

Artículo.

# Micropresas: Innovación en diseño arquitectónico con materiales reciclados ubicada en el Saucillo, Huichapan, Hgo.

Zaira Betzabeth Trejo Torres<sup>1\*</sup>, Juan Carlos Rodríguez Uribe<sup>2</sup> y Karla María Velázquez Lucho<sup>3</sup>,

<sup>1,2</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huichapan; División de Arquitectura, México.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huichapan; División de Ingeniería en Energías Renovables, México.

\* Correspondencia: ztrejo@iteshu.edu.mx

**Resumen:** El presente artículo analiza la implementación de micropresas como una innovadora estrategia arquitectónica utilizando materiales reciclados en la localidad de El Saucillo, Huichapan, Hidalgo. Estas estructuras no solo abordan problemas de gestión de agua, sino que también promueven la sostenibilidad en el diseño urbano y rural mediante el uso de materiales reciclados. A través de una investigación de campo, se exploran los materiales, métodos de construcción, así como los beneficios ecológicos y económicos que este enfoque aporta a la comunidad local. Los resultados muestran una significativa mejora en la conservación del agua y una reducción del impacto ambiental, al mismo tiempo que se impulsa la economía circular.

**Keywords:** *Micropresa; Sustentabilidad; Innovación.*

## 1. Introducción

En un mundo cada vez más afectado por el cambio climático y la escasez de recursos hídricos, la búsqueda de soluciones sostenibles se vuelve imperativa, especialmente en regiones vulnerables como el Saucillo, Huichapan, Hidalgo. El diseño de micropresas como una innovadora respuesta arquitectónica que no solo busca optimizar la recolección y almacenamiento de agua de lluvia, sino que también integra el uso de materiales reciclados en su construcción. Al aprovechar recursos locales y fomentar la participación comunitaria, estas estructuras no solo abordan el problema de la sequía, sino que también promueven prácticas sostenibles y resilientes. A través de un enfoque multidisciplinario, se determinará cómo la implementación de micropresas puede transformar la gestión del agua en el Saucillo, ofreciendo un modelo replicable para otras comunidades en condiciones similares.

La localidad de El Saucillo (Hidalgo) pertenece al municipio de Huichapan. Hay 625 habitantes y está a 2,164 metros de altura. El Pueblo Mágico de Huichapan está a 16 minutos en auto (13 km). En la lista de los pueblos más poblados de todo el municipio, es el número 19 del ranking.

Se localiza a 8.7 kilómetros, en dirección Noroeste, de la localidad de Huichapan, la cual tiene la mayor población dentro del municipio. [2]

Huichapan, de acuerdo con datos de este Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), al cierre de 2017 generó en el subsector agrícola un valor de la producción de 184.7 millones de pesos. Los principales cultivos fueron: maíz grano, frijol y avena forrajera. [3]

**Citar este trabajo:** Trejo Torres, Zaira B.; Rodríguez Uribe, Juan C.; Velázquez Lucho, Karla M. Micropresas: Innovación en diseño arquitectónico con materiales reciclados ubicada en el Saucillo, Huichapan, Hgo. *RELITEC'S* 2024, 7ma, edición

ISSN 2395-972X

<https://relitecs.iteshu.edu.mx>

Recibido: 15-10-2024

Aceptado: 12-11-2024

Publicado: 30-11-2024

En el Compendio de información geográfica municipal 2010 Huichapan Hidalgo, el rango de temperatura es de 12° a los 18°, el rango de precipitación pluvial oscila entre los 500 a 700 mm y su clima es Semiseco templado (87.97%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (10.23%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (1.80%)

Huichapan, es uno de los municipios con mayor concentración de superficie de siembra de maíz (60.2 por ciento) y con mayor superficie sembrada por pequeños y medianos productores (99.55 por ciento). Aquí se siembran 16 productos agrícolas anualmente, siendo el grano de maíz (60 por ciento) y el frijol (25 por ciento) los principales productos agrícolas. Cuenta con 4,774.5 hectáreas de cultivo que cuentan con sistemas de riego, además de 11,741.1 hectáreas de temporal, que tienen una mayor dependencia del comportamiento climático. El tipo de cultivo utilizado en la zona es de maíz, grano de frijol y avena forrajera, para ello.

La eficiencia del riego es crucial para la agricultura sostenible. Un riego eficiente puede ahorrar agua, energía y dinero, al tiempo que aumenta el rendimiento y la calidad de las cosechas, es por ello que el diseño y análisis de construcción de micropresas en la región resultan ser una propuesta sostenible para el sustento de la agricultura en la zona realizando un análisis de construcción basado en materias reciclados de la región con alternativas sustentables.

### ¿Qué es una micropresa?

Es una pequeña estructura hidráulica diseñada para almacenar y regular agua en áreas donde las fuentes de agua son limitadas o irregulares. Su propósito principal es captar agua de lluvia o de escorrentía para su uso en riego agrícola, consumo doméstico o recarga de acuíferos. Estas estructuras ayudan a mejorar la resiliencia de las comunidades rurales frente a la variabilidad climática, asegurando un suministro de agua durante períodos de sequía y mitigando el impacto de lluvias excesivas.

Las micropresas son cuerpos de aguas artificiales que tienen usos múltiples, ya que se utilizan para consumo doméstico, como riego para actividades agrícolas, entre ellos los abrevaderos para el ganado, pesca, acuicultura y recreación. De acuerdo con Hernández-Avilés et al. (2007), cerca de 20 millones de personas en México están relacionadas con estos pequeños cuerpos de agua y constituyen el núcleo de una serie de actividades económicas y sociales que contribuyen al bienestar general de la población. [1]

### ¿Cuál es su funcionamiento de la micropresa?

Sus principales funciones incluyen:

**Almacenamiento de agua:** Se utiliza para recoger y almacenar agua durante la temporada de lluvias para su posterior uso durante la estación seca o en tiempos de escasez.

**Control de inundaciones:** Ayuda a regular el flujo de agua en ríos y arroyos, reduciendo la velocidad y el volumen de las aguas en épocas de fuertes lluvias, lo que mitiga el riesgo de inundaciones aguas abajo.

**Recarga de acuíferos:** Permiten la infiltración del agua almacenada en el suelo, lo que contribuye a la recarga de acuíferos subterráneos, beneficiando a la disponibilidad de agua en pozos y manantiales.

**Riego:** Suministran agua para riego agrícola, asegurando una fuente de agua constante para los cultivos.

**Saneario y abastecimiento de agua:** En algunas comunidades rurales, las micropresas se utilizan para proporcionar agua potable o para el tratamiento de aguas residuales.

**Generación de energía:** Aunque su capacidad es limitada, algunas micropresas pueden incluir sistemas de microhidrogen [1].

Proceso constructivo.

Actualmente, la construcción de una micropresa sigue una serie de pasos técnicos, que varían según el tamaño y la función de la obra, pero en general involucra las siguientes etapas fundamentales:

1. Selección del sitio:

- Estudio del terreno: Se elige una ubicación adecuada donde se pueda captar la mayor cantidad de agua de escorrentía y donde la topografía permita construir la micropresa sin demasiadas modificaciones. Esto incluye un análisis geotécnico para asegurar que el suelo sea estable y no haya riesgo de deslizamientos o erosión.
- Disponibilidad de agua: Se evalúan los patrones de escurrimiento de agua en la zona para asegurar que el sitio seleccionado tenga suficiente agua en periodos de lluvia.

2. Diseño técnico:

- Dimensionamiento: Se determina el tamaño de la micropresa en función de las necesidades de almacenamiento y la cantidad de agua disponible. Se calculan las dimensiones del embalse, el muro de contención, el sistema de evacuación de excedentes (vertedero) y otros elementos estructurales clave.
- Materiales: Se seleccionan los materiales de construcción, que generalmente incluyen tierra compactada, concreto, y en algunos casos se refuerza con geomembranas o revestimientos impermeables para evitar filtraciones.

3. Excavación y nivelación:

- Se excava el terreno para formar la base del embalse y el área donde se levantará el muro de contención. Se compacta el terreno para asegurar la estabilidad del suelo y prevenir asentamientos irregulares que puedan dañar la estructura.
  - Tierra compactada: En muchas micropresas rurales, el principal material de construcción del muro es la propia tierra del lugar, que se compacta en capas para aumentar su estabilidad. En otros casos se utilizan combinaciones de tierra y piedras, o estructuras reforzadas con concreto.

4. Construcción del muro de contención:

- Tierra y roca: En casos más sencillos, se utilizan capas de tierra bien compactada, reforzadas con roca o piedra local para formar el muro que retendrá el agua. Las capas se compactan repetidamente para asegurar su firmeza.
- Concreto reforzado: En construcciones más modernas o en proyectos de mayor escala, se emplea concreto armado con acero para garantizar la durabilidad y resistencia de la presa. El concreto reforzado se utiliza especialmente en áreas con mayor presión de agua o donde se requiera una estructura más resistente.
- Revestimientos impermeables: Algunas micropresas incluyen geomembranas o recubrimientos de plástico o arcilla para evitar la pérdida de agua por filtración. En algunos casos, se puede utilizar cemento o productos químicos impermeabilizantes.

#### 5. Sistema de evacuación o vertedero:

- Es fundamental incluir un vertedero que permita liberar el exceso de agua durante periodos de lluvias intensas o crecidas. Este sistema evita que el agua desborde el muro, lo que podría causar su colapso.
- El vertedero suele construirse en concreto y se sitúa en un nivel más bajo que la parte superior del muro de contención, para asegurar que el agua fluya a través de él antes de sobrepasar la presa.

#### 6. Acabados y protección contra la erosión:

- Para proteger la estructura contra la erosión causada por el viento o las corrientes de agua, se colocan mallas geotextiles, rocas de escollera (rocas grandes), o incluso vegetación que ayuda a mantener el suelo en su lugar y estabiliza las orillas.
- En algunos casos se aplica un tratamiento adicional impermeabilizante para prolongar la vida útil de la micropresa, especialmente si se espera que contenga agua durante largos periodos de tiempo.

#### 7. Llenado y pruebas:

- Una vez terminada la construcción, se realiza el llenado inicial de la micropresa, generalmente aprovechando la temporada de lluvias. Durante este proceso, se monitorean posibles filtraciones y se verifican la estabilidad del muro de contención y el funcionamiento del sistema de evacuación.
  - Ajustes: Si se detectan fugas o problemas estructurales, se realizan las reparaciones necesarias, como el refuerzo de las áreas débiles o la mejora del sistema de impermeabilización.

#### 8. Mantenimiento y operación:

- Las micropresas requieren mantenimiento periódico para asegurar que el muro de contención y el sistema de evacuación funcionen correctamente. Esto incluye la limpieza del vertedero, la revisión de las juntas y la posible aplicación de nuevas capas de impermeabilizante en el tiempo.
- Control de sedimentos: En muchas regiones, la acumulación de sedimentos es un problema importante, por lo que se deben realizar desazolves regulares para mantener la capacidad de almacenamiento de la micropresa.

#### Materiales comúnmente utilizados en la construcción actual de micropresas:

- Tierra compactada y roca: En zonas rurales o de bajo presupuesto.
- Concreto reforzado con acero: Para estructuras más permanentes y de mayor escala.
- Geomembranas o arcillas impermeabilizantes: Para evitar filtraciones.
- Sistemas de evacuación de agua en concreto: Para controlar excedentes de agua y prevenir sobrepresiones.

En resumen, la construcción de micropresas actualmente combina el uso de materiales locales con técnicas modernas, como la utilización de geomembranas o concreto armado, según los recursos disponibles y las necesidades de la comunidad. Sin embargo, esta técnica de construcción resulta ser una inversión económica alta debido a la utilización de las geomembranas lo que incrementa su valor, derivado de lo siguiente se recomienda utilizar materias que sean reciclados y que sean originarios de la región, como lo es el polvo de la cantera y la aplicación del mucilago de nopal como impermeabilizante ecológico lo que permitirá la reducción de costos de construcción.

## 2. Materiales y Métodos

La propuesta de diseño para la micropresa se basa en el uso de polvo de cantera local, combinando materiales accesibles y sostenibles para la construcción de una estructura eficiente en el almacenamiento de agua. El mucílago de nopal se utiliza como impermeabilizante natural y biodegradable, ofreciendo una solución económica y ecológica que minimiza las pérdidas por evaporación e infiltración. La micropresa emplea una mezcla de polvo de cantera, arena, grava, y está reforzada con malla electrosoldada, lo que garantiza una estructura robusta y duradera. Este enfoque no solo reduce el impacto ambiental, sino que también optimiza los recursos locales y presenta una alternativa de bajo costo para mejorar el acceso al agua y mitigar los efectos de la sequía en las comunidades.

En el sector cantero de Huichapan Hidalgo, México, se dedica a la extracción, acabado, decoración y comercialización de cantera. Derivado de los procesos de corte y detallado de esta materia prima se obtienen como residuos “lodos”, la acumulación excesiva ha provocado que las empresas dedicadas a este sector se vean obligadas a reducir sus espacios productivos para destinarlos como almacén de residuos y al agotarse tal espacio, se vean en la necesidad de depositar los polvos en terrenos baldíos, o son vertidos en calles de tránsito los cuáles una mejor solución sería aprovechar esos residuos de cantera. Como podemos observar en la Figura 1.- la acumulación de los residuos de cantera de la empresa PMC, ubicada en Huichapan Hgo.

**Figura 1.-** Zona de desperdicios de cantera de PMC.



**Nota:** Fotografía área de la zona de concentración de desperdicios de la empresa PMC. Huichapan, Hgo. Fuente: (PMC 2021)

Residuos del proceso de transformación de la cantera: En México, la acción minera es una de las actividades económicas de mayor tradición, la cual se ha desarrollado por casi cinco siglos. Es importante mencionar que esta actividad se ha beneficiado con la evolución tecnológica. Sin embargo, esta actividad también conlleva un problema de actualidad, la acumulación paulatina de residuos o segmentos de piedra, derivados de la extracción, corte y labrado del material, y lodos, tras los procesos de corte y laminado de la cantera.

El manejo inadecuado y la disposición de estos residuos, ha generado problemas de tipo ambiental en todo el mundo. Entre los cuales se pueden mencionar la falla en estructuras de retención (diques) de los depósitos de los residuos (presas y/o embalses), ocasionando por su naturaleza (tamaño de partícula, plasticidad y contenido de agua) avalanchas que se desplazan a las partes más bajas de valles y algunas veces se depositan en los cauces de los ríos.

Clasificación de los polvos de piedra cantera como residuos: A partir de la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos de la construcción son considerados como residuos de manejo especial; textualmente su definición es: “Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos” [5].

Los mucílagos son sustancias análogas a las gomas. En contacto con el agua forman unas dispersiones viscosas y poseen una enorme facilidad de embeberla; propiedad de suma importancia en el mecanismo de retención de agua de las cactáceas. Los mucílagos están contenidos dentro de las grandes células vesiculares de los parénquimas.

Cárdenas et al. (1998) utilizaron el mucílago de nopal adicionado a morteros, durante siglos el jugo de nopal se utilizaba como un adhesivo orgánico a la cal, con el fin de restaurar y proteger edificios históricos en México. Los autores comprobaron que las características físicas del mortero, adicionado con el jugo de nopal previenen que el mortero seque muy rápidamente y ayuda a retener el contenido de humedad necesario para que la mezcla se coloque correctamente [4].

El método de extracción de mucílago, da inicio con el Método Licuado Centrifugado a 40 C, el cual consiste en lavar los cladodios cosechados, cortados en cubos pequeños utilizando 100 gramos de nopal por muestra, se licua en 100 mL de agua, se filtra y centrifuga a 4000 rpm por 15 minutos (temperatura de centrifugado 40 C) y se precipitó con etanol en relación de 1:2, el mucílago precipitado se mantiene en refrigeración a 40 C hasta tener las muestras de maduración, posteriormente, el mucílago precipitado de cada muestra se sometió a un segundo centrifugado a 4000 rpm por 10 minutos, con el objetivo de aglutinar el mucílago en un pastilla y poder separarlo del etanol, las muestras se secaron en la estufa a 40o C por tres horas, el mucílago seco se pulverizó con un mortero para obtener la muestra en polvo (Figura 2)[4].

*Figura 2.- Proceso de extracción del Mucilago del Nopal.*



**Nota:** Proceso de extracción del Mucilago del Nopal. Fuente ( León, 2018)

Una vez determinada la implementación del polvo de cantera como elemento aglutinante en el diseño y construcción de la micropresa, con la integración del mucílago del Nopal se determina que el proceso de construcción se considera sostenible y sustentable para la economía de los pobladores de la comunidad de el Saucillo, Huichapan Hgo.

Es importante mencionar que para dicho estudio se requiere de la implementación de arena, grava y malla electrosoldada como elementos de reforzamiento, mismos que evitaran la filtración del agua.

### 3. Resultados

Tras el análisis del proceso de construcción sustentable para la micropresa, enfocada en áreas de cultivo afectadas por condiciones climáticas adversas, especialmente la sequía, se determinó la reutilización del polvo de cantera como principal aglutinante. Este material, que contiene partículas como la marmolina, garantiza una excelente adherencia en las superficies. Además, se integra el mucílago de nopal como impermeabilizante natural, proporcionando una barrera eficaz contra las filtraciones de agua. La estructura se refuerza con malla electrosoldada, lo que asegura la durabilidad y resistencia de la micropresa. Este enfoque combina soluciones ecológicas, de bajo costo y adaptadas a las necesidades locales, contribuyendo a una gestión más eficiente del agua en zonas agrícolas vulnerables.

Se realiza el análisis en un terreno de cultivo de tres hectáreas, con el diseño de una micropresa de ocho metros de ancho por ocho metros de largo y 80 cm de profundidad para el almacenaje de 40 mil litros de agua de lluvia, esto beneficia al crecimiento de la planta principalmente de maíz, como podemos observar en la Figura 3. Se muestra la selección del terreno, en el contorno color rojo se muestra la comunidad de El Saucillo, Huichapan Hgo. Y en el contorno verde se muestra la selección del terreno como caso de estudio.

*Figura 3.- Selección del terreno.*



**Nota:** Mapa Digital de la comunidad de El Saucillo, Huichapan Hgo y selección del terreno  
(Fuente: Autoría propia.)

El terreno cuenta con una superficie de tres hectáreas, como podemos observar en la figura 4, se muestra el perfil de elevación topográfico, el cual favorece en el almacenamiento de agua de temporal.

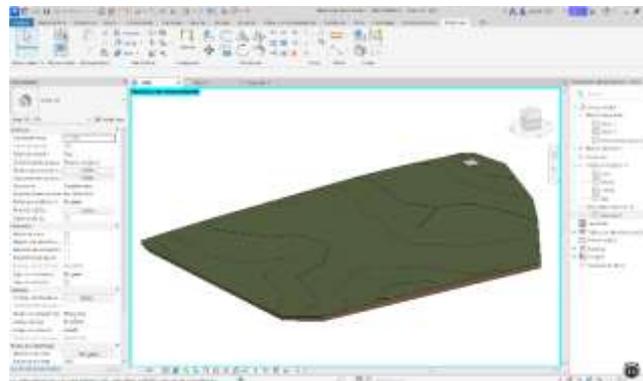
**Figura 4.-** Perfil de elevación del terreno seleccionado.



**Nota:** Perfil de elevación con el 3.2% Google Earth (Fuente: Autoria propia.)

Posteriormente se realiza la modelación del terreno en el programa REVIT 2024, identificando la topografía del lugar, lo que permite la ubicación de la micropresa para la captación del agua de temporal como se muestra en la figura 5.

**Figura 5.-** Modelado del terreno.



**Nota:** Modelado del terreno con curvas de nivel y ubicación de la micropresa en Revit 2024 (Fuente: Autoria propia.)

Una vez determinado el terreno y la ubicación de la micropresa, se procede a la modelación puntual de la misma, con las medidas estipuladas para la captación de 40 mil litros de agua de temporal, la cual estará construida a base de una capa de compresión elaborada con polvo de cantera, grava, arena y mucilago de nopal, como podemos observar en la figura 6.

Figura 6.- Diseño de micropresa.



**Nota:** Propuesta de Diseño de micropresa. (Fuente: Autoría propia)

Posteriormente se realiza en análisis de costos considerando la construcción de 64 metros cuadrados de construcción, mismos que determinan conceptos tales como, limpieza, trazo, excavación y colocación de la malla de compresión elaborada con materiales reciclados, como podemos observar en el catálogo del presupuesto se considera una inversión de \$37,827.84 más I.V.A, como podemos observar en la tabla 1.

Tabla 1.- Catálogo de conceptos con materiales reciclados.

CATALOGO DE CONCEPTOS.					
Construccion de micropresa 64m2.					
NO.	CONCEPTO	UM	PU	CANTIDAD	TOTAL
1	Limpieza de terreno por medios manuales, retirando maleza, espesor 20-30 cm. Incluye mano de obra, herramienta, retiro de maleza fuera de obra hasta un 1 km y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M2	64	\$16.66	\$1,066.24
2	Trazo y nivelación convencional, incluye ubicación de nivel cero, colocación de estaca, mano de obra, herraminetas y materiales.	M2	64	\$31.77	\$2,033.28
3	Excavación de cepas, por medios manuales de 0.00 hasta -1 m, en material de acuerdo a los estudios previantes realizados, volumen medido en banco. Incluye mano de obra, equipo y herramienta.	M3	64	\$227.84	\$14,581.76
4	Capa de compresión de $f'c=150\text{kg/cm}^2$ , elaborada con polvo de cantera, arena, grava y reforzada con malla electrosoldada 6-6/10*10 con aplicación de mucilago de nopal. Incluye mano de obra, equipo y herramienta.	M2	64	\$314.79	\$20,146.56
				COSTO DIRECTO	\$37,827.84
				IVA	\$6,052.45
				<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$43,880.29</b>

**Nota:** Analisis de costos (Fuente: Autoria propia.)

Para finalizar se realiza en análisis de costos considerando la construcción de 64 metros cuadrados de construcción, mismos que determinan conceptos tales como, limpieza, trazo, excavación y colocación de geomembrana, como podemos observar en el catálogo del presupuesto se considera una inversión de \$49,101.28 mas I.V.A, Como Podemos observar en la tabla 2.

Tabla 2.- Catálogo de conceptos con geomembrana textil.

CATALOGO DE CONCEPTOS.					
Construcción de micropresa 64m2.					
NO.	CONCEPTO	UM	PU	CANTIDAD	TOTAL
1	Limpieza de terreno por medios manuales, retirando maleza, espesor 20-30 cm. Incluye mano de obra, herramienta, retiro de maleza fuera de obra hasta un 1 km y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M2	64	\$16.66	\$1,066.24
2	Trazo y nivelación convencional, incluye ubicación de nivel cero, colocación de estaca, mano de obra, herraminetas y materiales.	M2	64	\$31.77	\$2,033.28
3	Excavación de cepas, por medios manuales de 0.00 hasta - 1 m, en material de acuerdo a los estudios previantes realizados, volumen medido en banco. Incluye mano de obra, equipo y herramienta.	M3	64	\$227.84	\$14,581.76
4	GEOMEMBRANA HDPE 1.0 mm, color negro, textura lisa en ambas caras 7.5 m Largo, 210 m Ancho = 1575 m2 Por Rollo. 0.1 Rollo	M2	250	\$69.68	\$17,420.00
5	GEOTEXTIL No Tejido 200.00 gr poliéster, 4 m Largo, 100 m Ancho = 400 m2 Por Rollo.	M2	250	\$20.00	\$5,000.00
6	Manejo de materiales; FLETE DIRECTO, no incluye descarga	SERV.	1	\$9,000.00	\$9,000.00
				COSTO DIRECTO	\$49,101.28
				IVA	\$7,856.20
				<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$56,957.48</b>

**Nota:** Analisis de costos (Fuente: Autoria propia.)

#### 4. Discusión

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad técnica y ecológica de las micropresas como una solución arquitectónica innovadora en contextos rurales. El uso de materiales reciclados no solo reduce el impacto ambiental, sino que también genera un ciclo de retroalimentación positivo que fomenta la sostenibilidad y la economía circular. En El Saucillo, la participación de la comunidad en el proceso de construcción y el uso de materiales locales reciclados incrementó la apropiación del proyecto y mejoró la aceptación de la infraestructura.

Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones, como la necesidad de un mayor apoyo institucional para garantizar la implementación a gran escala y la necesidad de más investigación sobre la resistencia a largo plazo de los materiales reciclados utilizados. La capacitación de la población en el mantenimiento de las micropresas también surgió como un aspecto crucial para asegurar la longevidad del proyecto.

#### 5. Conclusiones

El proyecto de las micropresas en El Saucillo, Huichapan, Hgo., es un claro ejemplo de cómo la innovación en diseño arquitectónico puede contribuir al desarrollo sostenible y a la gestión eficiente de recursos. El uso de materiales reciclados en la construcción de estas estructuras no solo reduce el impacto ambiental, sino que también promueve la economía circular, ofrece soluciones eficaces a problemas locales y genera un modelo replicable que puede extenderse a otras regiones con características similares.

Con respecto a los costos de construcción podemos observar que el desarrollo y construcción de la micropresa elaborada con materiales reciclados se reduce en un 22% en comparación con la construcción realizada con geomembrana o geotextil de la cual es importante saber que, para su fabricación, implica el uso de derivados del petróleo y procesos industriales que emiten gases de efecto invernadero y contaminantes. Estos materiales, como el

HDPE o el PVC, son plásticos no biodegradables, lo que significa que una vez desechados, pueden persistir en el ambiente durante siglos.

La integración de la comunidad en el proceso de construcción y la capacitación sobre su mantenimiento son factores clave para asegurar el éxito a largo plazo de estas iniciativas. En conclusión, las micropresas con materiales reciclados representan una solución viable y sostenible que puede transformarse en una herramienta poderosa para la gestión del agua y la protección del medio ambiente en comunidades rurales.

### Referencias

1. Aldama-Rojas, G. P.-P.-F.-U. (Junio 2011). Caracterización socioeconómica y técnica de la pesca en micropresas en el trópico seco del sur de México. . *Ganadería Tropical* , 3-10.
2. America., M. P. (2024). *Todos los pueblos de México*. . Obtenido de Todos los pueblos de México. : <https://mexico.pueblosamerica.com/i/el-saucillo-18/>
3. Hidalgo., H. e. (2024). *SIAP*. Obtenido de SIAP: <https://www.gob.mx/siap/articulos/huichapan-el-encanto-del-estado-de-hidalgo#:~:text=Los%20principales%20cultivos%20fueron%3A%20ma%C3%ADz,de%20314.6%20millones%20de%20pesos.>
4. León, A. J. (2018). *Extraccion y Caracterizacion del Mucilago de Nopal (Opuntia ficus indica (L.))*. Nuevo León, México. : Universidad Autonoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
5. Mena, R. G., Balbuena, D. N., Balbuena, J. A., & Alvarez., J. A. (2016). Matriz de calidad de la disposición de residuos de cantera en Huichapan Hidalgo México. *Revista Ingeniantes*, 28-33.