

Estudio de recolección de agua pluvial aplicado en estacionamientos.

Ruiz Fuentes, Eduardo

2023

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5921>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Estudio de recolección de agua pluvial aplicado en estacionamientos

Ruiz Fuentes Eduardo (noveno semestre en Ingeniería Electrónica), Luna Trucios Eduardo (séptimo semestre ingeniería mecánica), Garcia Mendoza Francisco Marcel (décimo semestre ingeniería Civil), Laguna Barrera Ramses Kareem (octavo semestre en Ingeniería Civil), Acevedo Escalante Manuel Francisco. (profesor responsable).

Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Resumen

La ciudad de Puebla, al igual que muchas áreas urbanas, se enfrenta a desafíos significativos en cuanto al abastecimiento, particularmente en temporadas de sequía. La creciente demanda de agua en la zona metropolitana de Puebla ha generado una necesidad de encontrar soluciones innovadoras y sostenibles para garantizar el suministro de agua potable y, al mismo tiempo, reducir la presión sobre los recursos hídricos limitados.

En este contexto, se propone un proyecto integral de captación de agua pluvial en estacionamientos metropolitanos de Puebla. Este proyecto busca aprovechar las lluvias estacionales que caen en la región como una fuente valiosa de agua. Los estacionamientos metropolitanos, al ocupar áreas extensas y generalmente pavimentadas, representan un entorno propicio para implementar sistemas de recolección de agua de lluvia de manera eficiente y efectiva. Se evaluó la viabilidad técnica, económica y así como las posibles ventajas de implementar este sistema en dichos establecimientos.

Finalmente, la discusión de los resultados se centró en la viabilidad general de la implementación de sistemas de captación de agua pluvial en estacionamientos en zonas urbanas, teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo, se destacaron las áreas donde se necesita investigación adicional y se ofrecerán recomendaciones preliminares para futuros desarrollos en este proyecto.

Palabras clave: Puebla. Recursos hídricos, Captación de agua,

Autor Corresponsal: eduardo.ruiz@iberopuebla.mx

Introducción

Uno de los recursos más importantes para las personas es el agua, desde los inicios de los primeros asentamientos humanos la prioridad ha sido la disponibilidad del agua, para poder satisfacer las demandas de las personas en las diversas actividades que requieran este vital líquido. Han transcurrido los años y las ciudades han crecido y la demanda de agua ha aumentado significativamente aumentando la gran contaminación de mantos acuíferos y los diversos ríos. [1]

En nuestro país en el año 2022 el estado de Nuevo León sufrió una de las peores crisis en el suministro de agua debido a las sequías y la mala planificación provocando que los habitantes de la ciudad de Monterrey pasaran más de una semana sin acceso a agua potable o incluso más tiempo sin poder realizar actividades de aseo personal o la preparación de alimentos[2], otra ciudad que ha estado con problemas en el abasto de agua en los últimos años es la Ciudad de México, que debido a la explotación desmesurada, fugas y un mal mantenimiento en la red de distribución han hecho que diversas zonas sufran de un desabasto considerable en su suministro de agua potable. [3]

De acuerdo con el IMCO, México es un país vulnerable a sequías con 52% de su territorio ubicado en clima árido o semiárido entre los estados del norte como Nuevo León. En total, 14 de los 32 estados de la república mexicana se encuentran en estas regiones. Desde 2021 se registraron 8,491 sequías en México, de las cuales el 71% fueron severas con lo que hay una gran probabilidad de riesgo de pérdidas

de cultivos, 26% fueron extremas con pérdidas mayores en cultivos, y riesgo de incendios forestales- y 3% fueron sequías excepcionales, es decir con escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos. El IMCO propone una serie de recomendaciones de política pública que abordará a detalle en estudios posteriores que atiendan la problemática del agua desde los ángulos de regulación, infraestructura y gestión. Propuestas: Mejorar el monitoreo del uso del agua, Desarrollar proyectos climáticos en el sector ganadero y agricultor, Evaluar y actualizar la delimitación de los acuíferos, Invertir en modernización y conservación de infraestructura. [4]

La ciudad de Puebla, situada en el centro de México, se caracteriza por ser una región con un clima semiárido que experimenta temporadas de lluvia intensa seguidas por largos períodos de sequía. La escasez de agua potable en la zona metropolitana de Puebla se ha convertido en un problema creciente debido al rápido crecimiento de la población y la demanda industrial y agrícola en constante expansión. [5]

Históricamente, la provisión de agua en Puebla se ha basado en fuentes superficiales y subterráneas, como ríos, pozos y acuíferos. Sin embargo, estas fuentes enfrentan presiones cada vez mayores debido a la extracción excesiva y la contaminación.[1] La falta de acceso confiable a agua potable en algunas áreas urbanas y periurbanas de Puebla ha llevado a la búsqueda de soluciones alternativas y sostenibles. [6]

Uno de los enfoques que ha ganado atención en los últimos años es la captación de agua pluvial. Esta técnica implica la recolección y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre superficies impermeables, como techos y pavimentos. La captación de agua pluvial ofrece múltiples ventajas, ya que reduce la presión sobre las fuentes de agua convencionales, contribuye a la mitigación de inundaciones urbanas y promueve la conservación del recurso hídrico.

En el contexto de Puebla, los estacionamientos metropolitanos representan una oportunidad única para la implementación de sistemas de captación de agua pluvial. [7] Estos espacios cubren amplias áreas pavimentadas y, durante las temporadas de lluvia, capturan grandes volúmenes de agua que, en su mayoría, se desperdician actualmente. Mediante la instalación de sistemas de recolección y almacenamiento adecuados, es posible aprovechar esta fuente de agua no utilizada para beneficio de la comunidad. Frecuente en la zona del desierto de Thar en Rajastán, India, es la construcción conocida como taanka. Su propósito principal es proporcionar agua potable y garantizar la seguridad hídrica para una familia o un pequeño conjunto de familias. Un taanka se compone de una cisterna enterrada y hermética en un suelo poco profundo, diseñada para acumular el agua de lluvia. El depósito se construye típicamente empleando materiales como piedra, ladrillo, hormigón, con cal o cemento como mortero. El agua de lluvia o el escurrimiento superficial procedente de techos, patios o sistemas de captación preparados artificialmente (localmente llamados "agor") fluye hacia el depósito a través de aberturas filtradas en las paredes del pozo.

Se enfoca en la captación de agua de lluvia en áreas rurales y urbanas mediante la instalación de tanques semi-subterráneos llamados "tanka." estos tanques almacenan agua pluvial para uso doméstico, mejorando la disponibilidad de agua potable en regiones con acceso limitado

A pesar de su eficacia, los sistemas "taanka" tradicionales pueden beneficiarse de mejoras tecnológicas. El desarrollo puede enfocarse en la optimización del diseño de los tanques, la selección de materiales más resistentes y duraderos, y la implementación de sistemas de filtración y purificación de agua. [18]

Por otro lado, se tiene el proyecto Waka Water, El objetivo principal del proyecto es proporcionar acceso a agua potable segura y confiable en áreas donde el suministro de agua es escaso o inexistente. La iniciativa se ha enfocado en comunidades rurales de Etiopía que enfrentan dificultades para acceder a fuentes de agua potable. La pieza central del proyecto es la "Warka Tower," una estructura vertical de bajo costo y fácil montaje. Esta torre utiliza principios de captación de agua de lluvia y neblina para recolectar agua durante la temporada de lluvias y almacenarla de manera segura para su uso en épocas secas.

Aunque las torres Warka han tenido un impacto significativo en las comunidades locales, existe una oportunidad para aumentar la escala del proyecto y llegar a más áreas rurales que enfrentan problemas de acceso al agua. Esto requerirá una inversión y una expansión planificada. [19] viendo lo anterior

El Water Cube, conocido como el Centro Nacional de Natación de Pekín, es un emblemático edificio en China famoso por su diseño único y sostenible. Durante los Juegos Olímpicos de Pekín 2008, albergó competencias de natación y buceo en una piscina olímpica de gran profundidad. Su diseño se inspira en la estructura molecular del agua y presenta una fachada compuesta por burbujas inflables de ETFE. Después de los Juegos, se transformó en un centro acuático público y un parque acuático cubierto, enfatizando su versatilidad y su compromiso con la sostenibilidad a través de la captación de agua de lluvia y neblina. Aunque el Water Cube implementa tecnologías de captación de agua de lluvia y neblina, se podría explorar la posibilidad de aumentar la eficiencia en la utilización del agua dentro del edificio. Esto podría incluir sistemas de reciclaje de agua para reducir aún más el consumo. [20]

Metodología

En el proceso de análisis geoespacial llevado a cabo, se empleó el programa Google Earth en combinación con una extensión facilitada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Esta extensión posibilitó la descarga de datos provenientes de estaciones de monitoreo ubicadas estratégicamente en el área de Puebla y Cholula. El enfoque principal de este estudio consistió en realizar una estimación de los patrones de precipitación en el período comprendido entre los años 2016 y 2019. Para lograrlo, se llevaron a cabo una serie de procesos que incluyeron la recopilación, la organización y el análisis de los datos mencionados. A partir de la información recabada de las estaciones, y usando como fundamento un diagrama de Voronoi se determinaron las zonas de las estaciones mediante las cuales se realizó el análisis pluvial. Este análisis de tendencias de precipitación es de suma importancia para comprender las variaciones climáticas y su impacto en la disponibilidad de agua en una región específica,

A partir de la investigación y estimación detallada de precipitación en milímetros en el área de se determinó que el área total de Angelópolis abarca 135,165 metros cuadrados, este espacio incluye la totalidad del centro comercial. Ahora bien, tomando como referencia las directrices de la norma técnica I.S. 010 sobre "Instalaciones Sanitarias para Edificaciones", la cual establece que el consumo de agua en áreas comerciales es de 6 litros por metro cuadrado, se realizó un cálculo para determinar el consumo total de agua en Angelópolis. Según esta norma, se requeriría un volumen total de 810,990 litros de agua al día para satisfacer las necesidades de agua en este espacio comercial.

Utilizando los datos de la estación 21248 de la Conagua en la zona de Puebla y los datos anteriormente mencionados acerca de Angelópolis, utilizando la Eq. (2) con datos de la mínima, máxima y la media entre los años de 2016 a 2019. Los datos obtenidos de la estación son en milímetros mensuales, por lo que se hizo una conversión para convertirlos en milímetros diarios Eq. (3). Posteriormente, se multiplicaron los milímetros diarios por los metros cuadrados de estacionamientos con los que cuenta Angelópolis ($38,985 \text{ m}^3$), obteniendo los metros cúbicos de lluvia diaria en esa zona Eq. (4). .

Tabla 1.- Estimaciones de áreas y consumo aproximado de agua en el centro comercial de Angelópolis de acuerdo con las directrices de la norma técnica I.S. 010 sobre "Instalaciones Sanitarias para Edificaciones"

El Centro comercial Angelópolis fue inaugurado por etapas. De hecho, su primera apertura oficial ocurrió en 1998, cuyo director de proyecto fue Humberto Mendoza. Cuenta con una superficie de 204,000 m ² , y un área de construcción de 135,165m ²			
Área total de la plaza	204000	m ²	La dotación de agua para tiendas será de 6 litros por m ² por día.
Área Comercial	135165	m ²	
Área de estacionamiento + línea	68835	m ²	
Área de líneas entre estacionamiento	29850	m ²	
Área de estacionamiento	38985	m ²	
L por día	810990	L	

Seguidamente, se hace la conversión de metros cúbicos diarios a litros diarios multiplicándolos por 1000 Eq. (5), después se obtiene el porcentaje que se ahorra dividiéndolo entre la cantidad de agua que consume Angelópolis. Eq. (6). Al final se obtiene la cantidad de dinero que cuestan los metros cúbicos de agua utilizando la misma fórmula utilizada para encontrar cuanto gasta la Plaza Comercial Angelópolis Eq. (1)

Con los datos de plaza obtenidos, para poder encontrar un aproximado de cuanto se gasta por el agua al mes se utilizó la fórmula de factor de uso comercial 2023 proporcionado por "Agua de Puebla Para Todos" Eq (1):

$$Factor = \$60.09 + \left(\left(\frac{m^3}{mes} - 200 \right) * 0.0030 \right) \quad (1)$$

Con la Eq (1) se obtuvo que la Plaza Comercial Angelópolis gasta \$1,461,935.62 mensuales.

Para la estación 21248 se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación para encontrar la media de milímetros por mes Eq (2)

$$\bar{x} = \frac{\left(\sum \frac{mm}{mes} \right)}{Cantidad\ de\ años} \quad (2)$$

Ecuación para encontrar los milímetros por día Eq (3)

$$\frac{mm}{dia} = \frac{\left(\frac{mm}{mes} \right)}{30} \quad (3)$$

Ecuación para encontrar los metros cúbicos de agua que cayeron en el estacionamiento Eq (4)

$$\frac{m^3}{dia} = \left(\frac{mm}{dia * 0.001} \right) * A_{estacionamiento} \quad (4)$$

Ecuación para encontrar los litros por día que cayeron en el estacionamiento Eq (5)

$$\frac{l}{dia} = \frac{m^3}{dia * 1000} \quad (5)$$

Ecuación para encontrar el ahorro entre los litros recolectados en el estacionamiento entre los litros consumidos por el área comercial Eq (6).

$$\frac{\%l}{dia} = \left(\frac{l}{dia_{estacionamiento}} \right) / \left(\frac{l}{dia_{comercial}} \right) * 100 \quad (6)$$

Se decidió utilizar los datos promedio debido a que da una mejor estimación de lo que se puede ahorra Eq (7)

$$A = \pi r^2 \quad (7)$$

Una vez recopilada tanto la información histórica como datos específicos sobre la Plaza Comercial Angelópolis, incluyendo detalles sobre las áreas que componen el centro comercial, el espacio de estacionamiento y la cantidad de litros consumidos diariamente, es posible establecer una base para llevar a cabo una serie de cálculos fundamentales. Estos cálculos permiten analizar el comportamiento de consumo, recaudación y aprovechamiento del recurso hídrico. A través de la recopilación de datos históricos y específicos, se identifican patrones y tendencias significativas en el uso del agua en la Plaza Comercial Angelópolis. La creación de gráficas que representan estos datos brinda una visión clara de cómo varía el consumo a lo largo del tiempo, lo que a su vez permite evaluar la efectividad de las prácticas actuales. Esto permite comprender mejor cómo se utiliza el recurso hídrico en diferentes áreas de la plaza, cómo se relaciona con las precipitaciones, y en qué momentos del año se pueden implementar estrategias de captación de agua de lluvia para lograr ahorros sustanciales.

A su vez se estimó el precio de agua pagado por mes correspondiente de acuerdo con los lineamientos establecidos por el proveedor del servicio de agua en el estado de Puebla debido a que esta información no es pública.

Un diagrama de Voronoi, también conocido como teselación de Voronoi o polígonos de Thiessen, es una representación gráfica que divide un espacio en regiones o celdas, de tal manera que cada región contiene un punto central y todos los puntos dentro de esa región están más cerca de su punto central que de cualquier otro punto en el espacio. Estas regiones se asemejan a polígonos y pueden ser utilizadas para una variedad de propósitos en matemáticas, ciencia de la computación y otras disciplinas, en este caso utilizamos el diagrama junto con las estaciones hidrológicas en el área metropolitana de Puebla, contando con los datos de las 7 estaciones hidrológicas que se encuentran en el área metropolitana de Puebla podemos realizar un diagrama de Voronoi, esto con la finalidad de saber que datos de la

estación hidrológica vamos a utilizar, a continuación se muestra una imagen con las estaciones y el diagrama de Voronoi sobre la ciudad de Puebla.

Resultados y Discusión

En la Fig. 1 se presentan las plazas comerciales y estaciones hidrológicas en la región de Puebla y su zona conurbada. A través de un proceso de teselación, se identifica con precisión el área que mejor representa a cada estación en toda el área metropolitana. Como resultado de esta teselación, se determina que la elección de las estaciones y la utilización de sus datos dependerá de la ubicación de las respectivas plazas comerciales.

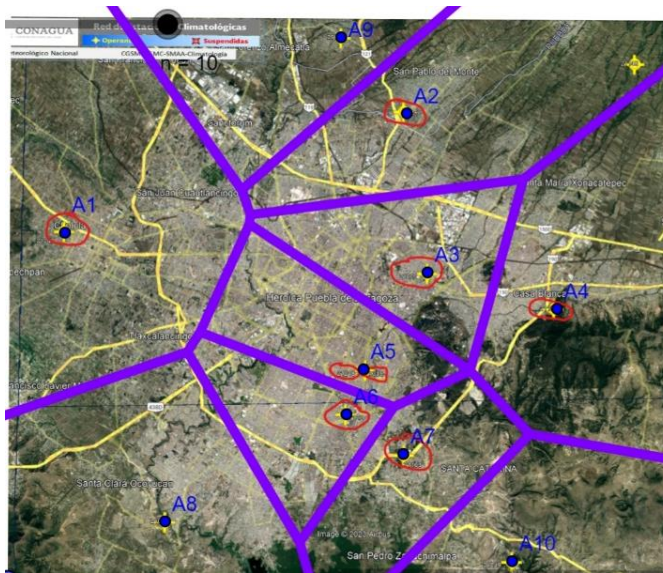


Fig. 1: Teselación de Voronoi

A través de la representación visual de información, las gráficas nos permiten identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables, como se muestra a continuación.

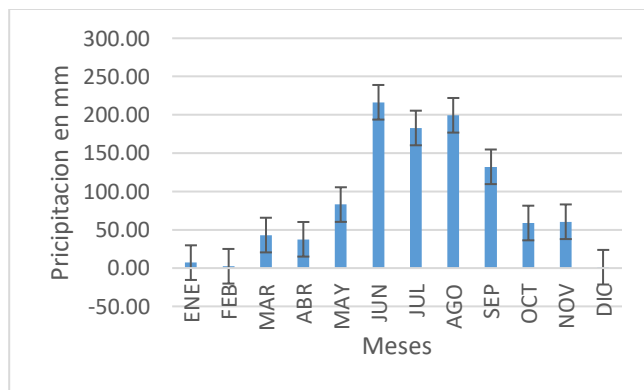


Fig 2: Grafico de precipitación por mes durante los años 2016-2019

La gráfica de barras representa la cantidad de lluvia en milímetros (mm) que cae en la zona metropolitana de Puebla durante todo el año. En primer lugar, se puede notar una

marcada variación estacional en las precipitaciones. A medida que avanza el año, se aprecia un aumento progresivo en la cantidad de lluvia. Junio emerge como el mes con la mayor cantidad de lluvia en el año, lo que sugiere que este mes es el más húmedo en la zona metropolitana de Puebla, en contraste, febrero es el mes más seco. Es notable que se produce un aumento significativo en las precipitaciones, indicando el inicio de la temporada de lluvias en la región. Este período alcanza su punto máximo en junio y luego disminuye gradualmente hasta septiembre. La interpretación de la gráfica de precipitaciones en la zona metropolitana de Puebla proporciona información que permite estimar el ahorro potencial que se obtendría al implementar un sistema de captación de agua en el Centro Comercial Angelópolis, dado que sabemos cuándo ocurren los picos de precipitación en la región, podemos calcular cuánta agua de lluvia podría captarse durante los meses de mayor pluviosidad, como junio y los meses circundantes.

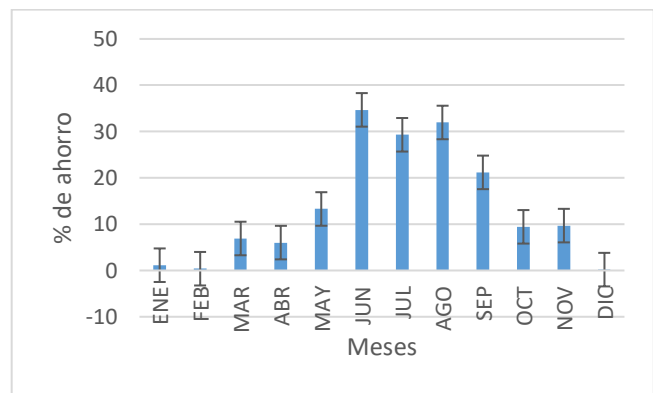


Fig.3 porcentaje de ahorro hídrico por mes

La interpretación de la gráfica de porcentaje de ahorro revela patrones significativos en relación con la implementación de sistemas de captación de agua en el Centro Comercial Angelópolis. Durante los meses de mayo a septiembre, se observa un alto potencial de ahorro, alcanzando su punto máximo en junio y agosto con tasas de ahorro del 35% y 32% respectivamente. Estos son los meses de lluvia más intensa, lo que ofrece una excelente oportunidad para recolectar y utilizar agua de lluvia de manera eficiente. En contraste, los meses de noviembre y diciembre muestran un ahorro razonable del 9%, ya que aún hay cierta cantidad de precipitación. Sin embargo, en enero y febrero, el ahorro es mínimo, apenas llegando al 1%, debido a la baja pluviosidad en esta temporada.

Al encontrar cuánto vale en pesos los metros cúbicos de agua por mes se obtuvieron los pagos mensuales mostrados en la Fig. 4.

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

Desde el inicio de la propuesta y delimitación del proyecto, y a lo largo de esta investigación, se recopilaron datos significativos y se llevó a cabo un análisis detallado de los mismos.

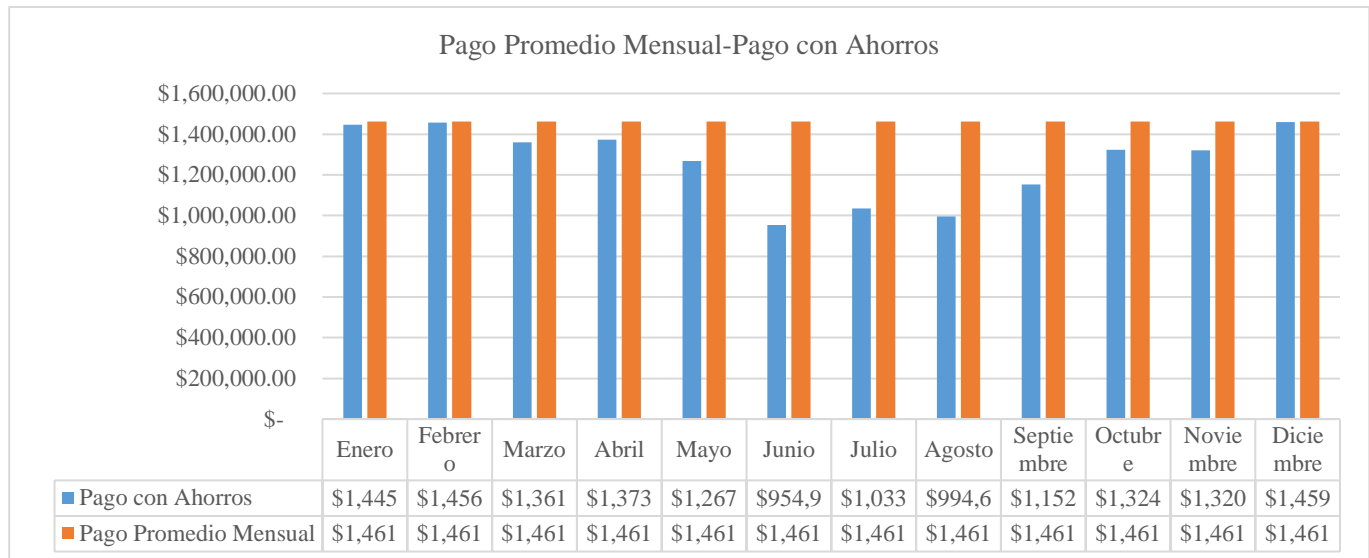


Fig 4: Grafico de Pago Promedio Mensual- Pago con ahorros

La interpretación de estos datos permite llegar a una conclusión con respecto a la viabilidad de implementar un sistema de captación de agua pluvial en el Centro Comercial Angelópolis.

En base a factores climatológicos, de consumo y económicos, una vez evaluada minuciosamente la propuesta. El análisis revela que la implementación de dicho sistema es, en efecto, una opción viable y beneficiosa. Los datos climatológicos muestran claramente que la temporada de lluvias en la zona se extiende durante varios meses, alcanzando su punto máximo en junio y agosto. Durante este período, se presenta un ahorro potencial de agua

significativo, llegando hasta un 35%. Este hallazgo indica que la captación de agua de lluvia puede ser altamente efectiva en la reducción del consumo de agua potable.

Además, considerando los aspectos económicos, la inversión en un sistema de captación de agua pluvial puede traducirse en ahorros a largo plazo para el Centro Comercial Angelópolis. Reducir el consumo de agua potable conlleva una disminución en los costos de suministro de agua y, en última instancia, contribuye a la sostenibilidad económica del centro comercial.

Referencias

- [1] D. Hernández, “**Puebla capital, en crisis de abastecimiento de agua ante el consumo excesivo,**” El Sol de Puebla | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Puebla y el Mundo, 2023. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/puebla-capital-en-crisis-de-abastecimiento-de-agua-ante-el-consumo-excesivo-9847931.html> (accessed Sep. 25, 2023).
- [2] J. J. Méndez C, “**El desbaste de agua potable en Puebla sigue creciendo,**” <https://upress.mx/>, 2023. <https://upress.mx/secciones/academia/10978-el-desbaste-de-agua-potable-en-puebla-sigue-creciendo> (accessed Sep. 25, 2023).
- [3] A. Bretón, “**Sobreexplotación de mantos acuíferos, principal problema ambiental en Puebla,**” El Universal Puebla, Jun. 05, 2021. <https://www.eluniversalpuebla.com.mx/estado/sobreexplotacion-de-mantos-acuiferos-principal-problema-ambiental-en-puebla/> (accessed Sep. 25, 2023).
- [4] Desarrollo, “**Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia,**” Conagua.gob.mx, 2023. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias> (accessed Sep. 25, 2023).
- [5] M. Abi-Habib and B. Avelar, “**‘Cazando el agua’: una cruel sequía afecta a México** (Published 2022),” The New York Times, 2023. Accessed: Sep. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/es/2022/08/03/espanol/mexico-monterrey-agua-sequia.html>
- [6] A. Villegas, “**¿Por qué hay crisis de agua en algunas zonas de Puebla?,**” El Universal Puebla, Mar. 29, 2023. <https://www.eluniversalpuebla.com.mx/estado/por-que-hay-crisis-de-agua-en-algunas-zonas-de-puebla/> (accessed Sep. 25, 2023).
- [7] IMCO, “**Situación del agua en México,**” **Situación del agua en México, 2023.** <https://imco.org.mx/situacion-del-agua-en-mexico/#:~:text=En%202021%20se%20registraron%208%2C491,en%20embalses%2C%20arroyos%20y%20pozos> (accessed Sep. 25, 2023).
- [8] J. Zambrano, “**Puebla sufre por escasez de agua: el reto es bajar de 200 a 100 litros consumo por habitante,**” Grupo Milenio, Mar. 23, 2023. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/escasez-agua-puebla-reto-bajar-mitad-consumo-personal> (accessed Sep. 25, 2023).

- [9] M. Flores, “Sin agua 31 localidades de Puebla capital: pagan por el líquido 180 pesos cada dos semanas,” El Sol de Puebla | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Puebla y el Mundo, 2023. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/sin-agua-31-localidades-de-puebla-capital-pagan-por-el-liquido-180-pesos-cada-dos-semanas-10205084.html> (accessed Sep. 25, 2023).
- [10] “TP: 46 Centros Comerciales en Puebla - TODOPUEBLA.com,” Todopuebla.com, 2023. <https://www.todopuebla.com/directorio/compras/centroscomerciales> (accessed Sep. 25, 2023).
- [11] G. Álvarez-Olguín, C. Cisneros-Cisneros, Fidencio Sustaita-Rivera, René Morales-Luis, and I. Herrera-Arellano, “Dimensionamiento óptimo de tanques de sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico,” *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 13, no. 6, pp. 166–208, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-13-06-04>
- [12] J. Martínez, “Captación de lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable – Ciencia UANL,” Uanl.mx, May 2021. <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=11005#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20y%20Mesoam%C3%A9rica%2C%20diversas,jag%C3%BCeyes%2C%20bordos%2C%20entre%20otros> (accessed Sep. 25, 2023).
- [13] “Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) – Unidad de Ecotecnologías, UNAM, Campus Morelia.” ECOTEC, UNAM, ecotec.unam.mx/ecoteca/colecta-de-agua-pluvial-como-medida-para-el-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia (Accessed 25 Sept. 2023.)
- [14] Ambiente, Secretaría del Medio. “Presenta GCDMX Proyecto de Captación de Agua de Lluvia En 20 Escuelas de Nivel Medio Superior.” Secretaría Del Medio Ambiente, Gobierno de la ciudad de Mexico, 8 Aug. 2018, www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/presenta-gcdmx-proyecto-de-captacion-de-agua-de-lluvia-en-20-escuelas-de-nivel-medio-superior (Accessed 25 Sept. 2023.)
- [15] Álvarez-Olguín, Gabriela, et al. “Dimensionamiento Óptimo de Tanques de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia Para Uso Doméstico.” *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, vol. 13, no. 6, 1 Nov. 2022, pp. 166–208, revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/3016, <https://doi.org/10.24850/j-tyca-13-06-04> (Accessed 26 Sept. 2023.)
- [16] “BlueBarrel Rainwater.” BlueBarrel Rainwater, <https://www.bluebarrelsystems.com/> (Accessed 17 Sept. 2023.)
- [17] Rainwater Harvesting Conservation, Credit, Codes, and Cost Literature Review and Case Studies. Jan. 2013.
- [18] Vangani, N, et al. TANKA-A RELIABLE SYSTEM of RAINWATER HARVESTING in the INDIAN DESERT. Jan. 1988.