

Cartilla constructiva: adobe reforzado con esterilla trenzada de guadua



Adobe reforzado con esterilla trenzada de guadua

Cartilla constructiva

Título original

Cartilla constructiva: adobe reforzado con esterilla de guadua

Autores

Ing. Luis Hernando Sierra Alarcón

Ing. PhD Patricia Luna Tamayo

Ing. PhD Caori Patricia Takeuchi

Ing. PhD Julián Carrillo León

Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá

Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola

Universidad Militar Nueva Granada

Centro de ingeniería en Materiales y Estructuras –
CIME

Diagramación e ilustraciones

D.I Monica Natalia Umbarila Gutierrez

Bogotá D.C – Colombia

2024

*Esta cartilla ha sido publicada gracias a la Fundación
Confiar, el Premio Jorge Bernal 2023.*



*Agradecimiento a la Fundación Confiar, al Premio Jorge
Bernal y a la Universidad Nacional de Colombia.*

Contenido

01

Introducción

02

Materiales

Adobe
Guadua

03

Proceso constructivo

Construcción muros de adobe
Construcción de esterilla trenzada de guadua

04

¿Cómo funciona?

Resultados de la investigación

Introducción

En varias regiones de Colombia se encuentran edificaciones construidas con materiales locales de fácil acceso que disminuyen los costos en el proceso de construcción, tales como la tapia pisada, el adobe y el bahareque.

Estos métodos de construcción, a pesar de ser una opción viable para viviendas rurales, no son estructuralmente

seguros en países con alta amenaza sísmica como Colombia, puesto que estos sistemas no resisten las fuerzas que se originan durante un terremoto.

La presente cartilla constructiva describe una solución a esta problemática en la construcción con adobe, la cual consiste en adicionar un refuerzo con esterilla trenzada de guadua. Este tipo de refuerzo es de fácil acceso y bajo costo para la construcción de viviendas rurales.

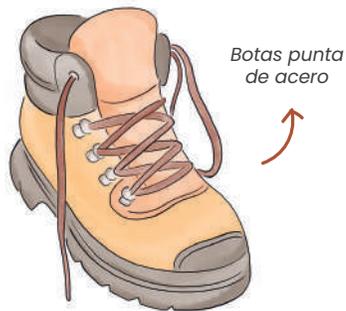


Fig. 1

Materiales

A continuación, se describen brevemente los materiales que son necesarios tanto para la construcción de viviendas en adobe, como para la elaboración de los refuerzos de guadua trenzada.

Antes de empezar a describir los materiales, es importante sugerir ciertas herramientas (*tanto de trabajo como de protección*) para facilitar el trabajo. El uso de estos implementos es completamente voluntario y, por tanto, es correcto considerar que otras herramientas servirán para hacer el trabajo.



La guadua tiene astillas que pueden enterrarse profundamente, es mejor usar guantes

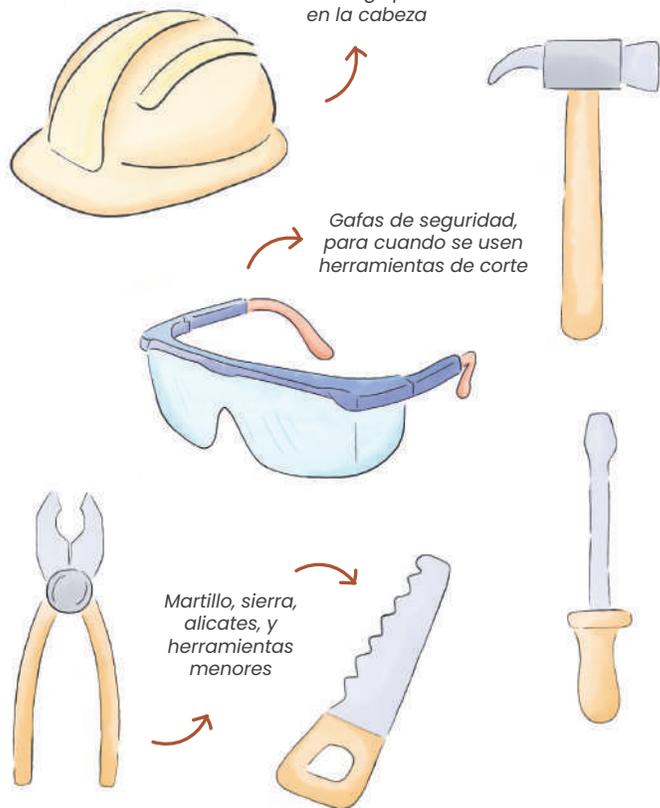


Fig. 2

Adobe

El adobe es un tipo de ladrillo no cocido, el cual se obtiene mediante la mezcla de diferentes materiales térreos y fibras. El adobe fue y aún es usado en la construcción de edificaciones de un piso en zonas rurales colombianas. La forma del ladrillo se obtiene mediante el secado al sol en molde.

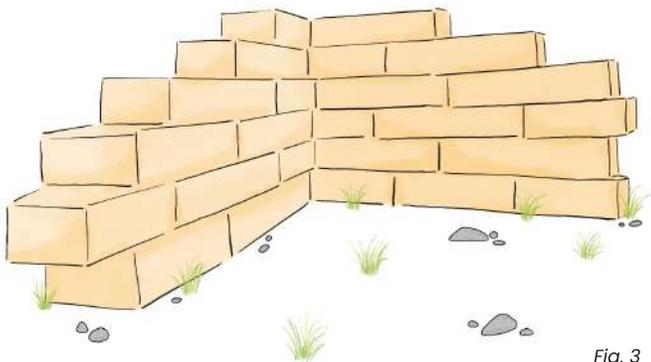
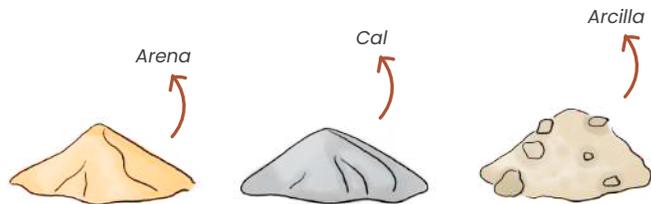


Fig. 3

1. Selección de materiales térreos



Es importante verificar que dentro de estos materiales no haya restos de pasto u otros materiales orgánicos. Opcionalmente pueden agregarse trozos de paja seca.

2. Mezcla

La mezcla puede realizarse con ayuda de un trompo, o manualmente en el suelo, combinando poco a poco los materiales con una pala mientras se agrega agua.



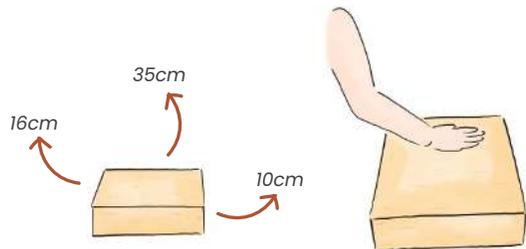
Fig. 4

3. Contenido de humedad



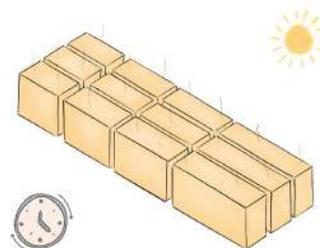
Para verificar la consistencia adecuada de la mezcla con la cual se harán las unidades de adobe se debe tomar una pequeña muestra en las manos, hacer rollitos en una superficie plana y seca hasta que éste se parta cuando alcance los 3 mm de diámetro; si el rollito se parte antes, indica falta de agua, si no se parte y se hacen rollitos muy delgados, indica exceso de agua.

4. Elaboración de unidades de adobe



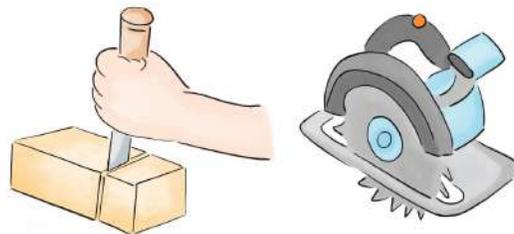
Se recomienda que las dimensiones del ladrillo sean de 16 cm x 35 cm x 10 cm. Es necesaria la elaboración de moldes con madera o metal que tengan estas medidas.

5. Secado al sol



A pesar de que los ladrillos de adobe no requiere cocción, sí es necesario realizar un secado. Esto se hace dejando secar los ladrillos de 24 a 48 horas en un ambiente adecuado y alejado del suelo y humedad. Posteriormente, los ladrillos pueden desmoldarse de manera inmediata.

6. Cortado opcional



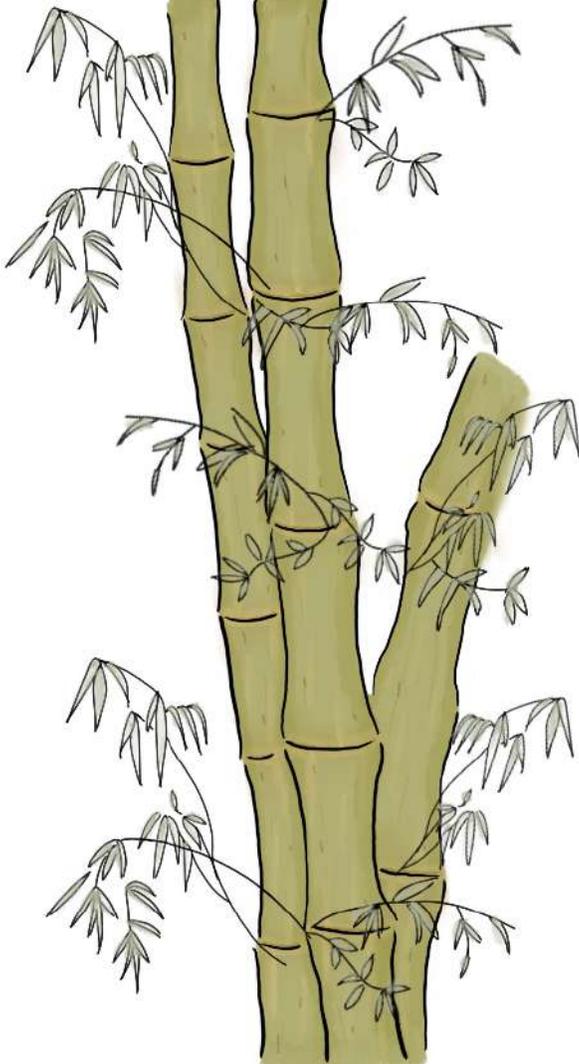
Si se desea que el acabado del ladrillo sea más fino, pueden afilarse las paredes con ayuda de un martillo y cincel, o de una cortadora especial de ladrillos.

Guadua

La guadua es una planta de la familia del bambú que posee excelentes cualidades físicas y mecánicas adecuadas para la construcción, gracias a que posee gran cantidad de fibras. Por su resistencia y flexibilidad, es conocida como *“acero vegetal”*.

Es considerablemente más ligera que materiales convencionales como el acero o el concreto, su resistencia y velocidad de crecimiento supera a las de la madera.

Tiene una versatilidad única puesto que puede ser usada en su forma natural como un elemento de sección circular, o puede ser cortada en tiras con las que pueden hacerse mallas de esterilla, o prensadas como un elemento laminado.



1. Selección de guadua

La selección de los elementos de guadua debe realizarse teniendo en cuenta las características que se explican a continuación:

1.1. Diámetro externo

El grosor es una característica importante en el proceso de selección, ya que el grosor de la pared es aproximadamente igual al 10% del grosor externo de la guadua. Por ejemplo, un grosor externo de 12 cm sugiere un grosor de pared de aproximadamente 1.2 cm.

Cuando se desean obtener tiras de 3 a 4 mm de espesor, se recomienda seleccionar guaduas con un grosor externo entre 11 y 13 cm.

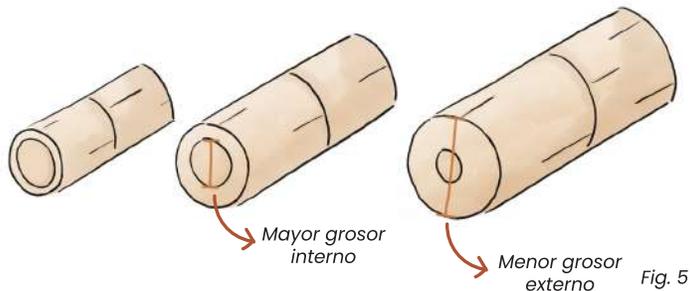


Fig. 5

1.2 Curvatura

Gracias a su flexibilidad, la guadua se curva al alcanzar grandes longitudes. Sin embargo, es suficiente con asegurarse que el elemento no esté exageradamente curvado, ya que la técnica propone el uso de tramos pequeños y en trozos.

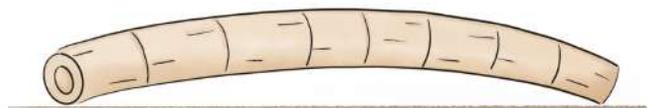


Fig. 6

1.3. Longitud

La guadua crece de forma cónica, teniendo más diámetro en su base, y adelgazándose a medida que su longitud aumenta. Se deben escoger las guaduas que no sean tan cónicas.

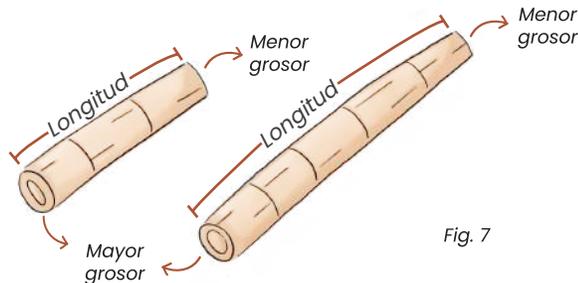
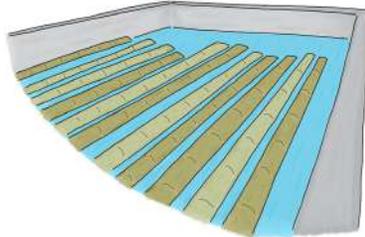


Fig. 7

1.4. Inmunizado

La guadua es un material que después de cortado, conserva durante algún tiempo ciertos nutrientes que atraen insectos y plagas. Para evitar que la guadua termine con huecos por el ataque de estos animales es necesario realizar un proceso de inmunizado con sales de bórax. Este proceso puede realizarse mediante la inyección en cada culmo, o sumergiendo la guadua en un baño.

Usualmente este proceso lo realiza quien suministre la guadua, o en el caso que sea un aprovechamiento personal, puede revisarse la manera correcta de hacer este procedimiento siguiendo la norma técnica colombiana *NTC 5301:2018 Preservación y secado del culmo de guadua angustifolia kunth*.



Proceso constructivo

En esta sección se describe detalladamente el proceso de construcción tanto de los muros de adobe, como de los refuerzos en esterilla de guadua.

Muros de adobe

El proceso de construcción de los muros de adobe no es muy diferente al de la construcción con ladrillos convencionales. Es importante tener cuidado y nivelar correctamente los ladrillos y dosificar de manera adecuada la cantidad de mezcla que debe aplicarse.

Sin embargo, dado que el ladrillo de adobe es más frágil que los ladrillos convencionales por no ser un material cocido, se deben considerar ciertas precauciones durante su construcción para asegurar su estabilidad.

1. Espesor

1.1 Espesor sencillo

Un muro de espesor sencillo como el que se muestra en la figura 9, se refiere a que únicamente se usa un ladrillo a su ancho, y se van colocando ladrillos encima de este primer ladrillo.

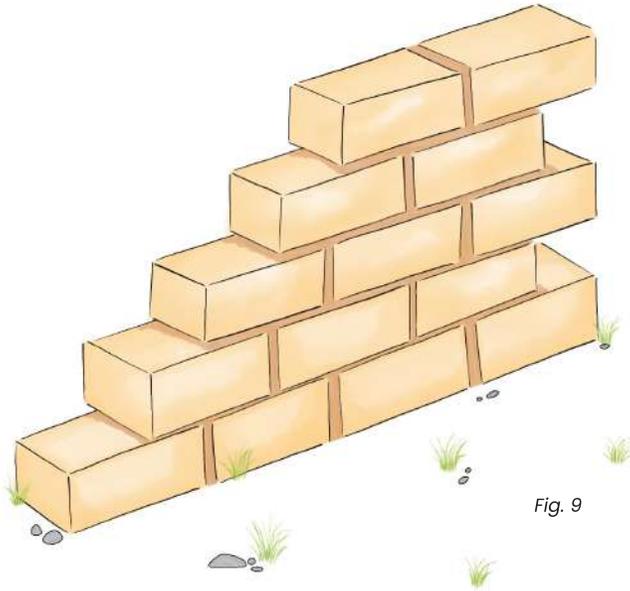


Fig. 9

a. Primera hilera

La primera hilera debe colocarse como en la figura 10, primero colocando un poco de la mezcla de pega en la parte inferior, y luego ubicando uno a uno los ladrillos, entre ladrillo y ladrillo también debe ir material de pega.

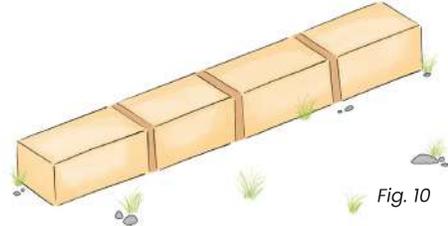


Fig. 10

b. Segunda hilera

La segunda hilera debe colocarse encima de la primera pero de una manera intercalada, tal como se muestra en la figura 11. Al igual que en la primera hilera, debe ponerse material de pega debajo y entre los ladrillos.

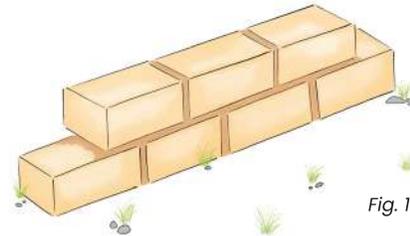


Fig. 11

1.2 Espesor doble

Un muro de espesor doble como el que se muestra en la figura 12 requiere más material y termina siendo más pesado y con un mayor grosor. Sin embargo, puede ser una buena solución para hacer el muro más estable.

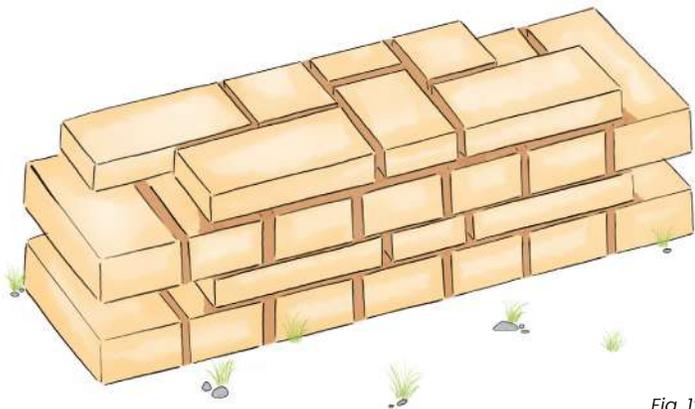


Fig. 12

a. Primera hilera

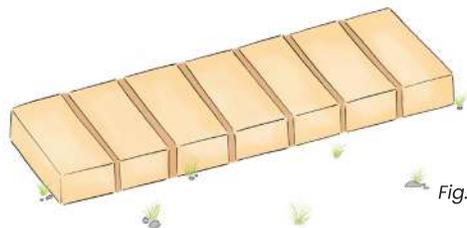


Fig. 13

La primera hilera debe colocarse tal como se muestra en la figura 13, juntando entre sí los lados más largos del ladrillo de adobe.

b. Segunda hilera

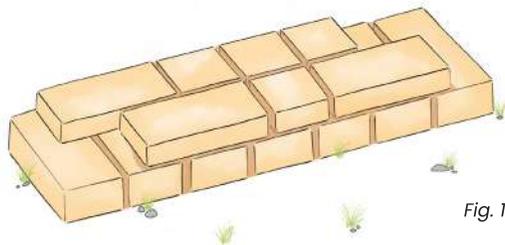
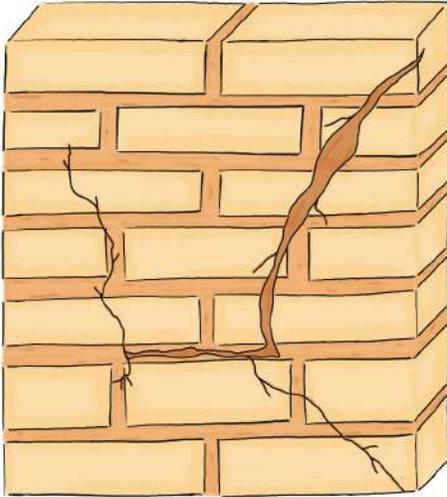


Fig. 14

La segunda hilera debe colocarse de manera intercalada, tal como se muestra en la figura 14, y se deben usar ladrillos completos y medios ladrillos, para que las juntas no formen un punto débil en el muro.

Recomendaciones

En este tipo de construcciones, las partes más débiles son las juntas, Por tanto, es importante hacer un escalonado entre los ladrillos para que no se prolonguen las debilidades y se presenten fallas como las mostradas a continuación:



Mojar el ladrillo de adobe con agua antes de ubicarlo en el muro, ayudará a que la pega con los otros ladrillos sea más efectiva.

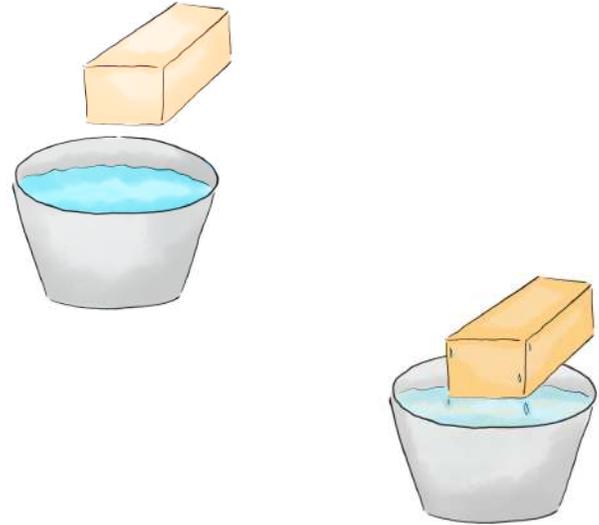
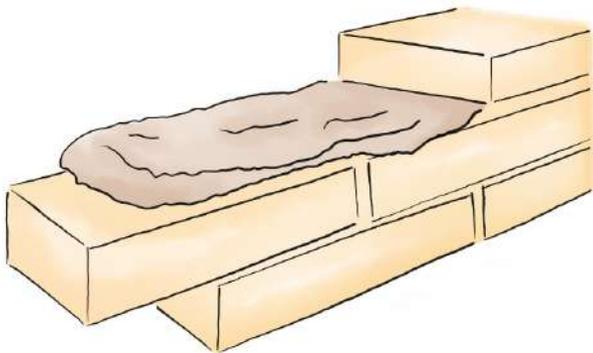


Fig. 16

2. Material de pega



El material de pega es el mismo material del adobe, inclusive pueden usarse ladrillos de adobe desechados o que se hayan dañado en el proceso constructivo y puede agregarse un poco más de cal para que se mejore la adherencia.

3. Anclaje al suelo

Un método común para anclar la estructura al suelo es hacerle una pequeña cama en piedra, tal como se muestra en la figura 18, dejando algunas varillas sobresaliendo de la estructura.

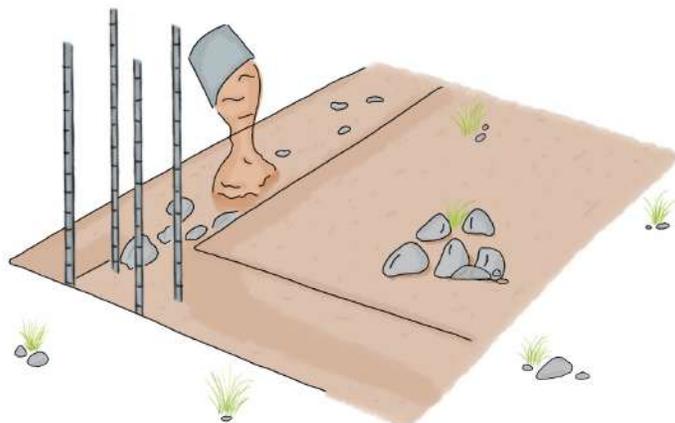


Fig. 18

Esterilla trenzada de guadua

1. Corte de varas

El largo del corte de las varas depende de las longitudes del muro, por ejemplo, si un muro tiene 2.0 metros de largo y 2.5 metros de ancho, deben cortarse varas tanto de 2.0 metros, como de 2.5 metros.

a. Manual

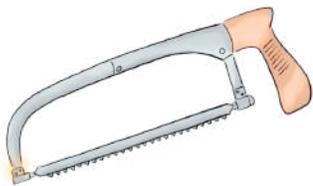
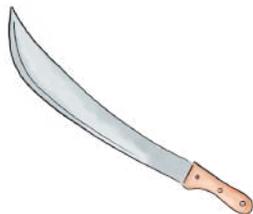


Fig. 19



Cualquiera de los cortes de las varas de guadua puede realizarse con machete, segueta o serrucho. Se recomienda el uso de guantes no sólo para evitar cortes, sino también para evitar heridas con las astillas de la guadua.

b. Mecánico

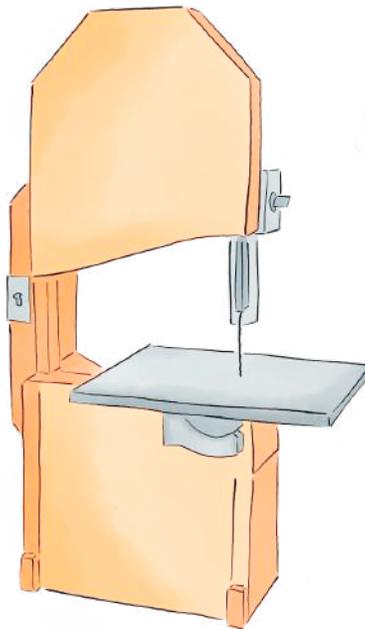
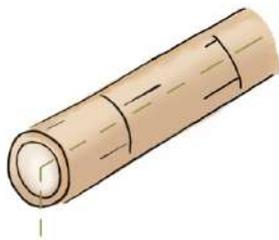


Fig. 20

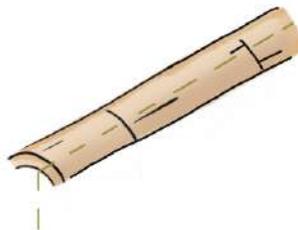
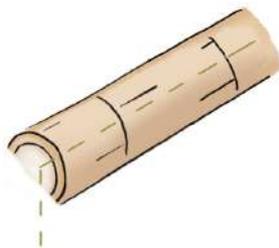
También es posible hacer uso de herramientas mecánicas según su disponibilidad en la comunidad, tales como, sierras manuales, discos de corte y sierras sin fin. No es recomendable usar guantes con herramientas rotatorias.

2. Longitudinal

El corte longitudinal de las varas que ya han sido cortadas debe ser realizado por mitades, primero se cortará el círculo entero de la guadua por la mitad.



Este corte dará como resultado medio círculo de guadua, y nuevamente debe realizarse un corte longitudinal.



Por último, el corte anterior generará medialunas de guadua, que representan un cuarto del círculo. Una vez más debe realizarse un corte longitudinal, terminando con una tira de un octavo del círculo de la guadua.

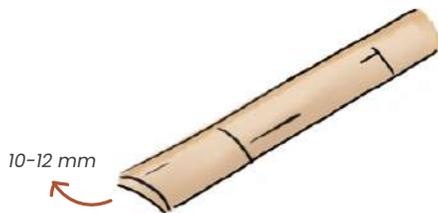


Fig. 21

3. Transversal

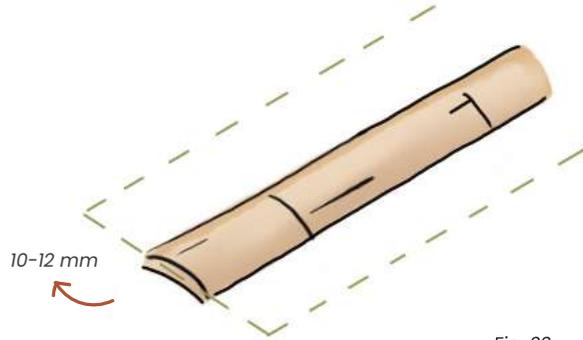


Fig. 22

Los cortes transversales son un poco más complicados, y es recomendable usar una sierra sin fin para el proceso. La idea es tomar la tira de guadua obtenida en el paso anterior (*que tendrá un grosor entre 10-12 mm aproximadamente*), y dividirlo en 2 o 3 tiras más delgadas. En las figuras 23 y 24 se muestran los métodos manual y mecánico, respectivamente

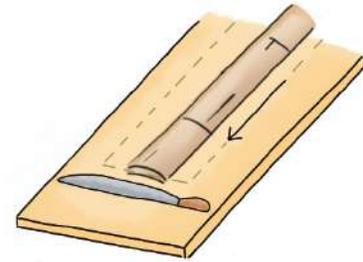
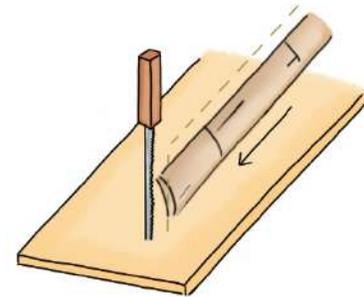


Fig. 23

Con el método manual, puede usarse un machete contra una mesa, separado unos cuantos milímetros de la superficie y halar la guadua.



Con el método mecánico, puede usarse una sierra sin fin, para sacar tiras del grosor requerido.

4. Trenzado

Las tiras delgadas de guadua deben quedar como en la figura 25. Es ideal que las tiras sean delgadas para facilitar el proceso de trenzado.

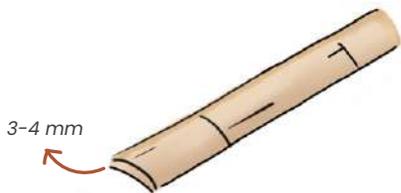
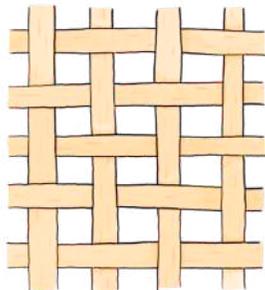
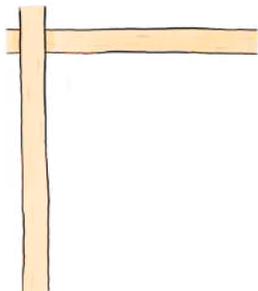


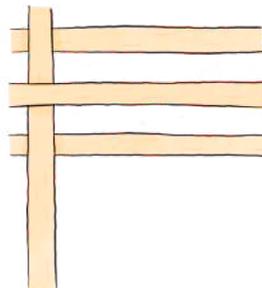
Fig. 25



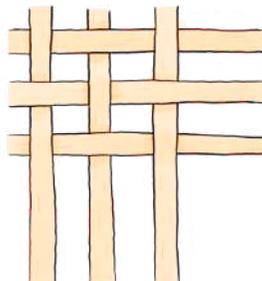
El trenzado debe realizarse ubicando una tira en posición vertical, y luego colocando una tira horizontal por encima de ella.



La siguiente tira vertical debe ir por encima de la tira horizontal que se ubicó en el paso anterior, y la siguiente a ella debe ir por debajo, formando así un trenzado.



La siguiente tira horizontal debe seguir la misma secuencia. Si en la primera tira vertical estaba ubicada por encima, en la segunda debe estar ubicada por debajo, y así sucesivamente.



Una vez se termine el trenzado, se deben sujetar los nudos con algún elemento flexible, por ejemplo, hilo de cáñamo, cabuya, alambre plástico o similares, esto le brinda más de rigidez a la malla de guadua.

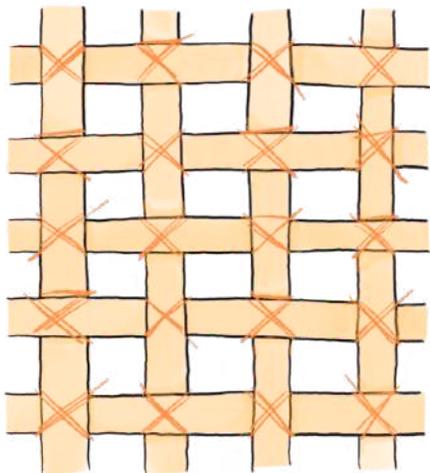
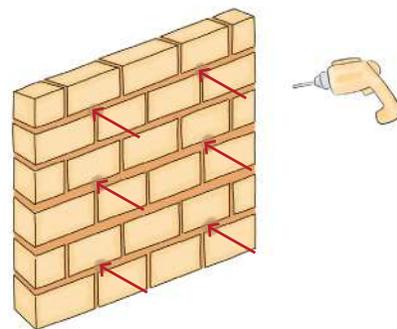
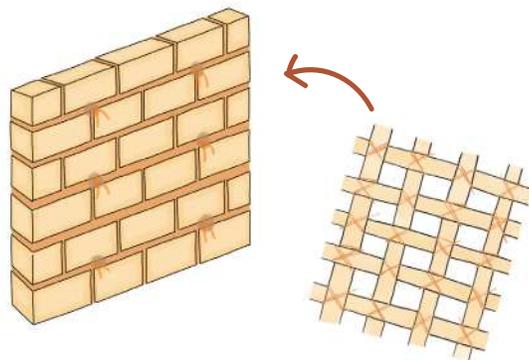


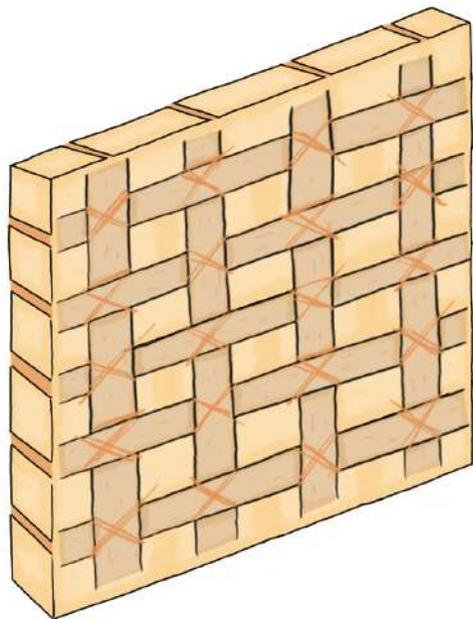
Fig. 24

Para sujetar la malla al muro, ésta se debe perforar con la broca más delgada que se disponga para no quebrar el muro.



Una vez hechas las perforaciones, se atraviesa el hilo de cáñamo, cabuya, alambre plástico o similares. Este hilo servirá para amarrar las mallas de cada lado del muro.

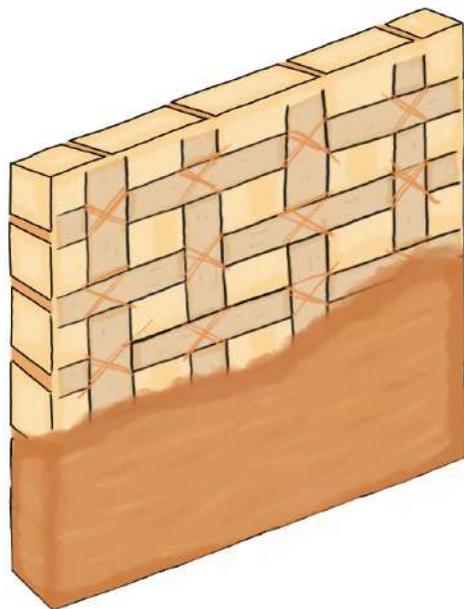




Es importante sujetar la malla en varios puntos, para que la adherencia al muro sea mayor y así conseguir un refuerzo más efectivo. Sin embargo, también es importante no hacer demasiadas perforaciones para no poner en riesgo la resistencia del mismo.

Producto final

Una vez asegurada la malla es necesario pañetar el muro con la misma mezcla con la que fue construido. La malla ayudará a que el pañete se quede en su lugar. Este es el último paso para construir los muros en adobe reforzado con esterilla de guadua.



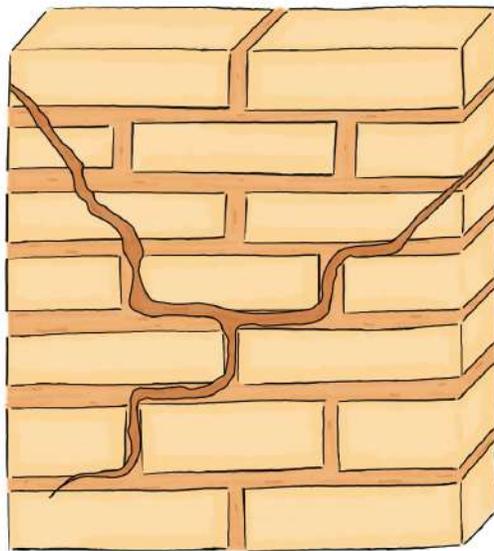
¿Cómo funciona?

Las viviendas construidas con adobe han demostrado que por sí solas no logran resistir de manera adecuada los movimientos laterales que generan los sismos.

La guadua por ser un material flexible y resistente puede proveer las características necesarias para dotar estas construcciones rurales con el desempeño requerido para mejorar la seguridad a la vida de los ocupantes.

En el marco del Premio Jorge Bernal para jóvenes investigadores, fue analizada una metodología diferente a los métodos de refuerzo convencionales (*encofrados en madera, mallas de acero y estructuras nervadas, entre otros*), para poder solventar el problema estructural de las viviendas de adobe.

La guadua como material de refuerzo es una alternativa eficaz, liviana, de bajo coste, sostenible y localmente presente en el contexto de las comunidades rurales.



Resultados investigación

Para la investigación fueron construidos 24 especímenes de muretes en adobe, que posteriormente y bajo tres casos específicos de construcción (*sin refuerzo*, *con refuerzo*, y *con refuerzo pañetado*) se ensayaron en los laboratorios de estructuras de la Universidad Nacional de Colombia. Estas pruebas sometieron los muros a cargas de compresión y de tensión diagonal arrojando resultados favorables al uso de esta técnica constructiva.

Los muretes reforzados y pañetados lograron deformarse hasta un **25%** más en los ensayos de compresión, y hasta un **33%** más en los ensayos de tensión. De manera similar la resistencia en este último ensayo aumentó en **324%**.

Es sumamente importante que en el contexto actual de postconflicto y teniendo en cuenta la realidad rural del país, se propongan soluciones y metodologías de construcción en vivienda que además de ser más económicas y ambientalmente más amigables, puedan mejorar la seguridad a sus habitantes.

*Si hay un interés en obtener una comprensión más completa y detallada de estos resultados, puede ser consultado el artículo Sierra, L., Takeuchi, C., & Luna, P. (2024). *Aumento de la resistencia y ductilidad del Adobe mediante la esterilla trenzada de Guadua*. Manuscrito no publicado.

