



Reporte extenso

## **Diseño de un material de construcción alternativo comparado con opciones comerciales a través de ensayos mecánicos**

*Design of an alternative construction material compared to commercial options through mechanical testing*

Dharma Ilana Alva Juárez (estudiante)

Christopher Emilio Arvizu González (estudiante)

Diego Santiago Romo Sotelo (estudiante)

Noé Guadalupe Cortés Alférez (asesor)

*Prepa Entorno*

### **Resumen**

El presente estudio muestra el impacto de la adición de fibra de maguey al concreto en las propiedades mecánicas de bloques de cemento. Se realizaron ensayos mecánicos comparativos entre los bloques con y sin fibra de maguey para evaluar su resistencia. Los grupos diferenciados permitieron calcular la deformación última y el esfuerzo de compresión. Los resultados revelaron una mejora significativa en los bloques con fibra de maguey, demostrando una resistencia al esfuerzo de compresión notablemente mayor en comparación con los bloques sin

este agregado. Esta investigación subraya el potencial de la fibra de maguey como un componente que mejora las propiedades mecánicas del concreto, lo que podría tener implicaciones importantes en la industria de la construcción.

**Palabras clave:** fibra de maguey, propiedades mecánicas, esfuerzo de compresión, ensayo mecánico, bloque de cemento.

### **Abstract**

This study explores the impact of adding agave fiber to concrete on the mechanical properties of cement blocks. Comparative mechanical tests were conducted between blocks with and without agave fiber to assess their resistance. Groups were differentiated to calculate ultimate deformation and compressive strength. The results revealed a significant enhancement in blocks with agave fiber, demonstrating notably higher resistance to compressive stress compared to blocks without this additive. This research highlights the potential of agave fiber as a component that enhances the mechanical properties of concrete, which could have significant implications in the construction industry.

**Keywords:** maguey fiber, mechanical properties, compressive stress, mechanical test, cement block.

Recibido: 21 de marzo de 2024  
Aceptado: 2 de mayo de 2024

La industria de la construcción es un componente esencial de la sociedad moderna, moldeando el entorno en el que vivimos y trabajamos. Al examinar diversos aspectos de esta industria, desde propiedades físicas como la resistencia de los materiales hasta cuestiones más amplias como los problemas ambientales asociados, surge un panorama complejo y diverso. La composición de materiales es un área de gran importancia, esto se debe a que gracias a diversas propiedades que poseen se puede garantizar la estabilidad y la seguridad de algún tipo de edificación o estructura.

Un nuevo fenómeno en crecimiento se encuentra en la industria mezcalera, donde el desperdicio de maguey, una planta tradicionalmente utilizada, está siendo reconsiderado. La transformación de este desperdicio en materiales de construcción puede representar una solución sostenible y económica, reduciendo la huella ambiental y aprovechando recursos anteriormente desaprovechados, al igual que puede modificar o mejorar las propiedades del material. Sin embargo, este fenómeno está en auge por el impacto ambiental que genera la industria de la construcción, el cemento, un componente esencial en la construcción, ha sido objeto de intensos debates en relación con su impacto ambiental.

### **Antecedentes del problema**

Las industrias de todo el mundo buscan implementar el uso de materiales alternativos y sostenibles en los productos que fabrican, de modo que no sólo disminuyan la huella de carbono, sino que mejoren las propiedades de dichos productos. Diferentes estudios sobre el uso de fibras o diversos aditivos han estado en constante crecimiento, por ejemplo en el estudio Structural behavior of simply supported beams cast with hemp-reinforced concrete se utiliza el cáñamo para la elaboración de un concreto supuestamente mejorado, el resultado de esta investigación estableció que

las fibras de cáñamo obtuvieron un rendimiento aceptable, se comprueba lo inicialmente planteado en esa investigación, acerca del uso de materiales orgánicos como refuerzo potencial, brindándole al hormigón la posibilidad de mantener su resistencia, aumentando considerablemente la vida útil y de más

factores que inciden en que la viabilidad de este tipo de adiciones en mezclas es motivo de grandes beneficios en la industria de la construcción. (Awwad, et al., 2014)

Otros investigadores también han utilizado materias como la fibra de coco, en el estudio *Uso de Fibra Estopa de Coco para Mejorar las Propiedades Mecánicas del Concreto*, se hizo un análisis en el que lograron concluir que la adición de fibra de coco al concreto ayudaba a evitar deformaciones en este mismo, evitando que se formaran grietas lo que naturalmente mejoraría su resistencia en cuanto a tenacidad y compresión, esto es especialmente útil a la hora de hacer vigas o losas.

De acuerdo con el estudio *Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en el distrito de Huancavelica (2021)* elaborado en la Universidad César Vallejo, existen pruebas de las propiedades mecánicas de concreto con diferentes porcentajes de fibra de maguey, se usaron porcentajes del 0.60% 0.70% y del 0.80% "el concreto con la adición de 0.70% de la fibra de maguey fue el que tuvo mayor resistencia en las tres propiedades mecánicas del concreto que son la resistencia a compresión, resistencia a tracción y resistencia a flexión"; sin embargo, el porcentaje de fibra no es el único factor que influye, existen aspectos como el tiempo que lleva el concreto curado y no sólo eso, sino que este estudio también utilizó diferentes fibras como la del agave y la cabuya. El estudio hace diferentes recomendaciones para mejorar y facilitar un estudio nuevo basado en los datos dados por este, entre estas recomendaciones está, por ejemplo, utilizar fibra de 3 cm de longitud en porcentajes menores al 0.80% del volumen del concreto. Esta tesis demostró que se puede aumentar la resistencia del concreto de manera efectiva con el uso de fibras (Zevallos, 2021).

Sin embargo, no hay que olvidar que la construcción es una de las principales fuentes de contaminación ambiental en comparación con otras industrias, al igual que cualquier proceso de construcción necesita de diversas maquinarias, recursos naturales y que genera muchos contaminantes (Enshassi, 2014).

### Marco teórico

El cemento Portland, un componente esencial en la construcción moderna, ha sido un protagonista clave en el desarrollo de infraestructuras a nivel global. Su versatilidad, resistencia y capacidad de adaptación lo han convertido en una de las mejores opciones en el mercado actual, este cemento ha sido ampliamente utilizado en edificaciones de todo tipo (Maldonado, 2021).

Este tipo de cemento se utiliza para la fabricación de bloques de hormigón y ladrillos los cuales más tarde se emplean para la construcción de estructuras como escaleras, columnas e incluso suelo de edificaciones, esto debido a sus propiedades "hidráulicas" ya que al mezclar este tipo de cemento con agua se forma una reacción química la cual endurece el material y lo vuelve sumamente resistente. Pero esta no es la única propiedad que tiene, también es duradero (resistente a situaciones como lo son fuertes lluvias) y adhesivo (permite unirlo a materiales como grava, roca e incluso acero sin romper su unión de forma natural). Todo esto permite la obtención de uno de los materiales más útiles en el ámbito. Como tal no existe uno sólo, sino que el cemento portland cuenta con diferentes tipos, los cuales tienen diferentes características químicas.

- Tipo I: Este tipo es de uso general y es funcional para cualquier uso que no requiera de ninguna propiedad especial, se utiliza en aceras, edificios de hormigón, depósitos y cosas que sean más "comunes".
- Tipo II: Este cemento se usa en edificaciones donde es importante tomar precauciones contra los "ataques moderados de sulfato". Éste tiene la propiedad de generar menos calor que el tipo I, lo cual colabora en la elaboración y construcción de estructuras con una masa mucho mayor que los vuelve más pesados.
- Tipo III: Este tipo se caracteriza por su resistencia temprana (desde la semana de elaboración ya cuenta con una resistencia muy alta), es utilizado cuando la estructura que se está construyendo tiene que ser terminada en tiempos cortos, además de ser ideal para que esté lista en un corto periodo, reacciona muy bien a frío y es bastante económica comparando a los otros tipos.

- Tipo IV Este cemento se le llama de "hidratación" este minimiza la tasa y el calor que genera y desarrolla resistencia de una manera mucho más lenta que el de Tipo I, este cemento es utilizado para estructuras de hormigón masivo como presas grandes.
- Tipo V: Este tipo de cemento resiste mucho mejor que los demás a los sulfatos y ese es su único uso, tenerlo en lugares con aguas subterráneas con un alto contenido de sulfato.

El agregado es el componente principal de los materiales compuestos como el hormigón y el hormigón asfáltico. Da resistencia al material compuesto en general. Un ejemplo de estos materiales es la grava. Los agregados tienen un alto valor de conductividad hidráulica en comparación con el suelo. Por lo tanto, es ampliamente utilizado en aplicaciones de drenaje como cimientos, campos de drenaje séptico, drenajes de muros de contención y drenaje al borde de la carretera.

Los agregados se usan comúnmente para una base estable o una base de carretera / ferrocarril porque tienen propiedades uniformes o un extensor de bajo costo que se une con cemento o asfalto más caro para formar concreto. Estos se pueden clasificar en dos tipos, agregados finos y gruesos.

Sin embargo, con el crecimiento de la industria se han buscado nuevas alternativas para mejorar la resistencia de materiales no sólo a través de agregados convencionales como la grava y la arena, como los agregados de fibra. Gracias a sus múltiples beneficios, la idea de estas investigaciones es incentivar el buen uso de este tipo de cultivos que pueden ayudar de manera notable al medio ambiente. Se han distinguido diferentes investigaciones con el uso de fibra natural como el cáñamo, la estopa de coco y el henequén. Todos los resultados de estas investigaciones concluyen que, al agregar este tipo de fibras naturales como un agregado a la mezcla del cemento, ha incrementado la resistencia del mismo (Zevallos, 2021; Awwad, et al., 2014).

El estudio de materiales mediante ensayos se centra en analizar cómo responden los materiales a diversos tipos de fuerzas. Se examinan cosas como la relación entre las fuerzas aplicadas y las deformaciones resultantes, así como los límites de esfuerzo que podrían llevar a un fallo en los componentes, y existen 3 principales:

- a) Ensayo de compresión: Evalúa cómo un material se comporta bajo fuerzas que lo aplastan, midiendo su resistencia a la compresión y su capacidad para deformarse bajo presión.
- b) Ensayo de dureza: Mide la resistencia de un material a ser penetrado o deformado, utilizando un penetrador para evaluar la dureza superficial del material.
- c) Ensayo de flexión: Evalúa la capacidad de un material para doblarse sin romperse, aplicando una carga en el centro de una muestra alargada y midiendo la cantidad de carga que puede soportar.

### **Método**

A partir de este punto se inició con el desarrollo de los modelos de prueba. Para iniciar se compraron todos los materiales requeridos para la obtención del cemento, estos incluyen: Costal de cemento portland, arena gruesa, grava gruesa y una fuente de agua. Para poder realizar los ladrillos se utilizaron 4 cubetas de 20 L para transportar y poder medir los materiales, una espátula de construcción o rasquetas y una pala para poder hacer los movimientos de la mezcla.

Para la construcción de los bloques se tenía que diseñar un molde apto para el ladrillo que se tenía planeado, este debía tener forma rectangular y estar hecho de madera. Cuando se comenzó con el diseño surgieron tres retos a superar, el primero fue que a la hora de pegarlos y secarlos quedaban unos huecos y por ahí era muy probable que se deformara el bloque o que se saliera gran porcentaje de mezcla. Dado este problema, se indicó que se comprara un sellador de maderas que, colocándolo en donde estaban los huecos y dejando secar 24 horas ya estaba sellado. El segundo reto a superar fue que al momento de desmoldar algunas partes se rompían o era muy complicado volver a pegarlas y eso conllevaba volver a hacer cortes de madera, lo que quitaba mucho tiempo. El tercer reto fue que para poder usar una máquina de la UP (Universidad Panamericana) se tenía que modificar la geometría del ladrillo ya que no era apto para la máquina. En ese espacio se facilitaron moldes cilíndricos metálicos para continuar con la investigación

El agregado de maguey se obtuvo a través del deshilado de mecate comercial con +90% de fibra de maguey. El deshilado fue realizado manualmente hasta alcanzar un peso de 0.6% del total del ladrillo (aproximadamente 60 gramos). Los componentes aproximados de la mezcla fueron: 45% de concreto, 35% de arena, 15% de grava gruesa, el restante en agua y fibra. Los ladrillos obtenidos tuvieron un peso total de 10 kg.

Contando con ladrillos hechos con y sin fibra se realizaron pruebas de compresión en una máquina universal. El proceso de trabajo del mecanismo consiste en centrar el ladrillo en el pistón hidráulico y este aplicará la carga de manera constante hasta llegar al punto de fractura del material. Una vez llegado a este punto la máquina indicará la carga máxima aplicada y con ese valor se puede calcular la deformación máxima interna obtenida.

### Resultados

Para el cálculo de los esfuerzos de compresión y deformación última se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \dots (\text{ec. 1})$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo por compresión (Pa)

M = Momento flexionante (N.m)

C = Distancia al centroide (m)

I = Momento de inercia (m<sup>4</sup>)

$$\delta = \frac{PL}{EA} \dots (\text{ec. 2})$$

Donde:

P = Carga aplicada (N)

L = Longitud del cuerpo estudiado (m)

E = Módulo de elasticidad del material (Pa)

$A = \text{Área transversal (m}^2\text{)}$

$$M = \frac{PL}{4} \dots (\text{ec. 3})$$

Donde:

$P = \text{Carga aplicada (N)}$

$L = \text{Longitud del cuerpo estudiado (m)}$

Con base en las ecuaciones mostradas y los datos arrojados por la máquina universal, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1.

*Resultados de ensayo mecánico a compresión*

<b>Núm. de muestra</b>	<b>Carga aplicada</b>	<b><math>\delta_{ult}(m)</math></b>	<b><math>\sigma \text{ comp(MPA)}</math></b>	<b>Presencia de fibra</b>	<b>% de mejora</b>
1	9.41T	$3.93 \times 10^{-5}$	20.89	X	31%
2	12.4T	$5.18 \times 10^{-5}$	27.53		
3	19.4T	$8.13 \times 10^{-5}$	43.19	X	3%
4	19.9T	$8.34 \times 10^{-5}$	44.30		

### Discusión

Zevallos (2021) determinó la influencia de la fibra de maguey en la resistencia a compresión del concreto de  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$  y se tuvo como resultado a los 28 días de su máxima resistencia del ensayo, que al adicionar la fibra de maguey en las dosificaciones de 0.50% y 0.70% la resistencia a compresión incrementa en 3.25% ( $233\text{kg/cm}^2$ ) y 10.34% ( $249\text{kg/cm}^2$ ) respecto a la muestra patrón ( $225.67\text{kg/cm}^2$ ). Esto indica que sí hubo una mejoría en la resistencia a la compresión en los materiales con agregados de fibra de maíz, especificando las proporciones de 0.50% y 0.70%, esto concuerda con los resultados obtenidos por el colectivo en los cuales se logró apreciar de manera muy

similar una mejoría de 3% en unas de las muestras y llegando incluso a un porcentaje del 30% en la muestra más alta. En ambas se utilizó una proporción del 0.60% de fibra al igual que el hecho por el antecedente.

Es importante hacer notar que sólo se hicieron pruebas con 4 modelos por lo que es conveniente incrementar la cantidad de ladrillos de prueba y variar los porcentajes de fibra de maguey (entre 0.5 y 0.7% del peso total) para dar una conclusión más rotunda.

### Conclusiones

Se puede afirmar que la adición de fibra de maguey resulta útil para mejorar la resistencia de materiales de construcción, como el concreto. Se observó una diferencia de 3 y de 5 toneladas dando una mejora de 31% y de 3%, lo cual se atribuye a la fibra de maguey. Al ser hilos delgados hace que en el momento de vaciado no queden burbujas de aire o espacios vacíos.

Así mismo, las fibras mantienen unida la mezcla evitando fisuras, esto se evidenció al momento de hacer el ensayo de compresión, ya que se observó que ambos bloques sin fibra presentaron deformaciones más visibles, en comparación a los bloques con fibra.

Además, esto se corroboró con el cálculo de deformación última y de esfuerzo de compresión que la fibra de maguey aporta una mayor resistencia mecánica al concreto y ayuda a evitar espacios vacíos.

### Referencias

Arirama, (2023, 5 de noviembre). Hoy en ArquínétPolis te hablaremos acerca de la importancia de leer más. *Arquínétpolis*.

<https://arquinetpolis.com/construccion/tipos-de-agregados-para-concreto/>

Maldonado, Y. (2021, 25 octubre). *Cemento Portland: tipos, propiedades, componentes y usos*. GEOLOGIAWEB.

<https://geologiaweb.com/materiales/cemento-portland/>

- Materiales de construcción. (2023, 31 de julio). Lista de materiales de construcción para una casa. *Materiales de Construcción*. <https://materialesdeconstruccion.org/lista-de-materiales/>
- Tornero, I. (2023, 3 de marzo). Propiedades de los plásticos SYNTAC. *Sintac Recycling*. <https://sintac.es/cuales-son-las-propiedades-de-los-plasticos/>
- Cosquiere, R. (2023b, 16 de enero). *Cemento Portland*. BECOSAN®. <https://www.becosan.com/es/cemento-portland/>
- Zevallos Salvatierra, M. (2021). *Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en el distrito de Huancavelica, 2021* [tesis de licenciatura]. Universidad César Vallejo <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75792>

### How to cite this article

Alva Juárez, D. I., Arvizu González, C. E., Romo Sotelo, D. S., & Cortés Alférez, N. G. (2023). Diseño de un material de construcción alternativo comparado con opciones comerciales a través de ensayos mecánicos *Tsaloa - Revista Multidisciplinaria de Educación Media Superior*, 1, 6–16. <https://revistas-entorno.net/tsaloa/article/view/4>



Esta obra está bajo una

#### **Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

Usted es libre de compartir o adaptar el material en cualquier medio o formato bajo las condiciones siguientes: (a) debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios; (b) no puede utilizar el material para una finalidad comercial y (c) si remezcla, transforma o crea a partir del material, deberá difundir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original.

Resumen de la licencia

[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es\\_ES](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_ES)

Texto completo de la licencia

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>