección y filtrado, para ofrecer agua purificada en un bebedero dentro del edificio. Dentro del proyecto está considerado que en una etapa posterior puedan conectarse más estaciones de bebederos cerca de la ciclovía contigua.

El proyecto contempla la canalización del agua, el tratamiento completo para lograr agua purificada, un tanque de almacenamiento de 30,000 litros, un sistema de bombeo, un bebedero y todos los materiales y mano de obra necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

El sistema pretende ser el primero de su tipo en Ciudad Universitaria para beneficiar con disponibilidad agua purificada a los usuarios del edificio y a la vez dar muestra del potencial y viabilidad de la captación de lluvia como parte de una solución integral al complejo problema hídrico de México. El proyecto es modular y escalable para que en una segunda etapa se amplíe el beneficio para la comunidad que pasa por la ciclovía.

INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México se está enfrentando a la insustentabilidad de su sistema de abastecimiento de agua. La mayoría de este líquido se extrae del acuífero en mayor proporción de lo que se recarga. Para complementar este modelo se trae agua de otros estados de la República con el Sistema Lerma - Cutzamala, que sólo en bombeo consume tanta electricidad como la Ciudad de Puebla. Contradictoriamente, la ciudad está asentada en una cuenca cerrada y sufre inundaciones cada año porque la cantidad de lluvia supera a la capacidad del drenaje. Según datos de CONAGUA, en promedio caen 700 mm de lluvia al año, es decir 700 litros por cada metro cuadrado.

El aumento de la demanda, la presión hídrica sobre los sistemas de abastecimiento, las fugas y la contaminación han hecho que cada vez sea más frecuente el tandeo de agua de red y el abastecimiento por medio de pipas.

Es el caso de muchas comunidades de las zonas periféricas de la ciudad, aunque el problema se está generalizando cada vez más.

Si no se mejora el modelo de abastecimiento actual con un manejo integral del agua dentro de la cuenca, se corre el riesgo de acabar con las actuales fuentes que nos surten.

Estudios como los planteados por el libro “Repensar la cuenca” sostienen que el aprovechamiento de la lluvia no sólo es una respuesta necesaria para la sustentabilidad hídrica de la cuenca de México, también es parte de una solución integral a muchos problemas ambientales, económicos y hasta sociales.

El desarrollo de esta propuesta es una respuesta para dar ejemplo la viabilidad de la captación y aprovechamiento de la lluvia como recurso, a la vez que genera conciencia en la comunidad y el beneficio de la disponibilidad de muchos litros de agua limpia que de otra manera se perderían en el drenaje.

ANTECEDENTES

Desde que el ser humano tuvo deficiencias o ausencia total de una fuente superficial de abastecimiento de agua, comenzó a buscar maneras sencillas y eficientes de cubrir sus necesidades. Así comenzó a aprovechar la lluvia.

Aunque no se sabe con exactitud el origen de los primeros sistemas de captación de lluvia, se han encontrado en los desiertos de Asia las piletas de captación y almacenamiento de lluvia más antiguas. Muchas civilizaciones encontraron en la lluvia un recurso importante para la sobrevivencia. Es el caso de los Romanos en Europa y los Mayas en América.

Con el tiempo, los sistemas de captación de lluvia fueron casi eliminados por los métodos “modernos” que implican grandes obras de infraestructura pero que no necesariamente se adaptan al ciclo natural del agua.

Con los problemas ambientales que enfrenta la humanidad en los últimos años, se han generado propuestas orientadas a la sustentabilidad, entre ellas se está retomando a la captación de lluvia por su sencillez, eficiencia, alta calidad, bajo impacto y otros beneficios con respecto a los sistemas centralizados municipales.

Actualmente, países como Alemania, Brasil e Israel están desarrollando sistemas de captación pluvial para satisfacer sus necesidades de agua con excelentes resultados.

Aunque en México aún es una propuesta incipiente; el contexto geográfico, cultural, social y económico ha permitido experiencias exitosas, como las expuestas por el Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua de la UNAM, que ha desarrollado diversos proyectos para aprovechar la lluvia, sobre todo en comunidades con extrema escasez.

Otro ejemplo es Isla Urbana, un proyecto multidisciplinario que está detonando la captación y aprovechamiento de la lluvia como parte fundamental de una solución sustentable e integral al creciente problema del agua de la Ciudad de México. El proyecto fundado en 2009 ha logrado instalar más de 1000 sistemas domiciliarios de captación pluvial en zonas periféricas del Distrito Federal, especialmente en comunidades con graves problemas de acceso al vital líquido. En tan sólo 3 años, Isla Urbana ha ayudado a aprovechar más de 29 millones de litros de lluvia, beneficiando directamente a más de 5,000 personas a la vez que se favorece al medio ambiente y a otros habitantes de la cuenca. Cada uno de esos litros de lluvia no ha tenido que extraerse del subsuelo ni traído de otros estados, evitando que alrededor de 50 toneladas de dióxido de carbono, relacionadas con la quema de combustible para su transporte, se emitan por año.

Isla Urbana combina investigación de calidad de agua, factores de adopción e implementación masiva, con innovación adaptada al contexto de México. Todo lo anterior, con un fuerte componente social, ya que se trabaja con el empoderamiento de las comunidades por medio de fuentes de trabajo, mejoramiento de la calidad de vida y el conocimiento de la ecotecnia.

El proyecto ha sido inspiración de otros proyectos de sustentabilidad, tesis de bachillerato a maestría, reportajes de radio, televisión, prensa escrita e incluso filmes documentales.

OBJETIVO

GENERAL

Implementar un sistema completo de captación y aprovechamiento pluvial en el edificio de Programas Universitarios en Ciudad Universitaria, que ofrezca agua purificada que cumpla con la NOM-127-SSA1-1994, para consumo de la comunidad.

ESPECÍFICOS

Instalar un tratamiento completo para purificar el agua de lluvia almacenada en la cisterna de 30,000 litros, en tres etapas: tratamiento primario, secundario y terciario para alcanzar la calidad de agua 100 % potable.

Instalar un sistema de bombeo automático que lleve el agua de la cisterna a los bebederos, haciéndola pasar por el tratamiento secundario y terciario, ofreciendo un flujo promedio de 10 litros por minuto.

Instalar dos estaciones de bebederos junto la ciclovía cercana al edificio, con tres tomas de agua cada uno, dos para llenar botellas y una para beber directo.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en captar el agua de lluvia que cae sobre el techo de cristal, conducirla mediante canaletas y tuberías, prefiltrarla, almacenarla en una cisterna armable y darle un tratamiento completo de purificación para que sea 100 % potable en un bebedero dentro del edificio. El sistema brindará un equivalente de 8 a 26 garrafones de agua por día, dependiendo de la temporada del año.

A continuación se describen las etapas:

Conducción del agua de lluvia

El agua caerá sobre el techo de cristal y será conducida mediante canaletas y tubos de polipropileno para exteriores. Se contempla instalar canaletas de lámina galvanizada de 4" calibre 18 sobre las dos alas donde desemboca la pendiente (18 metros lineales cada una). Se usarán ángulos de hierro 1/8" de grosor x 1 1/2" de ancho y 1.5 m de largo, soldados a la estructura existente. Las canaletas irán fijadas con remache pop al ángulo. Tanto la canaleta como la soportería es resistente estructuralmente para no deformarse con el peso. En el caso del ángulo se pintará con esmalte para resistir la intemperie.

Al unirse las canaletas de ambas alas en la esquina del techo de cristal, se continuará la conducción con tubería de polipropileno para exteriores de 4". La tubería irá fijada al techo con soportes de solera de 1/8" de grosor x 1 1/4" de ancho, fijados con taquetes de

expansión tipo arpón de 3/8" y abrazaderas tipo omega de 4".

Se hará un corte circular al muro de la azotea para exponer el tubo hacia la parte del jardín trasero del edificio para bajar verticalmente sobre el muro, usando abrazaderas omega de 4" y anclas de fijación de 1/4". Tanto la tubería de polipropileno como la soportería es especial para resistir intemperie y posibles impactos. Se resanará la perforación con fines estéticos. Este trabajo no afectará la estructura del edificio.

Tratamiento primario, secundario y almacenamiento

Después del bajante vertical de 4", el agua pasará por un tratamiento primario que consiste en:

- a. Filtro con malla de acero inoxidable marca 3p Technik para la eliminación de hojas y basuras mayores a 1 mm.
- b. Separador de primera lluvia (*first flush*) Tlaloque de Isla Urbana, que permite desviar los primeros aguaceros del año directo a drenaje y posteriormente desvía los primeros litros de cada aguacero para que solo pase a la cisterna el agua más limpia, logrando una reducción de contaminantes en general del 70 %. Este dispositivo tiene una capacidad de 400 litros, equivalente a separar los primeros 2.5 mm de cada lluvia. El Tlaloque irá montado sobre una base de tabique con aplanado y pintura.

Se instalará una cisterna armable especial para intemperie sobre el jardín trasero del edificio, con una capacidad de 30,000 litros. La cisterna se colocará sobre una plancha de concreto de 0.15 m. En ella se aplicará el tratamiento secundario, que consta de:

- a. Reductor de turbulencia Isla Urbana para facilitar la sedimentación.
- b. Pichancha flotante de succión Isla Urbana para evitar los sedimentos.
- c. Sistema generador de ozono con inyección y recirculación en cisterna para garantizar la calidad química y microbiológica del agua.

Sistema de bombeo y tratamiento terciario

Se instalará un sistema hidroneumático de 1.5 HP de potencia con un pulmón de 100 litros para hacer llegar el agua de la cisterna a los bebederos, pasando por el tratamiento terciario que consta de los siguientes elementos:

- a. Filtro Avanti RF, 1" de entrada/salida, con malla de acero inoxidable contra sólidos mayores a 90 μ m.
- b. Filtro multilecho retrolavable 9" x 48", 1" de entrada/salida, con soporte de arena, carbón activado granular y KDF 55. Diseñado para retirar contaminantes químicos, microbiológicos y físicos que pueden generar color, olor, sabor y otras características no deseables.
- c. Filtro pulidor BB 20" de papel plisado, diseñado para asegurar la calidad física del agua en el último punto. Filtra sólidos de hasta de 5 μ m.

Se tomará corriente del tablero principal con pastilla independiente de 30 A y se utilizará la tubería y registros existentes para llevar el cable calibre 12 TWH al exterior del edificio en la zona del jardín trasero, donde se continuará con tubería conduit de 1/2" pared gruesa fijada al edificio con abrazaderas omega de 1/2" y anclas de 1/4". Al Conducir el cableado de manera enterrada por un tramo del jardín, se usará tubería conduit 1/2" de plástico a 0.20 m de profundidad.

El sistema hidroneumático propuesto es de 1.5 HP a 127 V. con un consumo de 1.11 KW, 12 A y un pulmón de 100 litros.

Tanto el sistema hidroneumático, centros de carga, y los filtros del tratamiento terciario irán resguardados por una caseta de tabique con aplanado, pintado y puerta metálica con candado. Esta caseta estará ubicada a un costado de la cisterna, pegada al edificio.

El equipo está calculado para que pueda bombear agua a más distancia, para la posible ampliación futura del proyecto a más estaciones de bebederos.

Tubería y bebedero

Para hacer llegar el agua de la cisterna al bebedero, se instalará tubería hidráulica de 1" de polipropileno resistente a impacto e intemperie, alrededor del edificio, enterrada en el jardín

a 0.20 m de profundidad con una guarnición de concreto para protegerlo. La tubería seguirá la trayectoria del perímetro del edificio hasta la zona de la escalera cercana al actual bebedero, ahí se cruzará la pared para llegar al sitio destinado para el bebedero. Se dejará preparada la tubería para una posible ampliación a más bebederos.

Pruebas del sistema

El sistema está planeado para captar las lluvias de junio a octubre. Cualquier lluvia anterior y posterior se considerará aislada y demasiado sucia para aprovecharla.

Una vez que se haya comenzado a captar lluvia en el mes de junio, se realizarán pruebas funcionamiento y calidad de agua que garanticen la efectividad del sistema y tratamiento.

Mantenimiento

El proyecto incluye la entrega de un manual digital e impreso de operación y mantenimiento, así como la capacitación al personal encargado del mismo.

Una vez arrancado el sistema, requiere mantenimiento general y cambio de material filtrante arena/carbón activado/KDF/papel plisado, al menos una vez al año, preferentemente antes de iniciar la temporada de lluvia.

Fuera de estos cambios, el resto del sistema requiere limpieza general periódica, la cual se indicará en el manual.

INVESTIGACIÓN

El cálculo de oferta de agua de lluvia básico consiste en multiplicar la precipitación media de la zona por el área de captación y un factor de precipitación promedio de junio a septiembre en la zona es de 700 mm, el área de captación es de 150 m² y el factor de aprovechamiento es de 0.85, considerando la pérdida del sistema. Cada milímetro de lluvia equivale a un litro por metro cuadrado.

$$O_{\text{agua}} = 700 \text{ mm} * 150 \text{ l/m}^2 * 0.85 = 89,250 \text{ l}$$

El consumo promedio mensual es muy difícil de predecir, ya que depende de la cantidad de usuarios y sus hábitos de consumo. De acuerdo a los cálculos anteriores, el sistema brindará

en promedio una disponibilidad de 30 garrafones (20 litros) diarios durante la temporada de lluvia (4 meses) y 6 garrafones al día durante los meses de estiaje (8 meses). En total el sistema puede brindar un promedio de 4,400 garrafones con un precio comercial de más de \$90,000 MN.

La Oferta y la Demanda

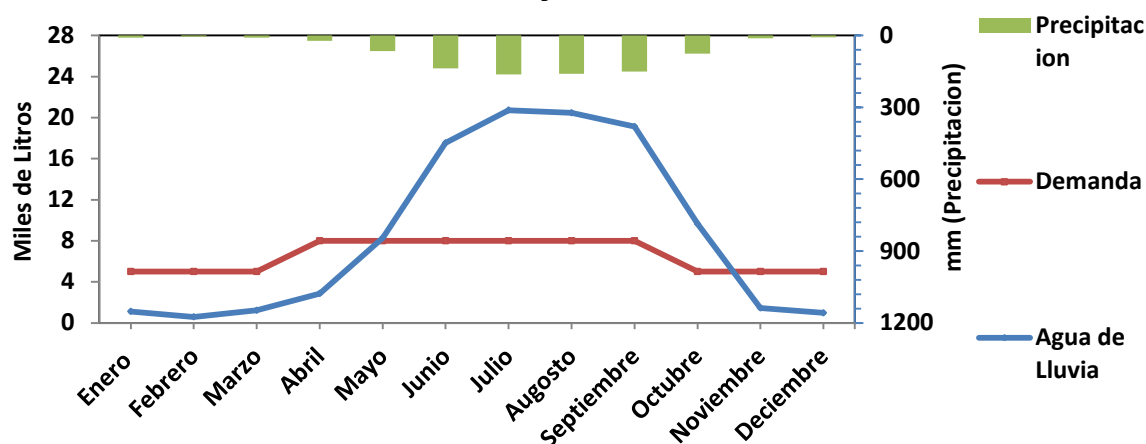


Figura 1: La Oferta de la captación de lluvia y la demanda estimada.

Disponibilidad de Agua de Lluvia para consumo

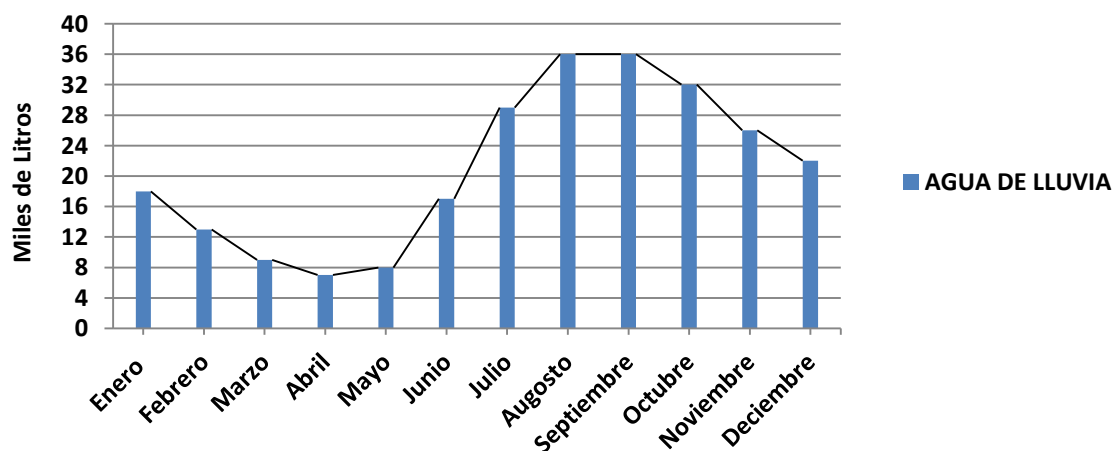


Figura 2: Disponibilidad de Agua de Lluvia por mes para consumo de la comunidad.

Aunque la calidad del agua de lluvia es muy variable según el lugar y época del año que se tome la muestra, diversos estudios corroboran que tiene calidad superior a otras fuentes superficiales. Es por ello que se aprovecha una superficie fácil de limpiar como el vidrio, que agrega una mínima contaminación al agua de lluvia.

El desarrollo de este sistema de captación y aprovechamiento pluvial tiene como filosofía partir de esta alta calidad de agua y sobre esta base mejorarla. El tratamiento completo está pensado para garantizar dicha calidad aun cuando los factores ambientales que afectan al sistema son variables y sumamente impredecibles. El tren de tratamiento sigue la lógica de un proceso por etapas que es eficiente y por lo tanto económico.

El paso inicial comienza con retirar sólidos grandes, entre ellos materia orgánica, sobre todo para evitar el crecimiento de microorganismos.

El siguiente paso es crucial, pues según Martinson y Thomas (2009), separar dos milímetros por metro cuadrado de área de captación puede reducir hasta un 70 % de la contaminación total que arrastra el agua de lluvia.

La recirculación con inyección de ozono (O_3) oxidará posibles microorganismos presentes, así como metales, contaminantes orgánicos y otros. El ozono asegurará la calidad del agua para consumo humano ya que tiene un poder oxidante 300 veces superior al cloro, sin presentar sus desventajas. Este gas no genera residuos dañinos.

La filtración microfiltración posterior a la cisterna retirará sólidos en suspensión. La filtración con carbón activado granular eliminará posible coloración, olor, sabor y contaminantes químicos u orgánicos. Esto son pasos comunes en cualquier estación purificadora para envasado de agua.

El KDF (Kinetic Degradation Fluxion) 85/55 es un material filtrante de cobre-zinc que degrada diversos tipos de contaminantes por procesos de oxido-reducción (redox). Este material puede tratar metales pesados como plomo, mercurio, magnesio, níquel, cromo, cobre, etc. Además de cloro, sulfuro de hidrógeno y contaminantes de tipo orgánico. Ayuda a prolongar el rendimiento y eficiencia del carbón activado ya que elimina microorganismos afectos a formar biopelículas.

El sistema de ozono está probado para cumplir con la norma de agua potable mexicana NOM-127-SSA1-1994 y han sido evaluados con la NOM-181-SSA1-1998, que indica los requisitos que deben cumplir los tratamientos germicidas para consumo humano. La figura 3 muestra los resultados publicados por la PROFECO en el 2000, donde se aprecia la efectividad del ozono y otros tratamientos contra diversos tipos de contaminantes.

● Destruye ● Inhibe ⚡ Retiene ●⚡ Retiene / inhibe

Principales funciones de los medios filtrantes

Contaminantes del agua

Medio filtrante	Bacteria Coliformes	Virus	Giardia cystocercos	Amibas	Shigella Salmonella	Sabor olor color	Trihalometanos THM's	Compuestos Voc's/Toc's	Compuestos Halogenados	Pesticidas fenoles	Plomo cadmio	Calcio Magnesio	Asbestos	Yodo	Cloro
Cerámicas con cuarzo de plata	●⚡	●⚡	●⚡	●⚡	●⚡								⚡		
Mallas submicrónicas	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡								⚡		
Pastillas cloro	●	●	●	●	●										
Resinas yodadas	●	●	●	●	●										
Generador a base de ozono	●	●	●	●	●										
Lámparas ultravioleta	●	●	●	●	●										
Carbón activado						⚡	⚡	⚡	⚡	⚡				⚡	⚡
Carbón extruido						⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡		⚡
Carbón activado impregnado con plata	●	●	●	●	●	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡					⚡
Yodasorb															
Resinas suavizadoras												⚡			
Membrana de ósmosis inversa	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡		⚡		⚡	⚡	⚡	⚡		
Cerámicas simples	⚡		⚡	⚡	⚡								⚡		
KDF-55	●			●	●		⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡
Leadout							⚡				⚡				

Figura 3: Evaluación a sistemas de tratamiento para purificación doméstica, publicada por la PROFECO en 2000.

[illegible]

