

# Comparación de bloques para construcción con mayor relación de sustentabilidad en residencia social

Del Valle Rios, Pablo

2024

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6011>

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

# Comparación de bloques para construcción con mayor relación de sustentabilidad en residencia social

Espinoza Ordás José Antonio (cuarto semestre en Ingeniería en Sistemas Computacionales)<sup>1</sup>, Estrada Zendejas Lizette Anahí (cuarto semestre en Ingeniería Biotecnología)<sup>1</sup>, Del Valle Rios Pablo (segundo semestre en Ingeniería Civil)<sup>1,\*</sup>, González Bustos Patricio (cuarto semestre en Ingeniería Industrial)<sup>1</sup>, Dra. Ma. del Rubí Salazar Amador (profesor titular del curso)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

## Resumen

Se examinan distintos tipos de bloques de edificación sustentables en México para identificar la composición más eficiente y sostenible en términos de reducción de la huella de carbono. El enfoque es minimizar el impacto ambiental del sector de la construcción, que es notorio por su alto consumo de recursos y generación de residuos; el objetivo principal es determinar qué bloques maximizan la sustentabilidad. El análisis bloques de sargazo, de fibra de coco, de residuos de construcción y de arcilla cocida; centrando la evaluación en sus reducidas emisiones de CO<sub>2</sub> sin realizar un análisis completo del ciclo de vida.

Los resultados destacan los bloques de cañamo como particularmente prometedores debido a sus reducidas emisiones de CO<sub>2</sub> y sus excelentes propiedades de aislamiento. Comparados con materiales tradicionales como el concreto, estos bloques presentan una disminución notable en la huella de carbono y ofrecen beneficios ambientales significativos. El uso de bloques como el de cañamo podría transformar la industria de la obra civil en México en una de prácticas más sostenibles, optimizando el uso de recursos y mejorando la calidad de vida comunitaria. Se recomienda realizar investigaciones adicionales y pruebas de resistencia para confirmar la aplicabilidad de estos bloques en condiciones constructivas diversas.

**Palabras clave:** Construcción sostenible, bloque sustentable, huella de carbono.

\***Autor Corresponsal:** pablo.delvalle@iberopuebla.mx.

## Introducción

El uso continuo de materiales convencionales en la construcción, como el concreto y el ladrillo, genera un gran impacto ambiental debido a su alta demanda de energía, agua y acumulación de residuos.

El sector de la constructivo mundial es una de las industrias más importantes en la actualidad, se estima que un 40 % de la contaminación se genera por actividades ligadas a la construcción de obras civiles. Según un informe presentado por la ONU, el sector constructivo consume un 40 % de toda la energía, la extracción de hasta un 30 % de las materias primas en el entorno, el 25 % de los residuos sólidos generados y el consumo hasta el 25 % de agua. En realidad, el ámbito constructor contribuye a 23% de la contaminación atmosférica, 40% de la polución del agua potable, y 50% de residuos en los vertederos. Además, Según el World Watch Institute, el sector consume 40% del uso mundial en piedras brutas, grava y arena y 25% de su madera virgen por año. En cuestión de desechos en 2014, el Reino Unido generó 202,8 millones de toneladas de residuos. Esta cifra puede no parecer alarmante, pero imaginemos que el campo de la obra civil creó 59% de esa cifra [1,2].

De acuerdo con la Comisión Nacional de Vivencia (Conavi), el sector de la construcción en México es responsable de 50% de las emisiones contaminantes que se registran en el país [3]. La exposición a altos niveles de polución puede causar una variedad de resultados adversos, tanto para el planeta como a la salud de las personas provocando un aumento de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas y cáncer de pulmón.

En México se sigue difundiendo que el problema de los daños no impacta al ciudadano, pero la realidad indica que apremia reducir los impactos ambientales y la búsqueda de

alternativas que permitan una mejor gestión de las actividades humanas.

Durante años, la industria de la construcción ha sufrido la alta dependencia de materiales tradicionales no biodegradables o reciclables, los que han traído consigo una serie de consecuencias ambientales adversas que amenazan la sustentabilidad del planeta. Se estima que, de la producción de 6.5 millones de toneladas de desechos, el 11% proviene de la edificación por los procesos tradicionales de edificación que requieren combustibles fósiles y una alta demanda energética, las principales fuentes de liberación de dióxido de carbono, lo que ocasiona un fuerte impacto ambiental del sector [4], pues es sabido que de entre los principales gases de efecto invernadero el que más preocupa es el dióxido de carbono, por su contribución al cambio climático.

En este orden ideas, resalta que el concreto es el material de construcción más empleado en el mundo: cada año, la industria del concreto emplea 1.6 billones de toneladas de cemento. Y que cada tonelada de cemento en su fabricación emite 1 tonelada de CO<sub>2</sub> a la atmósfera [5], por lo que, se ha vuelto necesario examinar detalladamente la información de la composición de materiales de obra y explorar modelos existentes. Este enfoque abarca desde la identificación de materiales tradicionales hasta la incorporación de tecnologías innovadoras y sustentables.

La construcción sostenible busca armonizar el ambiente natural con las construcciones, considerando aspectos sociales y económicos en cada proyecto. Javier Tralba, director de BREEAM España, define un edificio sustentable como aquel que, además de cumplir eficientemente su función, respeta el medio ambiente y las personas [6].

En México, una de las estrategias para frenar el impacto ambiental producido por la construcción son las

certificaciones para edificaciones sustentables. Existen diferentes obstáculos que evitan su aplicación y con ello un rezago en el desarrollo sostenible. Este trabajo busca conocer esas limitantes a través del estudio de los antecedentes y la situación actual de este tipo de certificaciones en el país, centrándose en la Certificación Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) [7].

La revista de Arquitectura de Bogotá [8] destaca tres puntos cruciales para comprender las características distintivas de la construcción sustentable: enfoque ambiental, dimensión social y perspectiva económica. Esto implica el uso de materiales ecológicos, diseño eficiente, consideraciones sociales y rentabilidad a largo plazo. Desde una perspectiva económica, los bloques sostenibles a menudo ofrecen beneficios financieros inmediatos al permitir la optimización de costos operativos a lo largo del tiempo. Su durabilidad y eficiencia energética pueden resultar en ahorros significativos en gastos relacionados con la construcción y el mantenimiento a largo plazo [9]. A nivel social, la incorporación de bloques sustentables se traduce en ambientes habitables más saludables y seguros para los ocupantes. La promoción de prácticas de construcción inclusivas y accesibles contribuye a la creación de comunidades que valoran el bienestar humano y la equidad social [10].

Este enfoque abarca desde la identificación de materiales tradicionales hasta la incorporación de tecnologías innovadoras y sostenibles. La recopilación de datos sobre la composición de bloques existentes y el uso de materiales sustentables permite a los profesionales de la construcción entender las prácticas actuales, identificar oportunidades para mejorar la eficiencia, reducir el impacto ambiental y promover la adopción de materiales ecológicos en la creación de nuevos modelos de construcción. Esta iniciativa se alinea con la búsqueda constante de soluciones que contribuyan a la construcción de edificaciones más eficientes, sustentables y en armonía con el entorno [11].

La adopción de bloques sostenibles en la construcción representa una oportunidad para innovar y mejorar la sustentabilidad. Estos materiales no solo reducen la huella de carbono y el consumo de recursos, sino que también ofrecen ahorros en costos operativos y de mantenimiento. La construcción sostenible es vista como una necesidad imperiosa, con potencial para catalizar un cambio transformador en la industria.

Este estudio tiene como objetivo comparar las composiciones utilizadas en la creación de bloques sustentables. Para lograrlo, se describirán los diferentes tipos de bloques sostenibles en México, se seleccionará la composición con mayor sustentabilidad y se diferenciará la composición del bloque elegido.

## Metodología

### *Modelo metodológico*

El modelo metodológico propuesto para la investigación se basa en un enfoque documental, que implica la selección de información a través de la lectura crítica y analítica de documentos. La finalidad de la investigación es básica, orientada al progreso científico mediante conocimientos

teóricos formales y profundos, sin un interés directo en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas. El alcance de la investigación es correlacional, busca examinar un tema poco estudiado, para especificar características y rasgos importantes del fenómeno, y asociar variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. Se adopta un modelo cualitativo, utilizando la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación.

### *Alcances*

Análisis de propuestas existentes sin abarcar más de la información origen proveniente de una revisión bibliográfica sobre bloques de construcción y materiales sustentables; posteriormente una evaluación teórica, cálculo de huella carbono de los distintos bloques, análisis de viabilidad y estrategias de implementación.

### *Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS)*

Los ODS son relevantes para el tema de la edificación con bloques sustentables como el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), que busca promover la obra de infraestructuras resilientes, sostenibles e inclusivas, así como fomentar la innovación tecnológica en el sector de la construcción. Además, el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sustentables) que garantiza el acceso equitativo a viviendas seguras, asequibles y sostenibles, lo que está relacionado con el uso de bloques sustentables en la obra de edificaciones. Asimismo, el ODS 13 (Acción por el Clima) es relevante, ya que la construcción con materiales sostenibles puede contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al aumento de la resiliencia frente al cambio climático [12].

### *Marco Teórico Referencial*

En el ámbito del contexto el enfoque se acota a la edificación residencial social de México, un país con una gran cantidad de climas y una economía sectorial diversa. En el año 2022 el sector de la construcción volvió a recuperar los números económicos previos a la pandemia del 2020 con 40,000,000 de pesos tan solo en el mes de enero en comparación de años anteriores con un máximo de 34,000,000.

Este crecimiento ha llevado a un aumento en la demanda de viviendas, especialmente en áreas periféricas de las ciudades principales, donde el acceso a la casa habitación resulta un menor desafío para los grupos sociales de bajos ingresos y un mayor impacto al medio ambiente. El alto consumo de block de concreto y cemento para la creación de mortero ha terminado ya con una cantidad importante de montes, creando daños a ecosistemas alrededor del país.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México y la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción (CMIC), México ha experimentado un consumo de cemento y concreto que varía entre 50 a 60 millones de toneladas métricas anuales en los últimos años. Otra cuestión es el interés en la construcción sustentable ya que siguiendo el marco LEED o EDGE solo el 4% de construcciones nuevas cuentan con alguna de estas certificaciones, con costos menores de hasta un 50% menos

que la construcción tradicional, el problema, la gran variedad de temperaturas en el país, la arquitectura mexicana fomenta poco uso de madera como fachada en comparación de otros países como los Estados Unidos o europeos [13,14].

Para la realización de este proyecto se analizaron múltiples documentos que describen diferentes bloques sustentables de construcción; entre ellos resaltan las siguientes caracterizaciones: evaluación de las propiedades mecánicas de ladrillos elaborados con residuos de vidrio y plástico, análisis de las emisiones de dióxido de carbono [15]; nuevo material sostenible: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos [16]; ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción [17]; elaboración de eco-bloques a base de caucho triturado y aserrín para viviendas de interés social [18]; diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos [19].

Para reducir la huella de carbono asociada con la construcción, las referencias indican que se realizan análisis del ciclo de vida para evaluar todos los impactos ambientales desde la extracción de materias primas hasta la demolición. Los bloques sustentables, unidades constructivas que cumplen con criterios ambientales, sociales y económicos, son reconocidos mediante certificaciones como LEED o EDGE [20], que garantizan su eficiencia energética y durabilidad. Además, la teoría del desarrollo sustentable en viviendas residenciales y del impacto de la gestión de sustentabilidad empresarial constructora demuestran cómo la utilización de materiales bioclimáticos y una gestión empresarial consciente pueden influir positivamente en los costos y en la cultura organizacional de las empresas constructoras [21-23].

Para adoptar un enfoque sostenible en la construcción, ha sido fundamental seguir los siguientes pasos en el presente estudio: buscar opciones de bloques sustentables disponibles, identificar su composición y disponibilidad, clasificar y caracterizar los materiales sostenibles, comparar los bloques entre sí y mostrar la reducción de CO<sub>2</sub> que podrían ofrecer en comparación a la construcción convencional.

En el apartado social se ha considerado que el pensamiento y el comportamiento de las sociedades en diferentes países son distintas, por lo que el proyecto se limita a la sociedad mexicana. Por otro lado, a diferencia de los trabajos citados en los párrafos previos, en los que el objetivo es la creación física de un bloque con sólo un tipo de material específico, este artículo reporta el análisis de diferentes opciones de materiales sustentables para la propuesta teórica --no física-- de un bloque constructivo, lo que brinda un campo más amplio de opciones para analizar su impacto ambiental; sin embargo, no está de más apuntar que no se ahondará en las propiedades de resistencia y capacidad de carga. En cuanto al apartado ambiental, el proyecto destaca al calcular la huella de carbono a partir de datos directos e indirectos disponibles en las referencias e identificar la tendencia.

### Resultados y Discusión

Un total de 14 bloques sustentables identificados se agrupan por composición, reuso o reciclaje de material; además se confirma su distribución a nivel nacional en México para reconocer las opciones con mayor cobertura geográfica y de mayor acceso comercial.

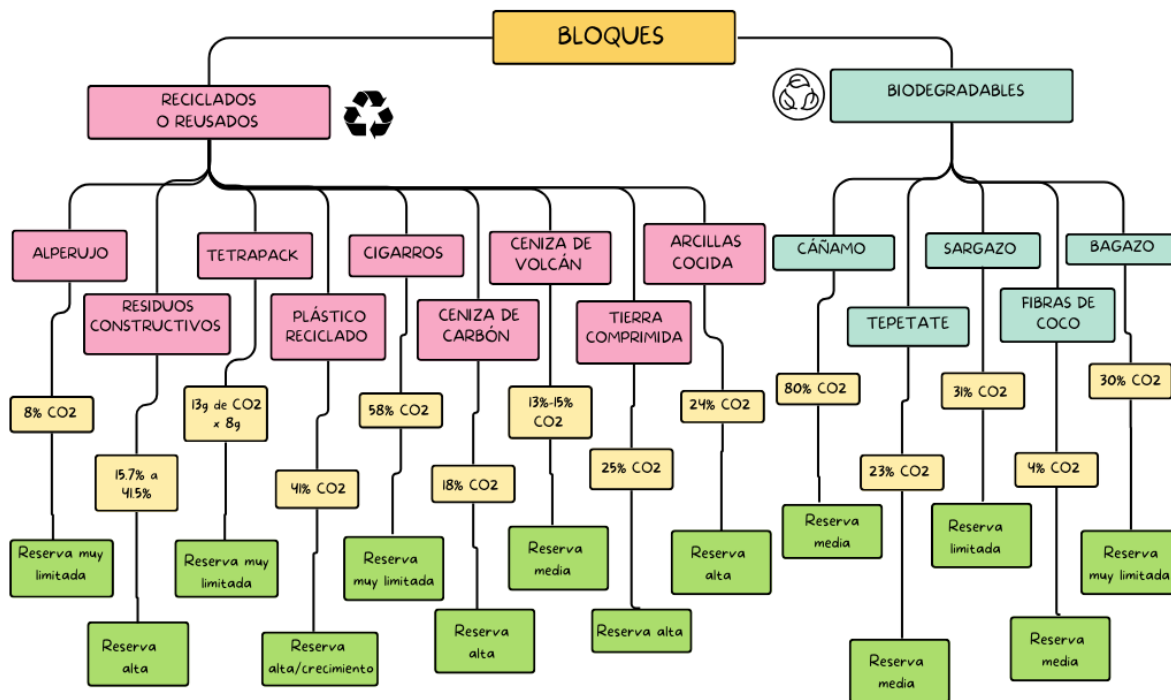


Fig. 1: Esquema de los bloques sustentables seleccionados con base a los criterios: composición (rosa/azul), reducción de CO<sub>2</sub> (amarillo) y disponibilidad a nivel nacional (verde).

Un aspecto de suma importancia en la evaluación de la sostenibilidad de los bloques propuestos reside en el minucioso análisis de su huella de carbono; este indicador proporciona la capacidad de discernir los factores contaminantes vinculados a cada variedad de bloque, tomando en consideración tanto los procesos de fabricación como los de recolección de los materiales empleados. Respecto a los materiales orgánicos, se consideran cuidadosamente las emisiones generadas durante su proceso de descomposición, mientras que para los materiales no orgánicos se han evaluado las emisiones asociadas a su extracción y producción. En el caso de los materiales reciclados, se ha ponderado el proceso de reciclaje en el cálculo de la huella de carbono.

Cabe destacar que la mayoría de los bloques seleccionados comparten similitudes en cuanto a las técnicas de producción, mayormente basadas en procesos de compactado. En este contexto, se presenta a continuación una tabla comparativa detallada que exhibe la huella de carbono de cada tipo de bloque, lo que posibilita una visualización clara y precisa del impacto ambiental asociado a cada alternativa. Además, se complementa este análisis con gráficos ilustrativos que representen la variación en la producción de dióxido de carbono en función de la composición de los bloques, ofreciendo así una perspectiva visual aún más detallada de los resultados obtenidos en el transcurso de la investigación.

Tabla 1: Emisiones de CO<sub>2</sub> de los bloques convencionales de construcción.

Bloque Convencional 1	Huella de Carbono del Concreto Convencional por m <sup>3</sup>	Bloque Convencional 2	Producción de CO <sub>2</sub> por m <sup>3</sup> en Kg
Concreto	250-350	Ladrillo Rojo	1.382

Tabla 2: Reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> de los bloques sustentables, en comparación con el bloque convencional de concreto.

Bloques Sustentables	Porcentaje de reducción de CO <sub>2</sub>	Producción de CO <sub>2</sub> por materiales de construcción por m <sup>3</sup> en Kg
Sargablock (bloque de sargazo)	31%	207,0
Bloque de arcilla cocida	24%	228,0
Bloque de fibra de coco	4%	288,0
Bloques de residuos de construcción	28,60%	214,2
Bloque de cáñamo	80%	60,0
Bloque de TETRAPACK	8%	276,0
Ladrillos de ceniza de carbón	18%	246,0
Ladrillos de tierra comprimida	25%	225,0
Ladrillo de plástico reciclado	41%	177,0
Bloque con tepetate	23%	231,0
Zeolite Tuff and Cigarette Waste Block	58%	126,0
Bloques con ceniza de volcán	14%	258,0

La Tabla 1 muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> de los bloques convencionales de construcción y revela niveles significativos de dispersión por m<sup>3</sup> de material. El concreto convencional tiene una huella de carbono que varía entre 250-350 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, mientras que el ladrillo rojo emite aproximadamente 1,382 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

En contraste, en la Tabla 2, que presenta las minoraciones de emisiones de CO<sub>2</sub> de los bloques sustentables, se observa una diversidad de porcentajes de reducción en comparación con el bloque convencional de concreto. Destacan los bloques de cáñamo con una reducción del 80%, seguidos por los bloques de cigarrillos y residuos de construcción con reducciones del 58.6% y 28.6%, respectivamente. Por otro lado, los bloques

de fibra de coco y Tetrapack ofrecen reducciones más modestas del 4% y 8%, respectivamente.

La comparación indica que varios bloques sustentables ofrecen reducciones sustanciales de emanación de CO<sub>2</sub> en comparación con el bloque convencional de concreto. Por ejemplo, el bloque de cáñamo muestra una disminución del 80%, lo que sugiere un potencial significativo para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas con la edificación. Además, los bloques de cigarrillos y residuos de construcción también muestran reducciones notables del 58.6% y 28.6%, pero la obtención tan escasa de estos materiales puede derivar en problemáticas para la fabricación de estos bloques.

Estos resultados señalan que la adopción de bloques sustentables en la construcción residencial en México podría contribuir positivamente a la rebaja de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, se requiere un análisis más exhaustivo, que

tome en consideración otros aspectos como el costo, la disponibilidad de materiales y la durabilidad, para tomar decisiones informadas sobre la selección de materiales de construcción sustentables.

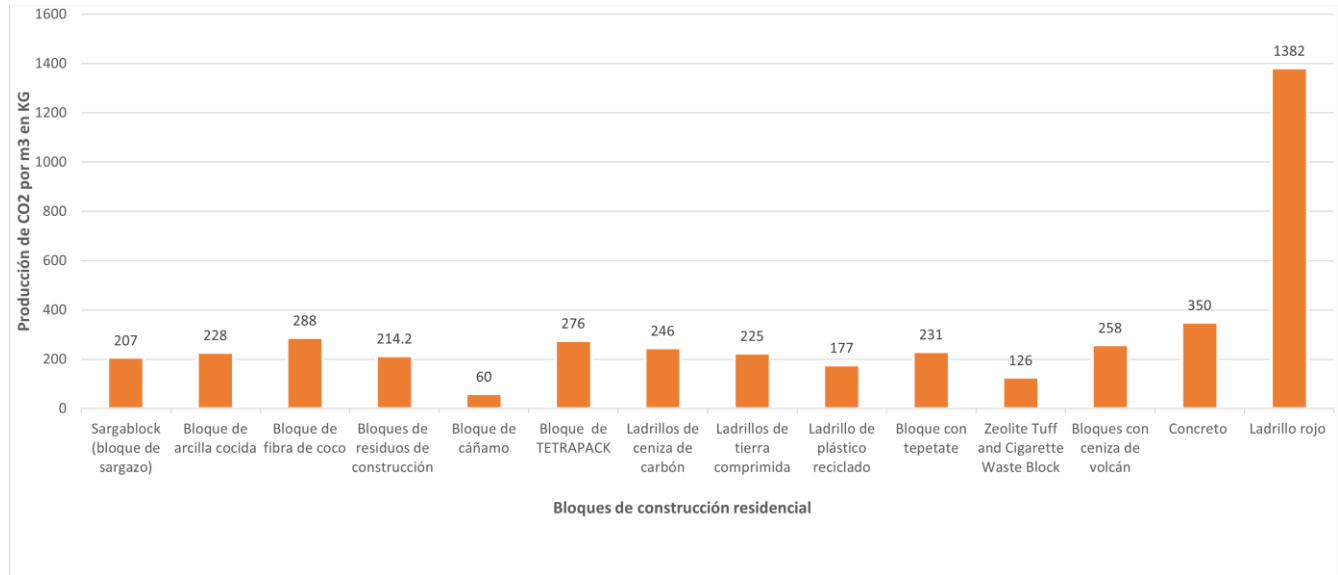


Fig. 2: Producción de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> en Kg de cada bloque sustentable y convencional.

Como resultado final, ha sido posible concluir que el bloque de cañamo posee la mayor reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que, con base en el aspecto puramente de disminución de huella de carbono, esta sería la mejor

opción ya que su impacto ambiental es menor. A continuación, se presenta una tabla comparativa de las características del bloque de cañamo respecto a un bloque de construcción convencional.

Tabla 3: Comparación de las características del bloque de cañamo junto con el bloque de concreto

Características	Bloque de Cañamo	Bloque de Concreto
Composición	Fibra de cañamo, cal hidráulica (que protege de la humedad y del ataque de parásitos) y aglomerantes minerales, como la arcilla	Mezcla de cemento, agua, arena y agregados pétreos (normalmente calizos)
Resistencia a la compresión	1,4 N/mm <sup>2</sup>	70 kg/cm <sup>2</sup>
Beneficios	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulación Térmica</li> <li>2. Regulación de Humedad</li> <li>3. Aislamiento térmico</li> <li>4. Resistencia al Fuego</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Variedad de tamaño</li> <li>2. Reduce tiempo de construcción</li> <li>3. Resistencia al agrietamiento</li> <li>4. Estructura hueca</li> </ol>
Uso e instalaciones	Se utilizan como mampostería con juntas cruzadas y en proyectos de edificación industrial y general	Su uso suele ser para la construcción de muros divisorios y de carga
Tamaño promedio	30 x 15 x 60 cm	20 x 15 x 40 cm
Cantidad de Kg de CO <sub>2</sub> producida en promedio	60	300

**Conclusiones, perspectivas y recomendaciones**

En este proyecto de investigación, se lograron tres objetivos específicos. Primero, se realizó una revisión de la literatura para identificar y describir los tipos de bloques

sustentables en México. Segundo, se identificó la composición de bloque más sostenible considerando la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y el impacto ambiental. Finalmente, se realizó una búsqueda documental para identificar el bloque más sustentable para uso en obra

residencial, encontrando que el de cáñamo lo es, con una disminución del 80% en la dispersión de CO<sub>2</sub>.

Así, el bloque de cáñamo se destaca como una alternativa prometedora para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la construcción. Su capacidad para reducir drásticamente la emanación de CO<sub>2</sub> lo convierte en una elección atractiva para futuros proyectos.

Se sugiere realizar un estudio de caso para el uso del bloque de barro (ecomuro) debido su ligereza y a su alta resistencia a la compresión, para la construcción sostenible, teniendo en cuenta factores de sostenibilidad y un proceso detallado de manufactura.

En la mayoría de los casos analizados, los métodos de producción de bloques sustentables resultan artesanales,

por lo que se recomienda la creación de maquinaria especializada para la producción del bloque más conveniente para cada región. Además, se destaca el bloque de plásticos reciclados como una alternativa para reducir los microplásticos en los océanos, a pesar de sus limitaciones económicas y climáticas. Se incita a realizar una investigación y proyecto dedicado exclusivamente a este bloque. Para recapitulación, bajo el único parámetro de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, el bloque de cáñamo resulta ser la mejor opción, debido a la gran disminución que este genera, haciendo mención del ecomuro y el bloque de plásticos reciclados por las ventajas que estos pueden dar al ambiente.

## Referencias

- [1] V. Jaramillo y L. Verónica, «Modelo de evaluación en la intervención de espacios comerciales, bajo criterios de construcción sustentable», *Daya (Impresa)/Daya (En Línea)*, n.º 10, pp. 69-110, jun. 2021, doi: 10.33324/daya.v1i10.379.
- [2] K. Dobrowolska y K. Dobrowolska, «How does construction affect the environment?», *Archdesk*, 11 de septiembre de 2023. <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/>
- [3] S. Escobar, «¿Cómo hacer a la construcción más amigable con el medio ambiente? En México, esta industria es responsable de 50% de las emisiones contaminantes», *El Economista*, 19 de diciembre de 2022. <https://www.economista.com.mx/econohabitat/Como-hacer-a-la-construccion-mas-amigable-con-el-medio-ambiente-En-Mexico-esta-industria-es-responsable-de-50-de-las-emisiones-contaminantes-20221219-0070.html>
- [4] El Gráfico, «¿Qué tanto impacta la industria de la construcción en el medio ambiente?», *El Gráfico Historias y Noticias En un Solo Lugar*, 21 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.elgrafico.mx/al-dia/industria-construccion-medio-ambiente-contaminacion-materiales-ecologicos>
- [5] Linn, «Construcción y emisiones CO<sub>2</sub> a la atmósfera», *Growing Buildings*, 13 de diciembre de 2022. <https://growingbuildings.com/construccion-y-emisiones-CO2-a-la-atmosfera/>
- [6] Prisma, «¿Qué es la construcción sostenible y por qué es importante?», *Eurofins Environment Testing Spain*, 14 de septiembre de 2023. <https://www.eurofins-environment.es/es/que-es-la-construccion-sostenible/>
- [7] F. R. González y A. M. C. Barrera, «Aproximación a la situación actual de Certificaciones para Edificaciones Sustentables en México y San Luis Potosí», *Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo*, vol. 41, n.º 2, pp. 58-72, jun. 2020, [En línea]. Disponible en: <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/download/579/545>
- [8] «Revista de Arquitectura (Bogotá)». <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/>
- [9] Ecoblocks México, «Venta de ladrillo ecológico | EcoBlocks México», *Ecoblocks México*, 22 de abril de 2024. <https://maquinasdeconstruccion.com.mx/ladrillo-ecologico/>
- [10] Practicante, «Qué es una comunidad sustentable y cuáles son sus beneficio», *Lyra*, 1 de agosto de 2023. <https://lyrabyastra.com/que-es-una-comunidad-sustentable-y-cuales-son-sus-beneficios/>
- [11] F. Liu, T. Ouyang, B. Huang, y J. Zhao, «Research on Green Building Design Optimization Based on Building Information Modeling and Improved Genetic Algorithm», *Advances In Civil Engineering*, vol. 2024, pp. 1-18, ene. 2024, doi: 10.1155/2024/9786711.
- [12] M. J. Gamez, «Objetivos y metas de desarrollo sustentable - Desarrollo Sustentable,» *Desarrollo Sustentable*, May 24, 2022. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sustentable/>
- [13] I. N. De Estadística y Geografía, «Construcción». <https://www.inegi.org.mx/temas/construccion/>
- [14] Gobierno de México, «Bloques y ladrillos para la construcción, de cemento, concreto o piedra artificial, incl. armados», Data México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/blocks-and-bricks-for-construction-of-cement-concrete-or-artificial-stone-incl-armed>
- [15] F. S. C. Howard, L. A. R. Rojas, J. F. Martínez, D. G. M. Castro, y O. F. A. Pérez, «Evaluación de las propiedades mecánicas de ladrillos elaborados con residuos de vidrio y plástico. Análisis de las emisiones de dióxido de carbono», *Lámposakos*, n.º 24, p. 60, mar. 2021, doi: 10.21501/21454086.3725.
- [16] M. L. G. Apaza, «Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos», *Ciencia, Tecnología E Innovación*, vol. 18, n.º 21, pp. 25-61, dic. 2020, doi: 10.56469/rti.v18i21.366.
- [17] M. C. Laguna, «Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción», 2011. [En línea]. Disponible en: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1>
- [18] K. D. Castro Alay, «Elaboración de eco-bloques a base de caucho triturado y aserrín para viviendas de interés social». <https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/04/elaboracion-eco-bloques.html>

- 
- [19] H. Pérez, K. Pimentel, O. De Meza, y M. H. Korner, «Diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos», DOAJ (DOAJ: Directory Of Open Access Journals), jul. 2017, [En línea]. Disponible en: <https://doaj.org/article/4d27fd4dff5c4130bf87bdee78995106>
- [20] C. U. Treviño, «Certificación LEED México», *Bioconstrucción y Energía Alternativa* -, 19 de septiembre de 2019. <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-leed>
- [21] Materiales sostenibles. [Online]. Available: <https://www.construible.es/materiales-sostenibles>
- [22] S. Cabrera, Y. G. Aranda-Jiménez, E. J. Suárez-Domínguez, and R. Rotondaro, “Bloques de Tierra Comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento. Evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión,” *Revista Hábitat Sustentable*, vol. 10, no. 2, pp. 70–81, Dec. 2020, doi: 10.22320/07190700.2020.10.02.05.
- [23] P. G. Santos, “Análisis de ciclo de vida,” *Envira*, Jan. 23, 2024. <https://envira.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida/>