

# Manual para la construcción sustentable con bambú



Transferencia de tecnología es... una alternativa sustentable para *edificar mejor*

**GOBIERNO  
FEDERAL**

**SEMARNAT**



**Vivir Mejor**

**Manual para la construcción sustentable  
con bambú**

## **Comisión Nacional Forestal**

Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico

Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología

Periférico Pte. #5360

Colonia San Juan de Ocotán

Zapopan, Jalisco C.P. 45019

Tel: 01 800 73 70000 y (33) 37 77 70 17

[www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)

[tt@conafor.gob.mx](mailto:tt@conafor.gob.mx)

Proyecto apoyado por el Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR (CONAFOR-2002-CO1-5670)

Caracterización Tecnológica de las Especies Mexicanas de Guadua (Poaceae: Bambusoideae) y sus Aplicaciones en la Construcción

### **Autores**

M. I. Víctor Rubén Ordóñez Candelaria.

Dra. Ma. Teresa Mejía Saulés.

Dra. Guadalupe M. Bárcenas Pazos.

Instituto de Ecología A.C. (INECOL).

El presente material de divulgación es resultado de un proyecto de desarrollo tecnológico financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal CONACYT-CONAFOR, realizado en conjunto con el Instituto de Ecología, A.C.

Tiene la finalidad de dar a conocer las características e importancia de algunas especies de bambúes mexicanos y generar una herramienta que facilite su uso como material de construcción, ya que se caracteriza por tener cualidades físicas y mecánicas adecuadas, además de que es un recurso natural abundante, de bajo costo y fácil manejo en algunas regiones forestales del país. Este manual entrega información adecuada para que arquitectos e ingenieros puedan realizar uniones con bambú, como base de la construcción de inmuebles.

Para mayor información sobre otros paquetes de transferencia de tecnología y proyectos del Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR:

[www.conafor.gob.mx/biblioteca-forestal](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca-forestal)

[www.conafor.gob.mx/conacyt-conafor/](http://www.conafor.gob.mx/conacyt-conafor/)

# ÍNDICE

<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>¿Qué es el bambú?</b>	<b>8</b>
Bambúes nativos de México	8
Importancia económica y usos de la especie en México	10
Descripción de las estructuras vegetativas y florales	11
Floración y propagación	12
Las guaduas mexicanas	15
<b>Sistema de secado, protección y preservación del bambú</b>	<b>24</b>
Importancia del secado	25
Métodos de secado	25
Agentes de deterioro	29
Sustancias y métodos de preservación	30
<b>Uniones para la construcción</b>	<b>41</b>
Teoría de uniones	41
Problemas internos	42
Problemas externos	42
Uniones en cimentación	55
Uniones con amarres	46
Uniones con pasadores	48
Uniones con centro de madera	51
Uniones en estructuras espaciales	53
Uniones combinadas	54

Uniones reforzadas con mortero o uniones metálicas	56
Uniones con tiras de acero y pasadores	57
<b>Construcciones con bambú</b>	<b>58</b>
Ventajas del bambú como material de construcción	58
Desventajas del bambú como material de construcción	60
Trabajos preliminares	61
Construcción	62
Tipos de cimentación	65
Pisos	71
Muros	74
Cubiertas y techos	79
Armaduras ligeras	84
Estructuras sobre los muros extremos	85
<b>Glosario</b>	<b>89</b>
<b>Literatura consultada</b>	<b>94</b>

## Introducción

El bambú es una de las plantas más sorprendentes de la naturaleza, se conoce como “la planta mil usos” pues a partir de él se pueden obtener: alimento, ropa, material para construcción, celulosa para papel y medicinas; igual que otras plantas, protege el suelo y captura bióxido de carbono. Pertenece a la familia de las gramíneas, igual que los cereales (avena, maíz, trigo y arroz), los forrajes, la caña de azúcar y otros pastos. Su altura varía desde unos pocos centímetros –como en el género *Radiella*– hasta 40 m en el caso de especies gigantes –como *Dendrocalamus giganteus*– y algunas de éstas llegan a crecer hasta 100 cm por día, como *Guadua angustifolia* que completa su crecimiento total de 20 m en menos de cinco meses. Puede ser más resistente en tensión y en compresión que algunas maderas; las fibras de un haz de vasos pueden llegar a resistir hasta 12,000 kg/cm<sup>2</sup> en tensión a lo largo de su tallo, sin embargo se cortan transversalmente con relativa facilidad.

Hasta hace pocos años se consideraba a Asia como la cuna de la utilización del bambú, pero investigaciones arqueológicas recientes demuestran que en Argentina, Ecuador y Colombia ya se usaba desde el Plioceno temprano y ha sido utilizado ampliamente durante el desarrollo humano. Sin embargo, principalmente en China es donde ha alcanzado gran importancia; pues ahí se ha podido combinar la producción artesanal con los procesos industriales, que incluyen la producción de alimentos, laminados, aglomerados, refrescos, papel, carbón y mobiliario, entre otros productos. En el mundo se han registrado cerca de 1,048 usos diferentes para el bambú.

En México, el bambú se aprovecha principalmente en las zonas rurales, donde se tiene a la mano este recurso. Ahí es útil en la construcción de viviendas y cobertizos, además se usa para elaborar artesanías, cestería, muebles y utensilios.

Aunque se tiene información sobre las características botánicas de los bambúes, todavía se requieren estudios sobre su propagación, conservación, usos actuales y potenciales, germinación, insectos asociados, botánica económica, taxonomía, construcción y captura de CO<sub>2</sub> para aprovechar completamente la especie.

Como una contribución al conocimiento florístico de nuestro país, en el Jardín Botánico “Francisco Javier Clavijero” del Instituto de Ecología, A. C. en Xalapa, Veracruz, con colaboraciones interinstitucionales e internacionales, se está formando la colección de bambúes nativos de México, la primera colección de este tipo en América Latina, un prototipo para que otros países formen sus propias colecciones.

## ¿Qué es el bambú?

Los bambúes son plantas de la familia de las gramíneas (Poaceae). Algunos son herbáceos y otros leñosos, que desarrollan varios culmos (cañas o tallos) al año, con alturas que van de 1 hasta 60 m de altura y un diámetro de hasta 30 cm cerca de la base. Casi todos son erectos, aunque algunas especies tienen tallos flexionados en las puntas, unos crecen en forma aglutinada, formando espesuras impenetrables y otros en forma lineal. En el planeta existen 1,200 especies y 90 géneros de bambú, distribuidas en los cinco continentes, se asocian principalmente en áreas tropicales y subtropicales, solamente en Europa no existen especies nativas. Los diferentes tipos de bambú se agrupan en cuatro géneros principales: *Arundinaria*, *Bambusa*, *Phyllostachy* y *Sasa*, la mayoría tienen hojas perennes.

En América se tienen identificadas 345 especies, distribuidas desde el sur de Estados Unidos, pasando por México, a lo largo y ancho de Centroamérica, en las Islas del Caribe y en América del Sur hasta el sur de Chile.

## Bambúes nativos de México

En México se han registrado 36 especies de bambúes leñosos y cuatro especies de bambúes herbáceos, por lo que se considera como un país de “moderada diversidad”. Estas especies se distribuyen, principalmente en los estados de clima tropical como Veracruz, Chiapas y Oaxaca -que tienen el mayor número de especies - Tamaulipas, Michoacán, Colima, por mencionar algunos. Podemos encontrar bambúes desde el nivel del mar hasta altitudes de más de 4,000 m.



Figura 1. Distribución de especies.

De las especies de bambúes que crecen en México sobresalen las llamadas comúnmente guaduas, cañizo y caña brava, representados en México por el género *Guadua*, con cinco especies nativas: *G. aculeata*, *G. amplexifolia*, *G. longifolia*, *G. paniculata* y *G. velutina*. Estas especies se distribuyen principalmente en la zona central del país y en zonas cálidas, encontrándose naturalmente en selvas húmedas, a orillas de ríos y arroyos. Su uso principal ha sido en la construcción de viviendas rurales, paredes, alfajías, puertas y ventanas, entre otras. La más importante es *G. aculeata*, con ejemplares o culmos más grandes y frondosos que llegan a tener 25 m de altura y 25 cm de diámetro. La presencia de espinas en los nudos de los tallos y las ramas es una característica para distinguir las especies de *Guadua* de otros bambúes nativos.

El género *Otatea* con dos especies, es el bambú leñoso nativo de México más abundante en cuanto a sus poblaciones; ocupa grandes superficies en donde frecuentemente es la única planta que crece. *O. acuminata* es la especie más utilizada por las poblaciones rurales de México, pues con sus tallos se construye el bahareque (mezcla de sus tallos con lodo y zacate) que se utiliza para construir paredes de viviendas tradicionales, principalmente en los estados de Jalisco y Veracruz.

## Importancia económica y usos de la especie en México

En México el bambú se utiliza en la construcción de viviendas rurales, en la elaboración de artesanías, muebles y accesorios de hogar, también con fines medicinales y ornamentales. Su uso tradicionalmente se ha restringido a la zona o región donde crece y está disponible naturalmente.

Los bambúes han probado ser útiles para el hombre por las siguientes características:

- Por sus propiedades mecánicas, principalmente flexibilidad y resistencia en flexión, es muy utilizado en la elaboración de muebles, instrumentos musicales, herramientas, utensilios para pesca y recolección de frutas.
- Por su resistencia y el diámetro de los culmos o cañas se emplea en la construcción de viviendas y de embarcaciones.
- Por sus propiedades químicas son útiles para elaborar productos alimenticios y medicamentos, también para fabricar papel y otros productos industriales, y recientemente hasta para generar electricidad.

En lo relativo a su propagación como planta, presenta las siguientes ventajas:

- Los nuevos brotes crecen muy rápido y llegan a alcanzar su máxima altura en pocos meses, y la planta completa madura en pocos años.
- Los culmos se producen asexualmente en abundancia año tras año, por lo que no hay necesidad de replantar.
- Su fuerte rizoma se va extendiendo rápidamente sobre el suelo donde se desarrolla, ayudando a proteger el suelo de la erosión.

## Descripción de las estructuras vegetativas y florales

Las guaduas, al igual que los otros bambúes presentan un tallo o culmo – también llamado caña– y se diferencian por presentar rizomas y ramas. Las raíces son fibrosas, cilíndricas y delgadas, y su diámetro no se incrementa con la edad. Las raíces generalmente brotan de los nudos de los tallos subterráneos y/o nudos de los culmos que se encuentran bajo tierra.

Los rizomas son tallos subterráneos, que tienen la función principal de almacenar nutrientes para distribuirlos a toda la planta y son la parte básica para la propagación vegetativa de los bambúes. Las guaduas por su forma de ramificación presentan rizomas cortos y gruesos a partir de los cuales se originan nuevas plantas.

Los culmos o tallos son estructuras cilíndricas y huecas. En cada nudo se forman las ramas, las cuales son importantes para la identificación de las diferentes especies.

Una característica de las gramíneas y por lo tanto de los bambúes son las vainas, estructuras que cubren y protegen a los tallos subterráneos y al culmo, también hay vainas que protegen las ramas. Las vainas son de gran utilidad en la identificación de las especies de bambúes.

La inflorescencia está formada de espiguillas que presentan una o más flores cubiertas por brácteas que protegen al fruto y semilla. En general, la inflorescencia de los bambúes es verde, gris o amarilla cuando está madura; estos colores no llaman la atención, por lo cual la inflorescencia pasa desapercibida o se puede confundir con el color verde del follaje.



Figura 2. Estructuras vegetativas.

## Floración y propagación

La floración de las guaduas es uno de los fenómenos misteriosos del bambú, pues se presenta en periodos muy largos, llegando a ser hasta de 120 años, dependiendo del ciclo de vida de la especie. En algunos casos se presenta una sola vez, después de lo cual la planta muere. Como es raro contar con la inflorescencia y flores para identificar las especies de bambúes, se utilizan características vegetativas como el tipo de rizoma, las dimensiones y forma de sus hojas, la forma y disposición de sus yemas, el número de ramas que emergen de cada nudo del culmo y algunas otras (Figura 2).

Como es raro obtener semillas, los bambúes se propagan vegetativamente por medio de los rizomas. Para la propagación de las guaduas, varios autores sudamericanos han trabajado en la propagación de *Guadua angustifolia*, la

cual es una especie que ha sido introducida en la mayor parte de América, porque el diámetro de su culmos puede llegar a más de 20 cm y es útil en la construcción de casas.

En México estamos empezando a probar diferentes técnicas de propagación y actualmente sólo contamos con una técnica apropiada para la propagación vegetativa de *Rhipidocladum racemiflorum*, comúnmente conocido como chiquián.

Algunas técnicas que podrían ser utilizadas para propagar las guaduas mexicanas son:

- Por medio de brotes basales o chusquines que emergen del rizoma, del cual se pueden desarrollar entre siete y diez nuevas plantas en unos cuatro meses.
- Por sección del tallo, en la cual se utilizan culmos maduros (de unos 8 cm de diámetro), de los que se cortan secciones con dos o más nudos y se siembran en forma horizontal o vertical. Con este método se obtiene entre el 50% y el 80% de prendimiento.
- Por riendas, utilizando ramas jóvenes con una o más yemas, las ramas se cortan en trozos de 15 cm de longitud y se plantan en bolsa.



Figura 3. *Guadua aculeata*.

## **Guaduas mexicanas**

### ***Guadua aculeata***

#### **Nombres comunes**

Bambú, caña otate, tarro, jimba, tarro, matlok, tshahib chahib y tzajib.

#### **Características**

Bambúes que forman macollos abiertos, culmos o cañas de 10 a 15 m de longitud, aunque a veces se pueden encontrar hasta de 20 m, con un diámetro de 10 a 15 cm. Los culmos o cañas son erectos, muy arqueados en la punta o parte superior.

#### **Distribución natural de la especie**

Se encuentra desde México hasta Nicaragua. En nuestro país se ha registrado su presencia en los estados de Puebla, Tamaulipas y Veracruz.

#### **Hábitat**

Es un bambú grande y espinoso, crece desde el nivel de mar hasta los 800m en selvas altas y medianas, así como en cultivos o potreros cerca de estas selvas. Se presenta en suelo arcilloso-arenoso y bien drenado.

#### **Floración**

Florece mejor en tierras bajas, húmedas y ricas en materia orgánica. Su floración se ha registrado en Veracruz y Puebla.

#### **Usos**

Es una de las más utilizadas en México por las comunidades rurales, es un material fuerte, resistente y duradero, para la construcción de habitaciones para paredes o como alfajías para los techos. También se emplea para hacer hilo para tejer escaleras, cimbras de construcción, como cercas vivas y en la herbolaria mexicana como medicamento para curar heridas.



Figura 4. *Guadua amplexifolia*.

## ***Guadua amplexifolia***

### **Nombre común**

Bambú otate.

### **Características**

Bambúes que forman grandes macollos, de 10 a 20 m de longitud y de 5 cm de diámetro en la base, sus culmos o cañas son erectos con pelos blanquecinos.

### **Distribución natural de la especie**

En México, Colombia y Venezuela a los 700 m de altitud. En México se ha registrado su presencia en los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

### **Hábitat**

Este bambú crece mejor en bosques de encino, entre 350 y 700 m de altitud. Se desarrolla muy bien a orilla de los ríos.

### **Usos**

Regionalmente esta especie se ha utilizado en la elaboración de muebles, por el diámetro de sus culmos o cañas, los artesanos lo utilizan para el soporte de los muebles (sillas, camas y alacenas, entre otros).



Figura 5. *Guadua longifolia*.

## ***Guadua longifolia***

### **Nombres comunes**

Caña brava, cañizo, otate, jimbilla, jimba, jimba espinuda, bambú espinudo, nulchahib, thiin tsab hib y quimixohtl-jimba.

### **Características**

Bambúes que alcanzan los 10 m de longitud, sus cañas están arqueadas en la parte superior y alcanzan en la madurez un diámetro de 4 a 6 cm.

### **Distribución natural de la especie**

Se ha registrado su presencia desde México hasta Honduras. En nuestro país en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz.

### **Hábitat**

Se desarrolla en selvas altas y medianas, cerca de los ríos o riachuelos, desde el nivel del mar hasta los 1,500 m de altitud.

### **Floración**

Con base en la información obtenida de las exploraciones botánicas se ha registrado la floración en Chajul, Chiapas y en Jicaltepec Veracruz.

### **Usos**

Se han registrado diversos usos regionales, sus renuevos o brotes son comestibles y con él se elaboran artesanías, desde las más sencillas, como son cañas de pescar y corrales, hasta utensilios del hogar y herramientas de trabajo. En la herbolaria mexicana se emplean en el tratamiento de afecciones del riñón; industrialmente se recomienda como una fuente importante de celulosa para la fabricación de papel. También juega un papel muy importante en la construcción de viviendas rurales para elaborar paredes, tapancos y techos.



Figura 6. *Guadua paniculada*.

## ***Guadua paniculada***

### **Nombre común**

Otate dulce.

### **Características**

Bambú que forma macollos muy densos de 10 a 20 culmos o cañas, de 5 a 10 m de longitud y de 2.5 cm de diámetro. Sus culmos son erectos y están ligeramente arqueados en la parte terminal. Cuando son jóvenes son de color verde y en la etapa adulta de color amarillo.

### **Distribución natural de la especie**

Se encuentra principalmente en Sudamérica. En México se ha registrado su presencia en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí y Veracruz.

### **Hábitat**

Lo podemos encontrar en bosques de pino y de encino, en barrancas o laderas húmedas, distribuyéndose entre los 150 y 1,500 m, en suelos arcillosos oscuros.

### **Floración**

No se ha observado su floración en fechas recientes.

### **Usos**

Como los culmos o cañas son de diámetros angostos, este bambú se utiliza localmente como palo de escobas o para mango de herramientas y en ocasiones como cerca viva.



Figura 7. *Guadua velutina*.

## ***Guadua velutina***

### **Nombres comunes**

Caña mansa y caña de otate.

### **Características**

Bambú que forma macollos de regular tamaño, los culmos son rectos y alcanzan de 3 a 5 m de longitud y de 5 a 10 cm de diámetro.

### **Distribución natural de la especie**

Se encuentra restringida a México, en los estados de Oaxaca, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz.

### **Hábitat**

Habita en la selva alta y vegetación riparia, en altitudes desde el nivel del mar hasta los 1,000 m.

### **Floración**

En las expediciones de campo se encontró una población en floración.

### **Usos**

Por el diámetro que alcanzan sus culmos o cañas, se ha utilizado regionalmente para la construcción de casas rurales.

## Sistemas de secado, protección y preservación del bambú

En esta sección se exponen los distintos métodos de secado del bambú para su aprovechamiento de manera óptima y eficiente.

La durabilidad natural del bambú depende de las condiciones climáticas y de su especie. El bambú tiene una resistencia baja comparada con la madera por la alta proporción de almidón y azúcares que contiene. Se ha observado que la parte inferior de los tallos o culmos se deteriora más rápidamente que el resto del tallo, y que la parte interior del culmo es menos resistente que la parte exterior.

Tabla 1. Durabilidad natural del bambú en diferentes condiciones.

CONDICIÓN	AÑOS
A la intemperie	1 - 3
Bajo cubierta	4 - 7
En circunstancias favorables	10 - 15
En el mar	Menos de 1

## **Importancia del secado**

El bambú contiene gran cantidad de agua en sus paredes, al cortarlo, es necesario extraerla antes de usarlo, para reducir su peso y distorsiones estando en uso, y sobre todo, a fin de reducir el deterioro por agentes biológicos como insectos y hongos.

El primer paso para preservar el bambú, es secarlo para reducir su contenido de humedad, y facilitar la penetración de los preservadores en las paredes del bambú.

Se recomienda secar el bambú hasta que alcance un contenido de humedad en equilibrio con las condiciones de humedad y temperatura promedio de lugar en que vaya a utilizarse, para disminuir pérdidas o ganancias de humedad, fenómeno que genera la contracciones o hinchamientos del bambú provocando deformaciones y rajaduras.

## **Métodos de secado**

El secado se puede acelerar manejando dos factores: temperatura y circulación de aire en el área de secado. La temperatura se eleva para convertir al agua en vapor, el cual es removido de la superficie del bambú por la velocidad del aire circundante, que se puede incrementar con la ayuda de un ventilador.

### **Secado natural**

Los culmos de bambú se apilan horizontalmente, bajo cubierta, protegidos del sol y de la lluvia, manteniendo espacio entre los bambúes, para que el aire circule entre los culmos. Dos meses serán suficientes para asegurar un buen secado.



Figura 8. Secado natural al aire libre.

### Secado artificial a fuego abierto

Sobre una cama de carbón encendido y a una distancia de aproximadamente 50 cm se colocan las piezas de bambú horizontalmente cuidando de girar continuamente los tallos con el fin de conseguir un secado uniforme. Con este método se puede acelerar el secado, su desventaja es que si no se tiene experiencia se puede quemar y rajar el bambú.

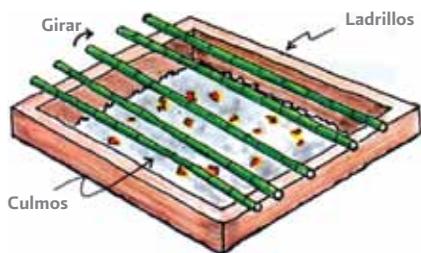


Figura 9. Secado a fuego abierto.

## Secado en estufa

Los culmos se colocan verticalmente en un horno sellado sobre una fuente de calor que puede ser una quema controlada de material o guadua secos, dura alrededor de tres semanas, trabajando día y noche.

Se debe hacer un buen manejo de aire y controlar la relación temperatura contra humedad en el interior del horno, para lograr un buen resultado. La guadua al terminar el proceso pierde entre 50% y 60% de su peso inicial, y se detectan rápidamente las fallas y grietas que pueden presentar en un futuro.

La mayor ventaja de este método es que el humo de la combustión se adhiere a las paredes del bambú, proporcionándole resistencia contra los insectos.

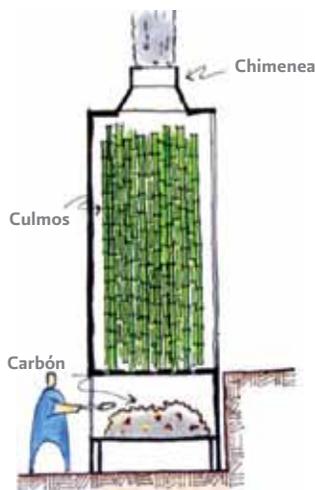


Figura 10. Secado a fuego directo con los culmos en posición vertical.

## Secado por estufa solar

Este método se realiza en una cámara especial y se basa en el aprovechamiento de la energía solar para calentar el aire que pasa a través del bambú. Se utilizan colectores solares, y el nivel de temperatura depende de las condiciones climáticas del sitio en que se esté secando. La velocidad del aire caliente se puede regular por medio de ventiladores y la humedad mediante ventanillas.

Este método es más rápido que el secado natural y disminuye el riesgo de grietas y rajaduras del secado en estufa, pues aquí los cambios de temperatura son menos drásticos.

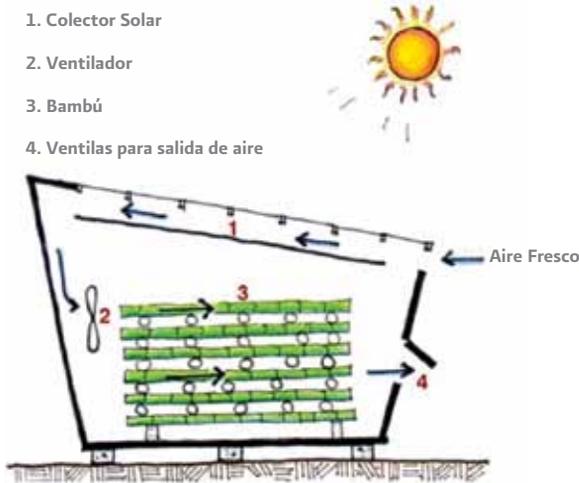


Figura 1.1. Secado en estufa solar.

## Agentes de deterioro

Como material orgánico, el bambú puede ser atacado por diferentes agentes degradadores, que afectan su resistencia mecánica y su calidad, reduciendo su durabilidad natural. Los principales agentes de deterioro son:

### Hongos y mohos manchadores

No afectan seriamente la resistencia física del bambú, pero sí alteran su calidad con manchas. Los mohos crecen en la superficie del bambú como una capa de algodón y sus colores varían del blanco al negro, se pueden eliminar con un cepillo cuando los culmos están secos. Los hongos manchadores sí penetran en las paredes afectando ligeramente su resistencia.

### Hongos de pudrición

Afectan las propiedades físicas y químicas de las paredes celulares, dañando seriamente la resistencia del culmo. Para desarrollarse requieren contenidos de humedad entre 27% y 32% en los culmos y temperaturas mayores a 12°C. Existen tres tipos de pudrición:

- Pudrición suave o blanda: causada por hongos destructores de celulosa, es superficial y degrada la madera hasta una consistencia grasosa de color oscuro.
- Pudrición blanca: destruye todos los componentes de la madera (lignina y carbohidratos), dejando un material residual con apariencia de un esqueleto de madera oscura.
- Pudrición parda o café: descompone la celulosa, afectando poco o nada a la lignina, la parte atacada se contrae formando hendiduras perpendiculares y oblicuas. Es la que causa mayor daño.

Algunas pruebas de laboratorio indican que el bambú es más propenso a las pudriciones suave o blanda y parda o café.

### **Insectos**

Los insectos que atacan al bambú son los escarabajos y las termitas que lo utilizan como alimento y refugio, formando cavidades dentro de la madera del bambú, su ataque disminuye la resistencia de los culmos. Atacan principalmente a los tallos cortados y a las piezas utilizadas en la construcción. Los escarabajos atacan al bambú por su alto contenido de almidón y el daño que causan es proporcional al contenido de éste.

La guadua en especial, tiene una resistencia natural contra las termitas, que se reduce en lugares con mucha humedad. Si el culmo cortado conserva mucha humedad, es atacado por unos insectos llamados comúnmente gorgojos o barrenadores.

### **Sustancias y métodos de preservación**

Como ya se ha mencionado, el bambú posee una durabilidad natural baja, misma que se puede aumentar aplicándole sustancias preservadoras que lo protegen contra el ataque de hongos e insectos, alargando su vida en servicio. Los preservadores se deben inyectar en las paredes de los culmos o tallos del bambú para que se distribuyan a través de las células que forman su tejido leñoso.

A diferencia de la madera, el bambú tiene sus vasos y células orientados longitudinalmente, separadas por las células de almacenamiento, parénquima, en los internodos, y conectados sólo en los nodos, son pequeños en el perímetro de la pared y grandes cerca del centro; tienen dos capas de células que dificultan la entrada de los preservadores líquidos, una de estas capas recubre las paredes interiores, y la otra las exteriores de los tallos o culmos.

No tienen células radiales que faciliten el movimiento de los preservadores líquidos en la dirección transversal. De manera que los métodos de preservación deben ser especiales para este material.

Las sustancias solubles en agua que se utilizan para preservar el bambú son los mismos que se usan para madera: sales de CCA y los compuestos de boro (ácido bórico y bórax).

La protección contra el ataque de hongos se logra también con un buen secado y un buen diseño en la construcción.

Para proteger al bambú del ataque de insectos se pueden utilizar métodos de preservación con sustancias químicas.

### **Protección contra hongos**

Los métodos naturales o tradicionales de secado han sido utilizados desde hace muchos años por diferentes pueblos de todo el mundo, son económicos y requieren equipos muy simples, así como personal sin mucha capacitación.

- Corte: se realiza en el cuarto menguante de la luna, ya que en este tiempo es cuando ésta ejerce menos influencia sobre el movimiento de líquidos en la tierra, y atracción de la gravedad es mayor, con lo que los líquidos de todas las plantas no suben por los tallos tan fácilmente (Figura 12).
- Hora de corte: durante el día y especialmente en las horas de sol, la planta es fotosintética y fisiológicamente activa, en cambio en la noche, el contenido de humedad disminuye cuando una parte del agua regresa al rizoma o al suelo. Por esta razón, el bambú se debe cortar dos horas antes de que aparezca el sol (Figura 12).

- Curado: una vez que los culmos son cortados, se dejan sobre una base, por ejemplo una piedra, lo más verticalmente posible con ramas y hojas, entre 8 y 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas; como la asimilación de nutrientes continúa en las hojas, los contenidos de humedad y de almidón se reducen. Con el tiempo los almidones contenidos en las paredes, se transforman en compuestos alcohólicos, que ayudan a repeler eficientemente el ataque de los agentes biológicos degradadores (Figura 12).

Fases de la Luna

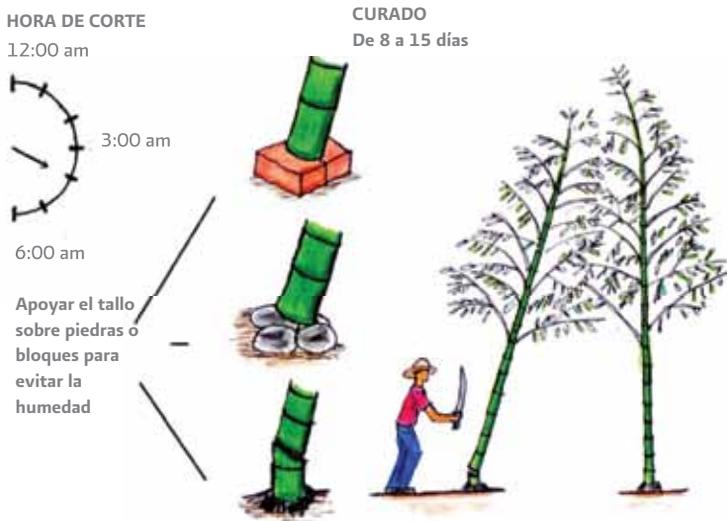
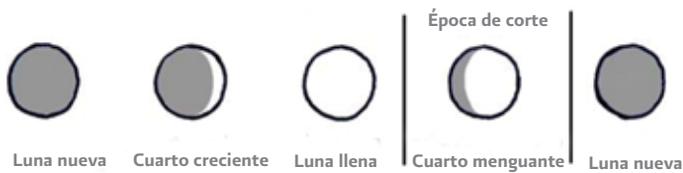


Figura 12. Corte del bambú en luna menguante.

## Métodos de preservación

### Remojo

En este método los culmos recién cortados, son colocados en corrientes de agua, por ejemplo en ríos o estanques por aproximadamente cuatro semanas con piedras encima para evitar que floten, después el bambú se seca a la sombra.

Durante el remojo el agua corriente lava el almidón contenido en las paredes del bambú. Este método ayuda a evitar el riesgo de ataque de hongos, pero no contra los insectos, su desventaja es que la acción del agua puede manchar el bambú.

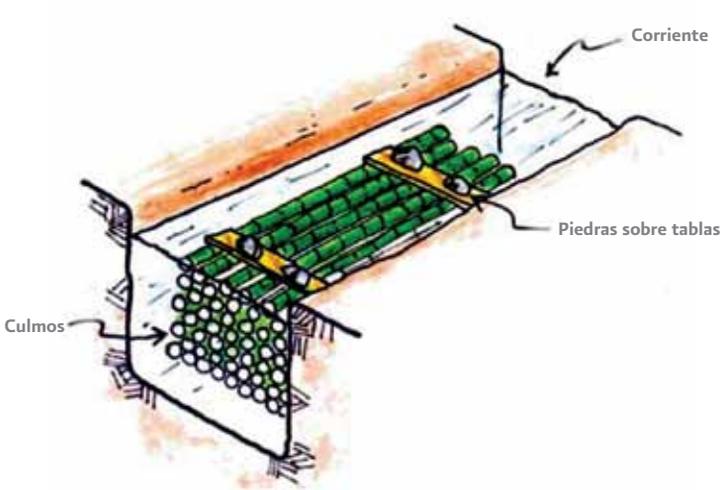


Figura 13. Método de preservación por remojo.

### *Encalado*

Los culmos o tiras de bambú, se pintan con cal apagada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , este método se utiliza principalmente para material a usar en construcciones ornamentales, debido a que la cal absorbe humedad y reduce el riesgo del ataque de hongos, aunque este compuesto alcalino puede afectar las propiedades del bambú. En Indonesia, por ejemplo, a las esterillas de bambú se les aplica alquitrán o breá y se les esparce arena fina, cuando se seca, se pintan con cal varias veces.

### *Diseño constructivo*

Mediante este método simple se puede proteger al bambú, con un buen diseño de la construcción, procurando siempre proteger al bambú de la humedad y el sol, y mantener una buena circulación de aire.

### *Construcción elevada*

Un ejemplo es la construcción de aleros amplios junto con la construcción elevada, colocando el bambú sobre bases de piedra o concreto para evitar que la lluvia salpique al bambú, lo que previene el deterioro de las estructuras. También se pueden aplicar cal o pinturas para evitar la absorción del agua (Figura 14).

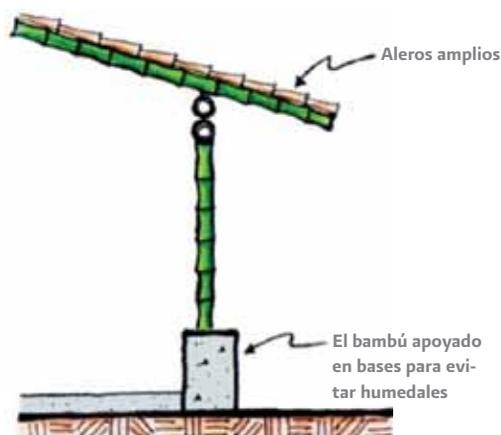


Figura 14. Ejemplo de diseño arquitectónico para proteger las construcciones de bambú.

### *Preservación con sustancias químicas*

Son más eficientes que los tradicionales, pero su costo es mayor y requieren de algunos equipos especiales para su aplicación.

### *Tratamiento por los extremos*

Es una variación del método de curado. Los tallos recién cortados, con sus ramas y hojas, se colocan en tanques con el líquido preservador, como la absorción de las hojas continúa, los preservadores son succionados. Una limitante es el cortado y manejo de los bambúes, los culmos pueden contener aire en la base y reducir la absorción de las hojas. Sólo es aplicable a bambúes cortos y con contenido de humedad alto. Tampoco es muy eficiente y requiere de periodos muy largos.

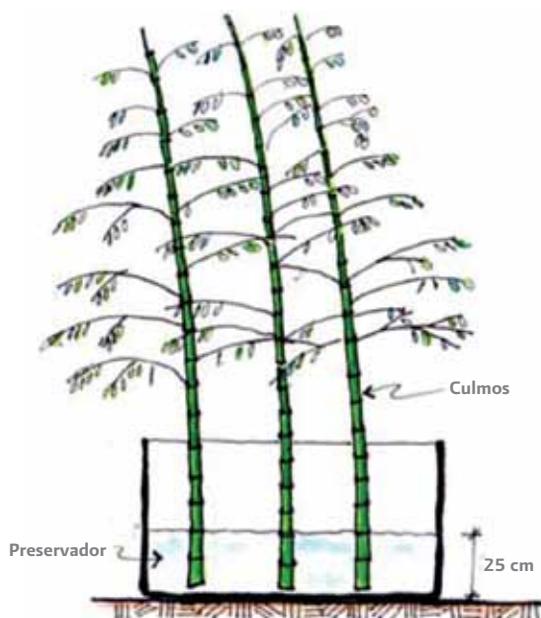


Figura 15. Preservación por los extremos mediante absorción de las hojas.

## Método de tanque abierto

Muy recomendado por su facilidad, economía y alta efectividad. Los culmos se colocan en tanques con la solución preservadora por varios días y la solución penetra por difusión.

Es necesario que los culmos tengan un alto contenido de humedad para lograr la difusión del preservador que generalmente es ácido bórico y bórax disueltos en agua.

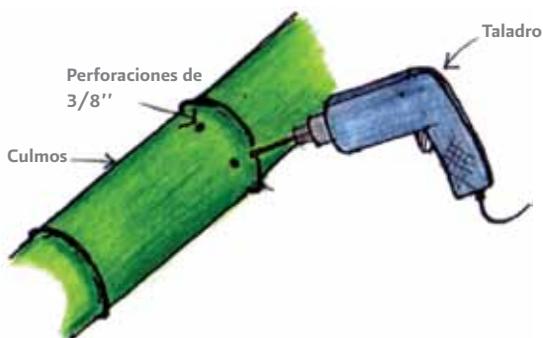


Figura 16. Perforaciones del bambú para mejorar la penetración del preservador.

La absorción del preservador es mejor cuando el material se ha convertido en tiras; los preservadores se absorben mejor en los culmos inmaduros que en los maduros, porque estos tienen un mayor grado de lignificación; también es recomendable agregar más cantidad de preservador para los tallos verdes recién cortados porque su absorción es menor.

Otra recomendación para mejorar la absorción es hacer dos orificios en los entrenudos de 3/8 de pulgada (Figura 16) o hacer una perforación de 3/8 de pulgada a lo largo del culmo, atravesando varios entrenudos, entre 3 y 4 m; haciendo los orificios lo más cerca posible de cada una de las paredes del culmo.

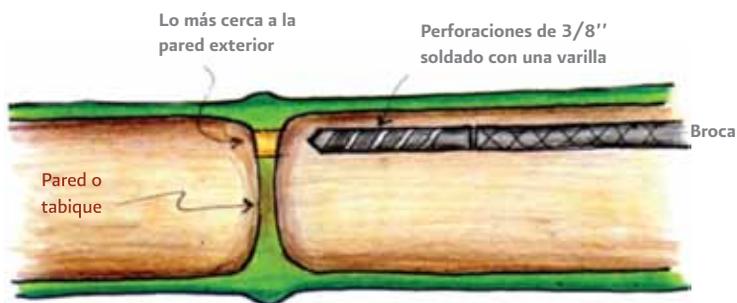


Figura 17. Perforación a través de las paredes de los entrenudos.

El tiempo de remojo para lograr una preservación efectiva depende de la especie, la solución preservadora, la edad, o la condición de los tallos o culmos.

El tratamiento se acelera cuando los tallos se sumergen en soluciones calientes o cuando se alternan baños caliente-frío.

La solución preservadora para guaduas se prepara con un kilogramo de ácido bórico, 0,5 kg de bórax y 48,5 litros de agua para obtener una solución al 3%. Esta solución es suficiente para 40 m lineales de guadua. Cuando el bambú se utiliza en condiciones de mayor riesgo, se utiliza una solución más concentrada que se obtiene con 100 litros de agua, 5 kg de ácido bórico y 3,7 kg de bórax decahidratado. Es necesario calentar el agua a 80 C para facilitar poder disolver las sales.

Una vez preparada la mezcla, los tallos de las guaduas se sumergen durante ocho horas y después se escurren dos horas más.

### Método de Boucherie

Consiste en sustituir el agua contenida en las paredes del bambú verde por soluciones con preservador. No requiere instalaciones especiales y es bastante económico.



Figura 18. Tratamiento preservador del bambú con el método de Boucherie.

El método de Boucherie más sencillo es hacer penetrar el preservador por la acción de la gravedad. Los culmos recién cortados, con alto contenido de humedad, sin ramas ni hojas. Se debe evitar desgarrar los tallos al quitarles las ramas. Los tallos se conectan a mangueras de caucho o a un pedazo de neumático, que servirá como depósito para colocar el preservador; el culmo debe estar en posición vertical para facilitar el movimiento del preservador, también se puede usar el mismo tubo del culmo como depósito, raspando las paredes interiores del bambú, para incrementar su distribución y poder revisar el nivel del preservador varias veces.

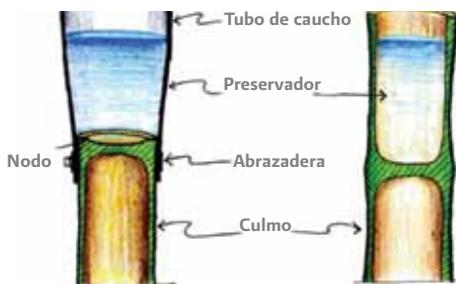


Figura 19. Método Boucherie simple, poniendo el preservador en el extremo del bambú.

Otra manera es, con el depósito del preservador colocado a una altura de 10 m aproximadamente, con un tubo de metal conectado para distribuir el líquido, y a éste se conectan varios culmos de bambú inclinados, el tiempo que se recomienda es de 5 a 6 días, utilizando preservadores hidrosolubles.

### *Método de Boucherie modificado*

Con esta variante del método se reduce el tiempo de tratamiento y se pueden tratar más culmos al mismo tiempo. Se logra aplicando presión al contenedor para acelerar el proceso, reduciendo el tiempo de varios días que tarda el método común, a unas cuantas horas, lo que lo convierte en un método de tratamiento más rápido, eficiente y aplicable a gran escala.

La presión se aplica con una bomba o compresor conectado a un contenedor herméticamente cerrado, cuyas dimensiones dependen de la cantidad de culmos a tratar; debe tener un medidor para regular la presión del contenedor, al fondo del recipiente se conecta un tubo metálico con varias salidas a las que se conectan los culmos de bambú; cada una de estas salidas, dispondrá de una llave de paso, para cuando no se utilicen todas las salidas. La conexión del tubo al bambú se hace con un tubo de caucho, sujeto con abrazaderas; al otro extremo de los culmos, se coloca un recipiente para recolectar el preservador que pase a lo largo de los culmos en tratamiento. Se recomienda colorear la solución para poder distinguirla cuando empiece a salir por el extremo del culmo.

El tiempo que tarda este proceso es de tres a ocho horas. Es recomendable que el proceso se aplique dentro de las primeras ocho horas después de cortado el bambú. Se debe tener presente qué especies de bambúes se van a tratar y la presión que se aplica, pues las especies con paredes delgadas pueden llegar a romperse.

También se debe cuidar el tipo de preservador que se usa, porque si se utilizan soluciones de fijación rápida, pueden rellenar los vasos y cavidades, y bloquear el paso de los preservadores.

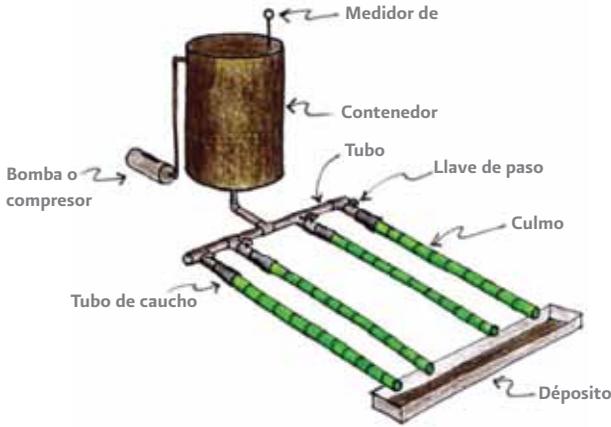


Figura 20. Tratamiento de bambú por el método Boucherie modificado.



Figura 21. Método Boucherie.

## Uniones para la construcción

Este componente debe ser analizado y resuelto adecuadamente para asegurar la resistencia y estabilidad de todo el sistema estructural. En las construcciones con bambú, las uniones son más difíciles de resolver que en las de madera, concreto o acero, porque el bambú es redondo y hueco, tiene nodos a distancias variables y transversalmente no es perfectamente circular.

Estas características se deben considerar al diseñar las estructuras de este material. Los constructores de las regiones donde se usa tradicionalmente el bambú tienen experiencia y habilidad para resolver las uniones de una manera segura, pero no existe información técnica para realizarlas en forma profesional y repetible.

La madera y el acero se convirtieron en materiales adecuados para la construcción de estructuras, sólo después de que se resolvieron los problemas de las uniones. En el caso del bambú también se deben diseñar métodos para resolverlas satisfactoriamente, para que el bambú pueda ser usado en edificios, puentes y muebles que se puedan construir industrial o semindustrialmente.

### Teoría de uniones

El objetivo de una unión es proporcionar continuidad entre los elementos estructurales de una construcción, es decir, que los esfuerzos puedan transmitirse de una manera segura y eficiente, y que las deformaciones se disminuyan hasta el mínimo.

## Problemas internos

El bambú, es un material anisotrópico (que se expande y contrae en forma desigual en sus diversas direcciones –longitudinal, radial y tangencial–) con una resistencia muy baja a fuerzas de cortante paralelo a sus fibras y a las fuerzas transversales que se presentan en las uniones.

La forma tubular del bambú varía en su tamaño, espesor y forma; debido a la presencia de los internodos y sus extremos abiertos, puede aplastarse fácilmente. Por ello, lo más recomendable es que las uniones se hagan utilizando las piezas cerca de los nodos, el inconveniente es que están distribuidos a distancias variables.

## Problemas externos

Como cualquier material de construcción, se debe conocer para aprovechar al máximo sus ventajas y evitar sus desventajas.

Las construcciones de bambú tradicionalmente se levantan en áreas en donde no están disponibles equipos sofisticados y capacidad técnica, solo el conocimiento empírico de los materiales disponibles y de las técnicas de construcción. Por eso su diseño debe ser simple, tanto en el proceso constructivo como en los equipos que se utilizan.

La estabilidad en las juntas debe ser resuelta en relación con el tiempo, para asegurar la permanencia por el periodo requerido de servicio de la edificación. El diseño de sistemas modulares contribuye a la solución de los problemas de vivienda en los países en vías de desarrollo; un diseño modular es necesario para abrir la posibilidad de la producción de los elementos prefabricados en talleres semindustrializados y su construcción en sitio, en tiempos menores y con mano de obra no calificada.

Hace falta información técnica de los valores de esfuerzos de diseño, así como las normas adecuadas para estimar los esfuerzos y diseñar adecuadamente. El costo efectivo de las uniones es un componente importante en el monto total de la construcción, por lo que se requiere un análisis apropiado para su solución estructural y constructiva.

Tabla 2. Comparativo de uniones.

Tipo de unión	Ventaja	Desventaja	Recomendaciones	Función
Con amarre	Son fáciles de realizar	No transmiten todos los esfuerzos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los amarres no deben quedar flojos</li> <li>▪ Utilizar alambre galvanizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para cercas, barandales, pasamanos</li> <li>▪ Para construir cubiertas temporales o andamios</li> </ul>
Con pasadores	Rapidez al ensamblar	No aprovecha todo el diámetro del culmo para transmitir esfuerzos	Las perforaciones deben realizarse cerca del nodo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para estructuras que requieran rapidez en su construcción</li> <li>▪ Estructuras temporales</li> </ul>
Con centro de madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mejor transmisión de esfuerzos</li> <li>▪ Compatibilidad entre bambú y la madera</li> <li>▪ Estandarización de las uniones</li> </ul>	Se debe contar con el equipo necesario	Utilizar una resina adecuada	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para estructuras tridimensionales</li> <li>▪ Para solución de uniones en muebles</li> </ul>
Combinación de sistemas	Fácil reemplazo de las piezas	Mayor cantidad de material	Hacer un buen diseño que facilite el reemplazo de piezas	Para reforzar o facilitar las uniones

## Recomendaciones para utilizar el bambú en la construcción

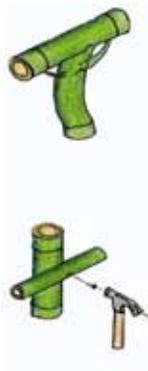
	<p><b>No utilice</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bambúes:           <ul style="list-style-type: none"> <li>de baja resistencia.</li> <li>verdes o menores de 3 años.</li> <li>atacados por insectos.</li> <li>que hayan florecido.</li> <li>con fisuras o grietas verticales.</li> <li>con cortes horizontales superficiales producidos con machete.</li> </ul> </li> <li>Clavos o tornillos de más de 6 cm (2,5 plg), para fijar lateralmente bambúes de menor diámetro o en la fijación de uniones.</li> <li>Vigas clavadas lateralmente a las columnas.</li> </ul>		<p><b>No utilice</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bambúes verdes que al secarse se contraigan provocando que se aflojen los amarres.</li> <li>Amarres de cuerdas elásticas (que se estiran), o con cuerdas muy delgadas o en mal estado.</li> <li>Bambúes sin un nudo en su extremo inferior, que se astillen al golpearlos para plomearlos o al introducir cuñas elevadoras.</li> </ul>
	<p><b>Utilice</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bambúes:           <ul style="list-style-type: none"> <li>mayores de tres años, previamente curados, secados al aire y tratados con preservadores.</li> <li>con cortes y uniones apropiadamente hechos.</li> <li>con diámetros y espesor de pared apropiados.</li> </ul> </li> <li>Amarres de alambre dobles o triples (2 ó 3 alambres de igual longitud).</li> <li>Cuerdas de nylon o cuerdas vegetales suficientemente resistentes y en buen estado.</li> </ul>		<p><b>Utilice</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bambúes previamente secados</li> <li>Amarres de alambre, nylon, cuerdas vegetales o de cuero.</li> <li>Pies derechos, puntales o columnas de longitud apropiada, con un nudo en su extremo inferior, el cual permita golpes sin astillarse o rajarse.</li> </ul>

Figura 22. Recomendaciones para utilizar el bambú en la construcción.

Los cortes del bambú que más se utilizan en uniones en estructuras se muestran en la figura 23.

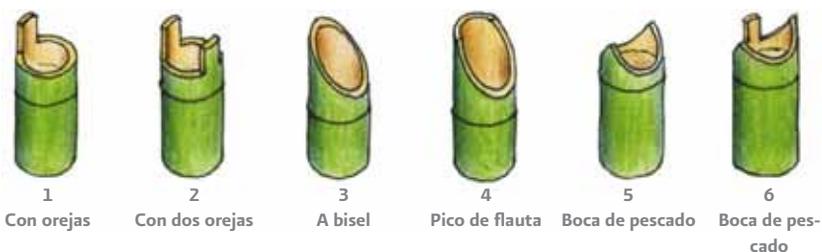


Figura 23. Diferentes tipos de cortes de los culmos de bambú para fabricar uniones en las estructuras.

## Uniones en cimentación

Para proteger al bambú contra su deterioro cuando se utilice en cimentaciones, se recomienda envolverlo en una base que lo aisle de la humedad del suelo, fabricada con un anclaje de varillas ahogadas en el concreto. Sobre éstas se coloca el bambú y el hueco se rellena con mortero, o se dobla la varilla en forma de gancho para colocar un pasador (Figuras 24, 25, 26).

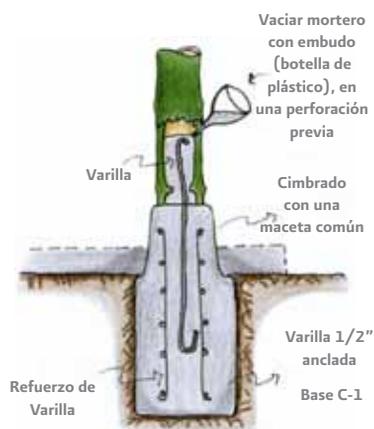


Figura 24. Anclaje de columnas, pies derechos. Elementos verticales a la cimentación con varilla de refuerzo.

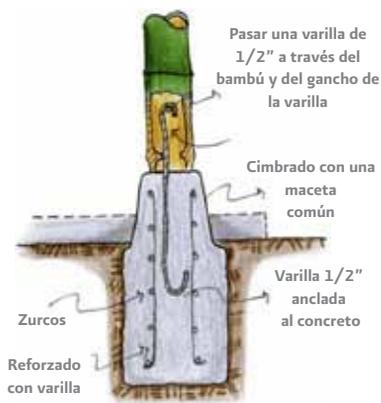


Figura 25. Anclaje de columnas, pies derechos y verticales a la cimentación con varilla de refuerzo y pasador.

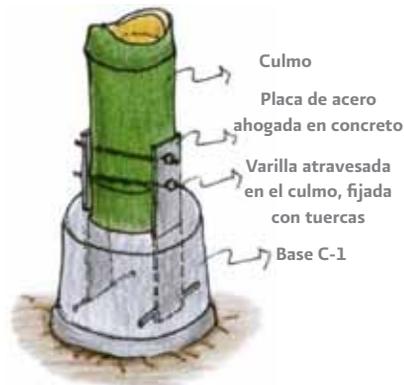


Figura 26. Anclaje de columnas, pies derechos y verticales a la cimentación con solera de acero y pernos.

## Uniones con amarres

Son las más comunes. El amarre se hace con cuerdas de material orgánico, de esta manera existe una compatibilidad entre los elementos por unir y el material de fijación. Pueden ser de tiras de bambú, fibras de palma, ratán, lianas, y cualquier otro material orgánico flexible y resistente. En la actualidad también se emplean cintas de plástico o materiales sintéticos.

Un inconveniente de los materiales de origen orgánico es su susceptibilidad a ser atacados por agentes biológicos (Figuras 27, 28, 29, 30). También se pueden usar amarres con alambre, con el que se logra una unión más fuerte, pero es recomendable usar alambre (galvanizado) para evitar la corrosión.

Algunos amarres como el ratán, necesitan mano de obra artesanal especializada, que en nuestro país no existe porque sólo se usa para muebles y artesanías. Cuando se usen tiras de bambú o ratán, se recomienda que estén verdes sin secarse, o que se remojen para que se encojan cuando sequen, logrando una unión más firme.

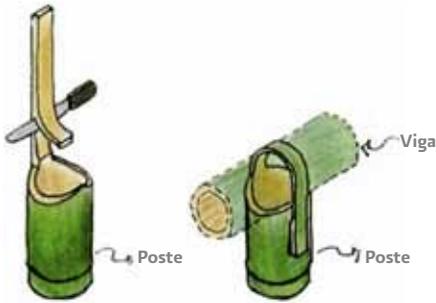


Figura 27. Unión de poste y viga con tiras del mismo poste o culmo.



Figura 28. Conexión de cuerda de dos abrazaderas y tres perforaciones.

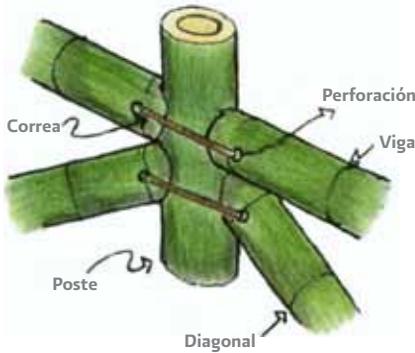


Figura 29. Conexión entre diagonales y poste.

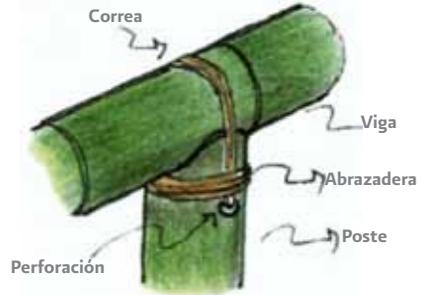


Figura 30. Unión de poste y viga con correas, tiras o alambre y abrazadera con correas, tiras o alambre.

## Uniones con pasadores

Son uniones como las usadas en carpintería, de caja y espiga. Se utilizan principalmente pasadores de maderas duras, bambú y acero. Por lo general, los pasadores se sujetan en forma paralela al eje de los culmos y se aseguran con otros pasadores más pequeños. Para afianzar este tipo de unión se utilizan amarres adicionales.

Una desventaja de estas conexiones es que no aprovechan todo el diámetro del culmo para transmitir la carga.

También se debe tener cuidado de la ubicación de los huecos para los pasadores, si se hacen muy cerca del extremo, los esfuerzos pueden romper el bambú, es mejor perforar a poca distancia de los nodos.

Si se usan clavos hincados con martillo se puede rajar el bambú, es mejor hacer una perforación previa con un taladro, antes de clavar.

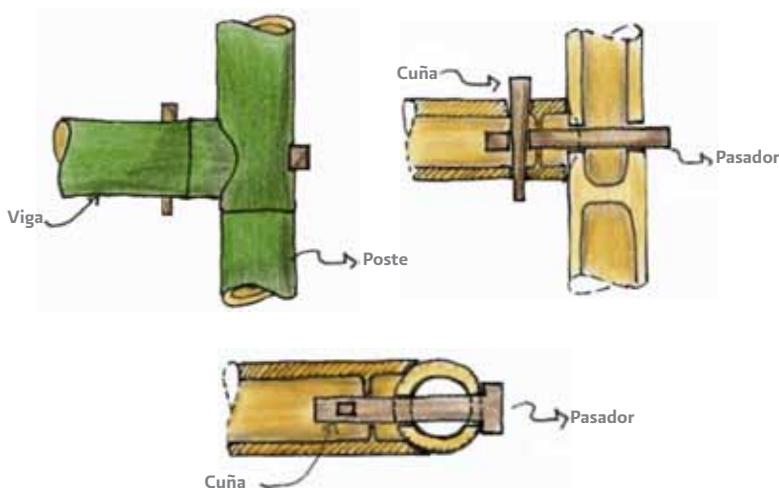


Figura 31. Unión con pasador.

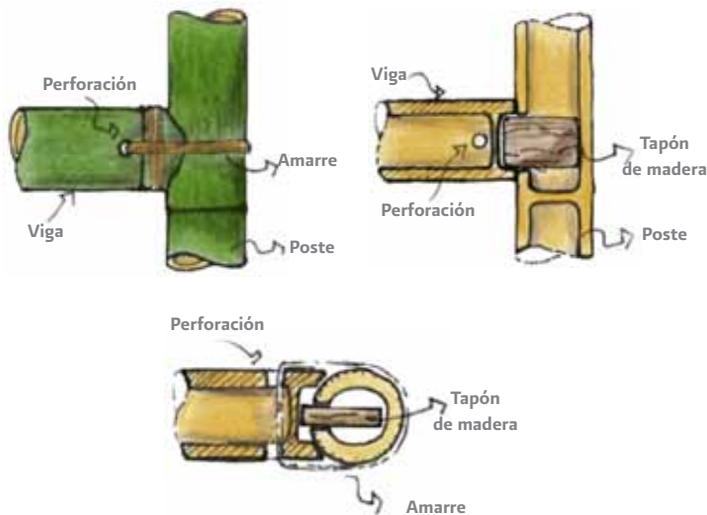


Figura 32. Unión de un elemento interno.

Este tipo de unión con pasador y una cuña hecha de madera dura, es más adecuada para culmos de diámetros grandes, tiene cinco perforaciones, el pasador y la cuña; se puede lograr una solución más refinada si la cuña es cónica para asegurar conexión en todas las direcciones (Figura 31).

En la figura 32 se ilustra la unión con un elemento interno, para fijarla se hace una perforación horizontal y se amarra con un lazo bien apretado. El pasador interno se coloca justo en la perforación para asegurar la transmisión de fuerzas, si no se hace así, esta unión resistirá menos carga. El pasador interno evita que la viga se deslice hacia abajo del poste y el lazo evita que se separe.

Otra variante de uniones con pasadores y amarres se muestra en la figura 33. En este caso hay un pasador para amarrar la viga horizontal a la columna y otro para asegurar la diagonal.

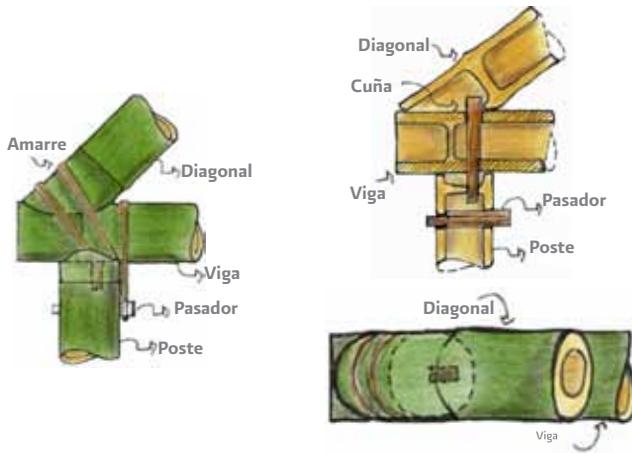


Figura 33. Unión con una combinación de pasadores y amarres.

Para uniones con elementos en el interior se usan cuñas apretando el hueco, dos orejas de la viga horizontal la fijan atravesando la columna. Si la cuña se rompe, la viga puede fácilmente salirse de la abertura, para evitarlo se debe colocar una cuerda o pasador para hacer una unión más segura (Figura 34).

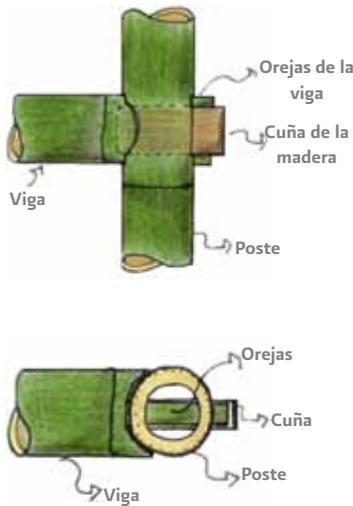


Figura 34. Unión de un elemento interno.

Unión con tornillo de acero a presión, es una tecnología sencilla, con elementos de acero que permiten un sinnúmero de uniones. Se debe evitar su uso en uniones en las que sea necesario resistir fuerzas considerables perpendiculares al eje del culmo, ya que éstas pueden aplastarlo (Figura 35).

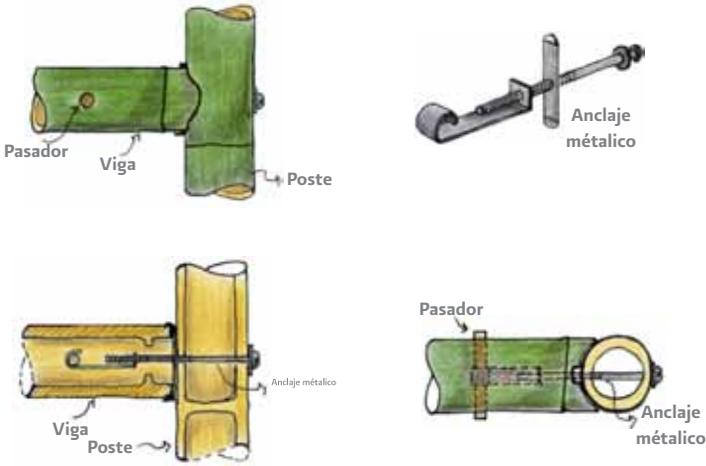


Figura 35. Unión con tornillo de acero a tensión.

## Uniones con centro de madera

En este tipo de uniones se rellena el extremo hueco del culmo con un cilindro de madera fijado con pegamento o resina, de manera que se incrementa considerablemente la capacidad de carga del bambú en su dirección transversal. A continuación se describen varias maneras de fijar la pieza de madera al bambú (Figura 36).

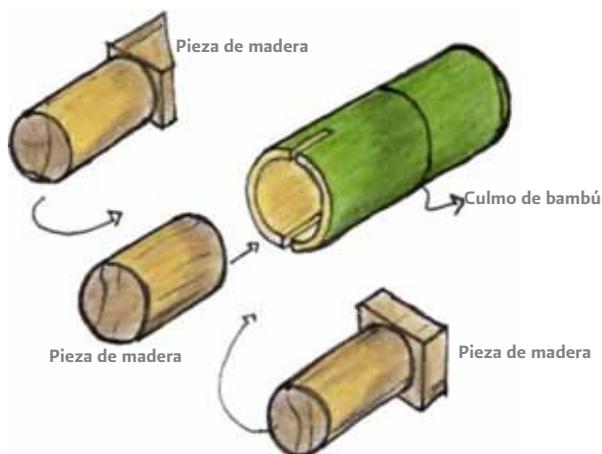


Figura 36. Uniones con centro de madera.

Se aconseja usar un taladro especial para hacer huecos en el bambú de medidas estándar, por ejemplo 70 mm de diámetro para bambúes de 67, 75 y 72 mm, después se fabrican piezas de madera con mismos diámetros 70 o 75 mm y se fijan con pegamento.

Para bambúes con diámetros interiores de 78 mm, es recomendable usar corazones de madera de 75 mm, la madera se fija colocando cuñas entre el bambú y ésta.

Para evitar que se rajen los culmos de bambú, se hacen previamente dos hendiduras en el extremo de éste, después se coloca la pieza de madera con pegamento y se aprieta el extremo con una abrazadera.

Colocar el conector de madera de manera que sobresalga del culmo, para que pueda recibir a otros elementos, con esta unión se pueden utilizar los métodos normales de construcción para hacer las conexiones. La ventaja de este método es su bajo costo y la disponibilidad de piezas.

Una variante de este tipo de unión se hace usando una placa metálica que se inserta en la pieza de madera (Figura 37). La placa sobresale del cilindro de madera para que se le pueda adaptar distintas piezas como los que se ilustran en la figura. La placa de acero C se introduce en la ranura del cilindro de madera B y se adhiere con una mezcla de resina epóxica y cemento Portland.

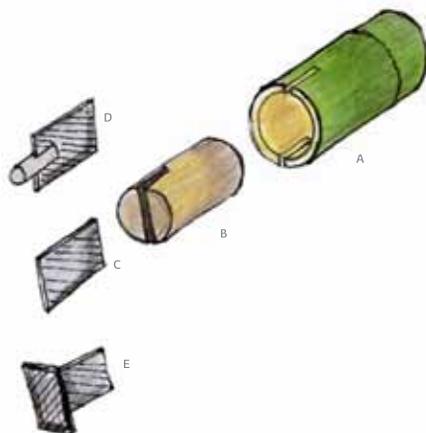


Figura 37. Uniones con madera y placas de acero.

## Uniones en estructuras espaciales

La unión de varios elementos en distintos planos se puede resolver con el uso de conectores metálicos; placas de dos o más elementos pueden soldarse previamente con otros y después puede ensamblarse el resto de las conexiones. La figura 38 muestra la conexión de una pequeña caja hecha de placas de acero, cuyas caras están colocadas perpendicularmente a los elementos que van a conectarse, las puntas de acero se pueden soldar directamente a las superficies. La soldadura se puede realizar en el sitio de la construcción, porque resulta más barato que tornearse la punta de acero, aunque esto último también es posible.

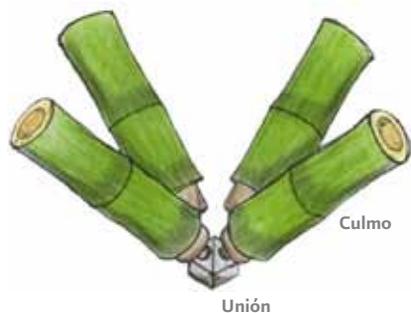


Figura 38. Uniones para estructuras tridimensionales.

## Uniones combinadas

Otra forma de usar bambú en construcciones robustas es fabricando elementos y uniendo varios culmos para formar vigas o postes de dimensiones mayores que las que puede tener un solo culmo. La ventaja adicional de este sistema es que se incrementa la capacidad de soportar las perforaciones que se realizan para hacer las uniones, aunque en el caso de los postes o columnas, su base no se refuerza. Este sistema constructivo también facilita la sustitución de elementos individuales, cuando, por alguna causa se deterioran, por ejemplo, en el caso de una columna. En el caso de los postes dobles, también proporcionan un mayor apoyo a los elementos horizontales o vigas.

Las vigas pueden estar formadas por cuatro o seis elementos, la hilera superior se separa de la inferior con tiras de bambú o piezas de madera que se colocan a una separación máxima de un metro, para que los bambúes superiores no se deslicen sobre los inferiores. Algunos ejemplos se ilustran a continuación.

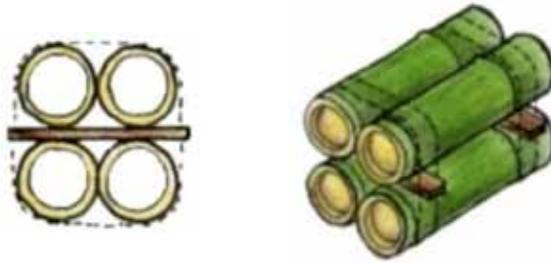


Figura 39. Vigas formadas por cuatro elementos.

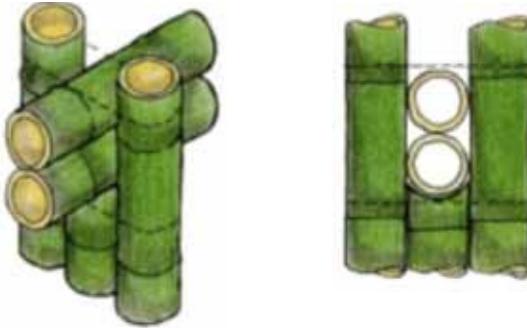


Figura 40. Viga doble central, se puede usar en diferentes partes de una edificación.

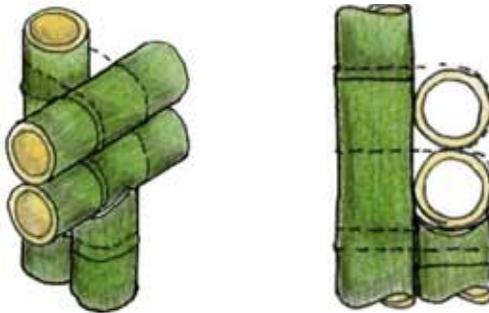


Figura 41. Viga lateral doble.

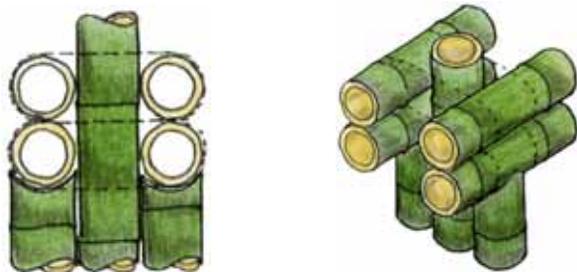


Figura 42. Dos vigas laterales dobles.

### Uniones reforzadas con mortero o uniones metálicas

En estas uniones se utiliza mortero, para rellenar el hueco del bambú y se refuerzan con varillas de acero, esta técnica facilita hacer uniones más complejas. Con este tipo de uniones se aprovecha el diámetro total del culmo, aunque también tiene desventajas que se deben tomar en cuenta; como la diferencia de contracciones, que puede provocar que el bambú se raje, los valores de contracción del bambú son entre 15 y 20 veces mayores que los del mortero; si la humedad relativa del ambiente disminuye, el bambú se contrae y se raja. Para esta conexión se taladra el bambú, colocando la varilla dentro de éste y se fija en los internodos rellenándola con mortero. Con los extremos de las varillas se pueden crear diferentes tipos de uniones.

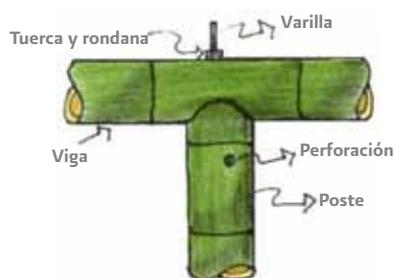


Figura 43. Uniones con varilla y mortero.

Para este tipo de conexiones, es necesario usar varillas especiales y rellenar cuidadosamente al bambú con mortero, de otra forma, el bambú se puede rajar, debido a la transmisión de la fuerza en un solo punto.

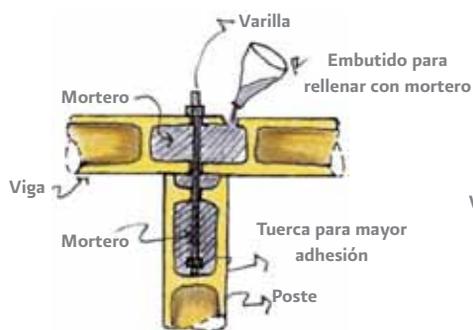


Figura 44. Colocación de las varillas y vertido del mortero en uniones con bambú.

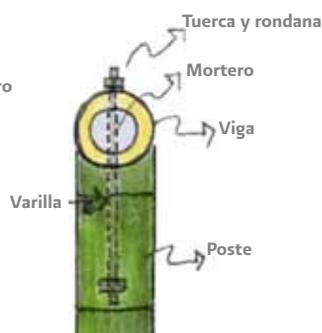


Figura 45. Vistas y cortes de una unión con mortero y varilla de refuerzo.

## Uniones con tiras de acero y pasadores

Esta conexión es similar a las descritas en el inciso anterior, igual se taladra el bambú y las varillas de acero se incrustan en su sección transversal, relleno después el interior hueco del bambú con mortero. La unión se asegura con tiras de acero lateralmente, fijándola alrededor del bambú con las varillas de acero. Esta unión transmite las fuerzas a diferentes puntos del culmo y evita la concentración de cargas y fuerzas en un sólo punto.

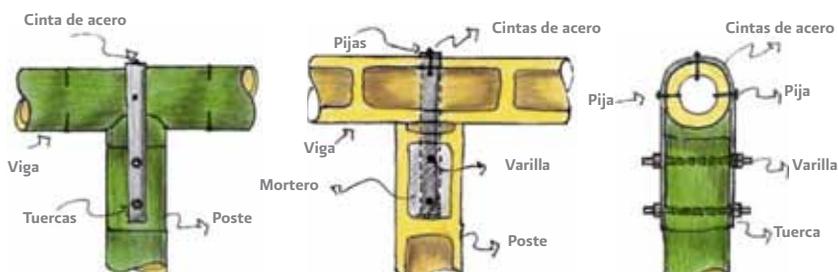


Figura 46. Uniones de bambú sujetas con varillas y cintas de acero.

## Construcciones con bambú

El bambú es un material con cualidades físicas y mecánicas adecuadas para la construcción, además es un recurso natural abundante, de bajo costo y fácil manejo.

### Ventajas del bambú como material de construcción

#### Valor ecológico

Es un material de rápido crecimiento, puede alcanzar su madurez entre los 5 y 6 años. A partir de ese momento se pueden obtener cosechas en una plantación, a diferencia de muchas especies maderables, en las que se requieren periodos hasta cuatro veces mayores para su aprovechamiento, después del cual el área es limpiada, con riesgo de deforestación cuando no se tiene un plan de manejo adecuado; en el caso de los bambúes, los tallos maduros se cortan anualmente y hay un rebrote constante.

Por su sistema de raíces y tallos, el bambú ayuda a la conservación y recuperación de suelos, ya que con sus raíces forma un sistema de redes que lo fijan evitando su erosión, además, con la biomasa de las hojas que caen, se forma una capa considerable de material orgánico que alimenta al suelo. Otros beneficios que proporcionan los bambúes son la producción de oxígeno, que es cuatro veces más que la de otras especies, y su alta capacidad de capturar carbono, que contribuye a la reducción de éste en la atmósfera.

### **Propiedades mecánicas**

El bambú es un material ligero, resistente y de alta rigidez, gracias a estas propiedades las construcciones con bambú son resistentes estructuralmente y tienen un excelente comportamiento ante sismos, por su bajo peso y alta disipación de energía en las uniones de los diferentes elementos de una construcción con bambú.

### **Valor social y económico**

Una plantación de 20 x 20 m produce después de cinco años, suficiente material para construir dos casas de 8 x 8 m, de acuerdo con datos de la Fundación del Medio Ambiente del Bambú, de Bali, Indonesia. En la industria, como materia prima, el bambú se utiliza para la obtención de pulpa para papel, en la India el 80% de las fábricas de papel dependen de este recurso, logrando con esto restarle presión a los bosques maderables. Otro país que también produce papel utilizando el bambú como materia prima es Brasil.

### **Consumo de energía**

La energía que se requiere para transformar el bambú es mucho menor de la que requieren otros materiales de construcción para su obtención y transformación, como se ilustra la tabla 3.

Tabla 3. Consumo de energía para fabricar diferentes materiales para la construcción.

Material	Energía x esfuerzo
Concreto	240 MJ/m <sup>3</sup> por N/mm <sup>2</sup>
Acero	1 500 MJ/m <sup>3</sup> por N/mm <sup>2</sup>
Madera	80 MJ/m <sup>3</sup> por N/mm <sup>2</sup>
Bambú	30 MJ/m <sup>3</sup> por N/mm <sup>2</sup>

Donde:

MJ = Mega Joules

m<sup>3</sup> = metros cúbicos

N = Newton

mm<sup>2</sup> = milímetros cuadrados

## Desventajas del bambú como material de construcción

### Preservación

Por ser un material natural, el bambú requiere preservadores, igual que la madera, para protegerlo contra el ataque de hongos o insectos, en general, su durabilidad natural es menor que la de la madera.

### Inflamabilidad

El fuego es uno de los principales agentes de destrucción del bambú y la madera como materiales de construcción. La madera es un elemento estructural de secciones robustas y conserva su capacidad de carga durante un incendio por más tiempo, por la protección que le procura la capa carbonizada que se forma en su superficie durante un incendio, la que actúa como un aislante. Por el contrario, en un elemento de bambú con resistencia semejante, ésta se reduce porque transversalmente es semejante a un tubo con sus paredes delgadas, a diferencia de las secciones sólidas de una pieza de madera; sin embargo, con un diseño y mantenimiento adecuados, este riesgo se puede reducir considerablemente.

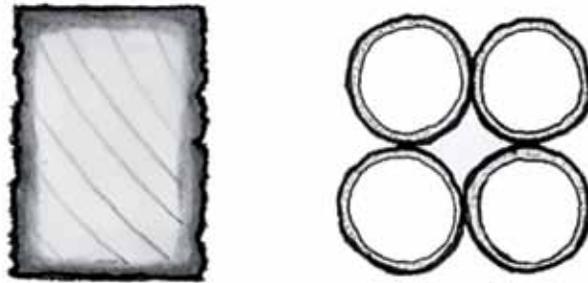


Figura 47. Elementos de madera con una sección transversal grande y secciones de bambú.

### Formas del bambú

Debido a su naturaleza vegetal, sus tallos no son rectos ni de secciones regulares, lo que presenta dificultades para que las uniones estructurales sean resueltas de manera segura, también es más difícil la industrialización de los elementos del bambú y su prefabricación como elementos constructivos.

### Trabajos preliminares

Como en cualquier otra construcción y autoconstrucción se deben realizar los trabajos preparatorios para fincar la estructura, limpiar y adecuar el terreno, hacer el trazo, la excavación y nivelación. En este manual sólo se mencionarán estas actividades, pero sin detallarlas. Información más amplia se puede obtener en el Manual del arquitecto descalzo y en el Manual de autoconstrucción.

## Construcción

### Cimientos

Una de las ventajas de usar bambú para la construcción de edificios es el bajo costo de la cimentación, debido al reducido peso de la estructura.

### Altura y ancho del cimiento

Es recomendable que el piso esté por arriba del nivel del terreno, para evitar que el agua de lluvia entre en la vivienda. El cimiento debe subir por lo menos 20 cm sobre el suelo. El ancho del cimiento dependerá de la resistencia del suelo y del peso de los muros y del techo. Los cimientos se pueden hacer con materiales disponibles en la región.

Tabla 4. Dimensiones recomendables para los cimientos de una casa de bambú.

Tipo de suelo	Ancho, cm	
	cimientos	zapatas
Blando	60	90
Medio	50	60
Duro	40	40

En zonas de suelo muy húmedo, por ejemplo; en zonas pantanosas, es mejor construir el piso separado del suelo, sobre postes (Figura 48). Este tipo de casas también se puede construir en zonas montañosas con superficies irregulares, duras o muy inclinadas (Figura 49).

Pantano, los postes sobre zapatas



Figura 48. Casa con cimentación elevada recomendable para terrenos pantanosos.



Figura 49. Vivienda sobre postes en terreno pedregoso irregular.

Una casa hecha en su totalidad de bambú y con conexiones bien diseñadas y fabricadas, puede quedar sin fijar al suelo. En caso de un sismo, la construcción “baila” sobre el suelo, pero no se derrumba.

En otras situaciones, con suelos firmes, en áreas más planas, es más recomendable hacer un cimiento corrido (Fig. 50).

El cimiento tiene forma de anillo debajo de las paredes



Figura 50. Cimentación de la vivienda con losa corrida.

Cuando se construyan cimientos corridos en terrenos inclinados deben hacerse en escalones, evitando hacerlos con la base inclinada (Figura 51).

Otra opción puede ser seguir el declive con pisos a niveles diferentes, entonces los cimientos y los pisos quedan en varios niveles del terreno (Figura 52).

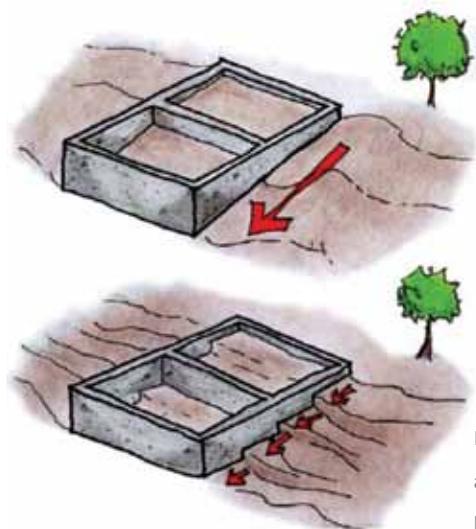


Figura 51.

- a. Cimientos inclinados no recomendable;
- b Cimientos escalonados, recomendable.

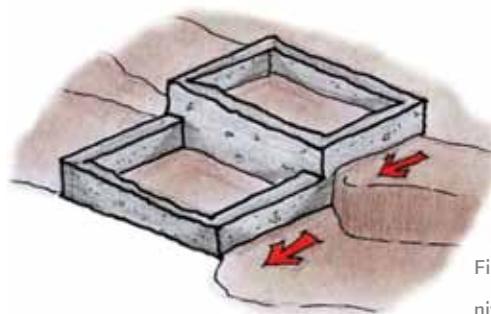


Figura 52. Cimientos escalonados con niveles diferentes en bloques.

Cuando se ahorra en la construcción de los cimientos, posteriormente se invierte mucho tiempo y dinero en la reparación de paredes y pisos, que se agrietan o deslizan a causa de los cimientos mal hechos.

## Tipos de cimentación

Los sistemas para pisos de planta baja elevada permiten un espacio entre el sistema de piso y el terreno.

### Cimientos aislados

Son recomendables cuando la ligereza de las construcciones con bambú hace que una cimentación corrida sobre un suelo duro resulte sobrada, incrementando el costo de la construcción, o cuando el suelo en donde se construye es muy húmedo, por ejemplo en zonas pantanosas, que representan un riesgo de deterioro para las estructuras de bambú. Una manera de solucionar el desplante de la cimentación es a través de cimientos aislados, de esta forma el área de construcción resulta mucho menor en comparación con una cimentación corrida. Otra ventaja es permitir un espacio libre, para realizar una inspección periódica, con una separación mínima de sesenta centímetros sobre el terreno. Sobre los cimientos se apoyan los postes verticales, que, en conjunto, soportan el peso de toda la estructura, y la transmiten hacia el suelo. Para que sean eficientes y seguros, debe haber una buena conexión entre ambos, para resistir las diferentes fuerzas que pueden afectar la construcción.

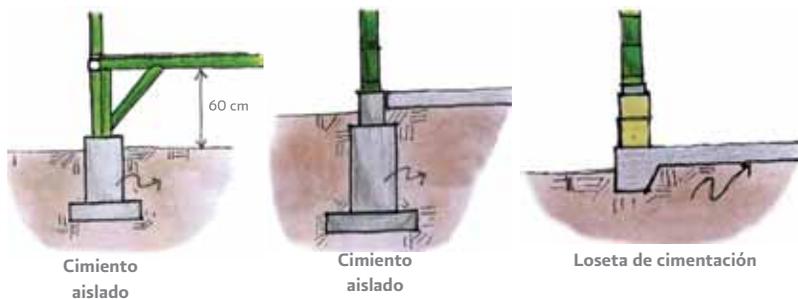


Figura 53. Ejemplos de cimentaciones aisladas para construcciones elevadas.

A continuación se describen dos tipos de soluciones para cimientos aislados.

### Zapatas de mampostería de bloques huecos de concreto.

Los bloques de 20 x 20 x 40 cm se apoyan sobre una zapata de concreto (ver las recomendaciones de la Tabla 1) armada con varillas de 3/8 de pulgada (plg), espaciadas a cada 20 cm. Normalmente los bloques se usan para formar pilastras con sección de 40 x 40 cm. Los huecos de la pilastra se rellenan con concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . En zonas de vientos fuertes o alta sismicidad, la pilastra se ancla a la zapata de concreto con varillas de refuerzo; se recomiendan tres varillas de 3/8 plg, o dos varillas del No. 4 (1/2 plg). La altura de la pilastra no debe ser superior a cuatro veces la dimensión mínima de su sección transversal.

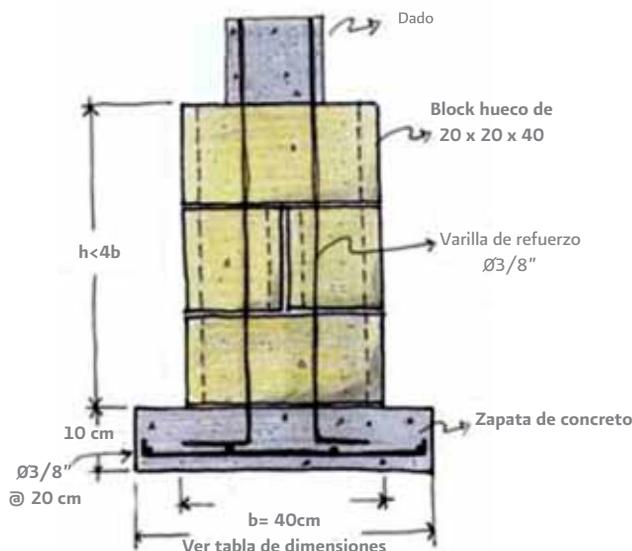


Figura 54. Cimentación con placa de concreto y dado con bloques huecos de concreto.

### Cimientos de mampostería de piedra braza

Si se dispone de este material en el lugar, puede resultar económico utilizarlo para construir los cimientos. Si el terreno lo permite, se construyen de sección constante (40 x 40 cm); para terrenos con poca capacidad de carga se puede ampliar la base del cimiento para formar una sección piramidal. Es recomendable que la corona del cimiento sea de concreto, para anclar varillas en el cimiento (Figura 54).

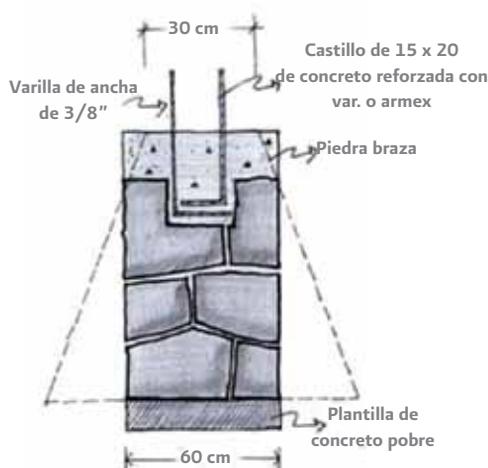


Figura 55. Cimientos de mampostería de piedra braza.

### Cimientos con planta baja apoyada sobre el terreno

Para estructuras de bambú en las que la planta baja se desplante en el terreno, se recomiendan tres tipos de cimentación:

#### Cimientos independientes de la losa de concreto

Son cimientos perimetrales (como los descritos anteriormente) sobre los que se apoyan las columnas. En estos sistemas se deben dejar juntas de expansión de 1,2 cm de ancho entre los cimientos y la losa. Los muros y cimientos deben sobresalir como mínimo 20 cm sobre el nivel exterior del suelo.

### Mampostería de bloques huecos

Se construyen con bloques huecos de concreto de 20 x 20 x 40 cm, sobre una zapata de concreto armada con varilla de 3/8 de plg a cada 20 cm. Los bloques huecos se rellenan de concreto, aproximadamente a cada 3 m, dejando ahogadas cuatro varillas de 3/8 plg, ancladas desde la zapata (Figura 56). Es aconsejable rematar el cimiento con una cadena de concreto armada con cuatro varillas de 3/8 plg y estribos del No. 2 a cada 15 cm, o con armex de 15 x 20 cm.

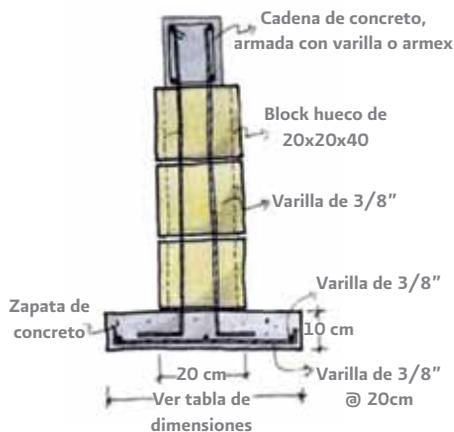


Figura 56. Cimientos corridos con bloques huecos de concreto.

### Mampostería de piedra braza

Es recomendable construirlas con las dimensiones mínimas ilustradas en la Figura 57, dejando huecos previstos para anclar una cadena reforzada de armex o con cuatro varillas de 3/8 plg y estribos No. 2 a cada 20 cm; sobre ésta se apoya la solera de desplante, para lo que se recomienda que la superficie superior esté bien nivelada.

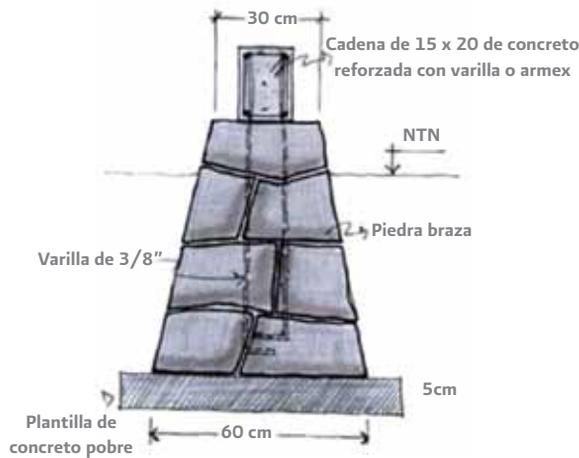


Figura 57. Cimientos corridos de piedra braza.

### Cimientos integrados a la losa de concreto

Cuando se tienen terrenos con poco desnivel se pueden reducir notablemente los tiempos de construcción de la cimentación y los trabajos de excavación, apoyando la estructura sobre una losa de concreto reforzada, colada monolíticamente con las zapatas corridas y los cimientos para recibir columnas aisladas. La preparación del terreno, dimensiones y el armado de la losa deben cumplir con lo indicado en las figuras 58 y 59.

El proceso de construcción puede ser el siguiente:

- Se desmonta el terreno, quitando la materia orgánica o cualquier tipo de relleno, hasta llegar a terreno natural firme.
- Se coloca una capa de relleno compactado para aumentar la estabilidad del suelo.

- Sobre éste se tiende una capa de grava, de 10 a 15 cm, que sirve como drenaje para evitar que la humedad penetre en la losa. Para evitar que durante el colado se filtre la lechada, se coloca una capa de material impermeable sobre la grava, que puede ser una membrana de polietileno o una capa de fieltro asfáltico en tiras con traslapes mínimos de 10 cm.
- Posteriormente se vuelan la losa y las zapatas al mismo tiempo, la losa debe ser de concreto entre 8 y 10 cm de espesor, es aconsejable reforzarla con varillas de 3/8 plg, espaciadas a 40 cm en ambas direcciones, o con malla electro-soldada con separaciones de 15 x 15 cm con alambre de calibre 10/10 u 8/8 plg. El refuerzo se coloca a un tercio del peralte a partir del lecho superior.
- El nivel terminado de la losa debe quedar por lo menos 20 cm sobre el nivel del terreno circundante (Figura 60).

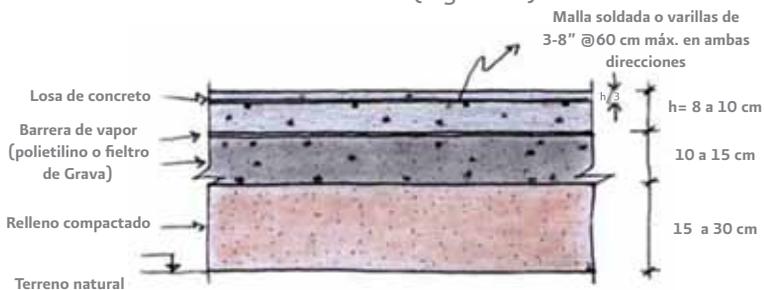


Figura 58. Losa de concreto corrida.

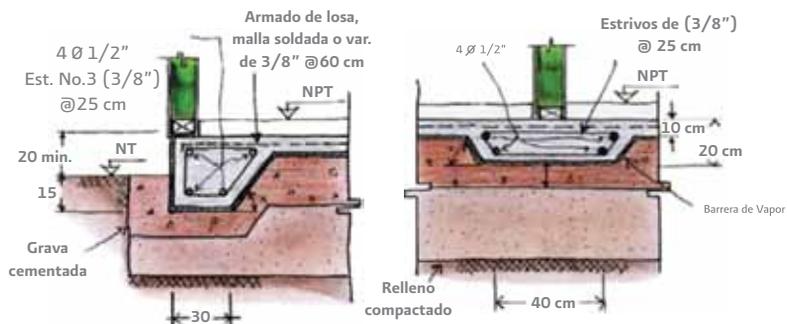


Figura 59. Cimentación con zapata corrida integrada a losa de concreto.

## Pisos

Los pisos de una construcción son la base sobre la que se erige ésta, deben tener la capacidad de actuar como diafragmas para transmitir las fuerzas horizontales y verticales a los elementos verticales. Los sistemas de piso de planta baja elevada y los entrepisos se deben diseñar y construir de manera que no se presenten deformaciones o vibraciones excesivas.

### Pisos apoyados sobre el terreno

Se construyen con un firme homogéneo y sólido hasta la losa de cimentación, y se pueden recubrir con cualquier acabado.

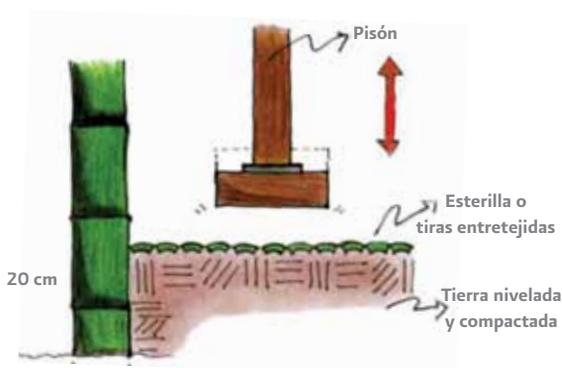


Figura 60. Sistema de piso apoyado sobre el terreno.

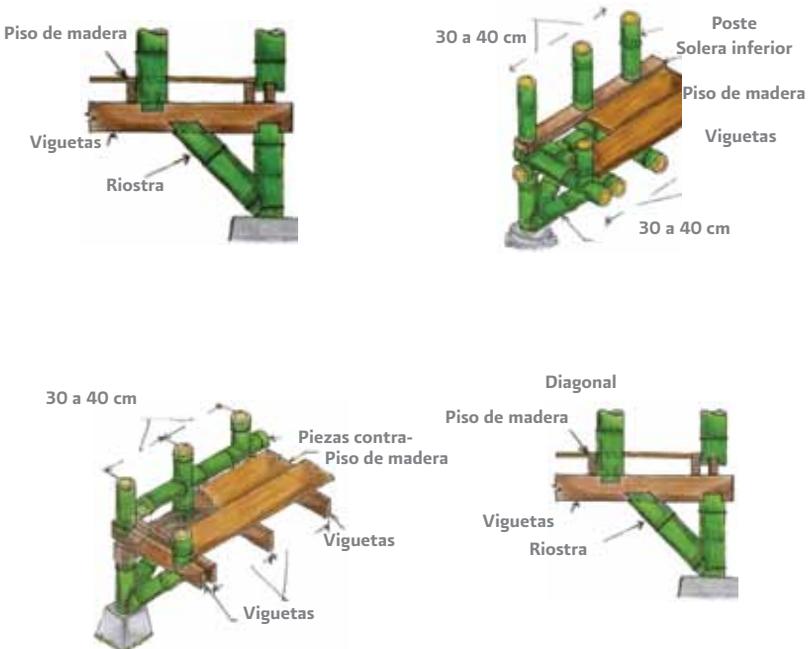
### Pisos con planta baja elevada sobre el terreno

Son recomendables para terrenos con declive pronunciado o para no construir cimientos corridos, sino cimientos aislados, ahorrando material y dinero.

Los postes que soportan toda la estructura, deben anclarse muy bien a los cimientos aislados. Este tipo de piso está formado por un sistema de vigas de soporte (parte de la estructura de la construcción de la casa), uniones y una cubierta de piso, todo de bambú, aunque también existe la combinación de madera y bambú. Se recomienda levantar el piso 60 cm para inspeccionarlo regularmente por la parte inferior (Figura 61).

## Recubrimientos de piso

La cubierta de piso puede hacerse con tableros de esterilla, tiras de bambú entretejidas o bambúes enteros de diámetros pequeños. La distancia recomendada de separación entre vigas es de 40 cm, se puede añadir una solera de madera para facilitar la unión entre el recubrimiento y las vigas; sobre esta cubierta se puede verter una capa de mortero de cemento-arena en proporción 1:4, reforzada con malla electro soldada de refuerzo o tela de gallinero común, como aislamiento para hacer más confortable el interior de la habitación en las épocas de frío (Figura 62).



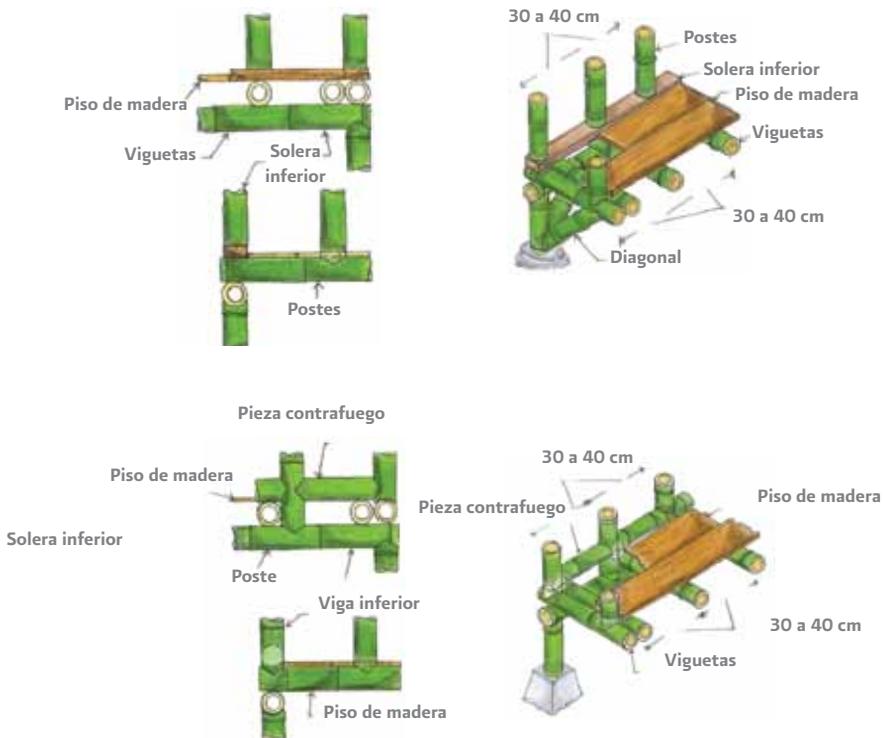


Figura 61. Sistemas de piso elevados sobre el terreno.

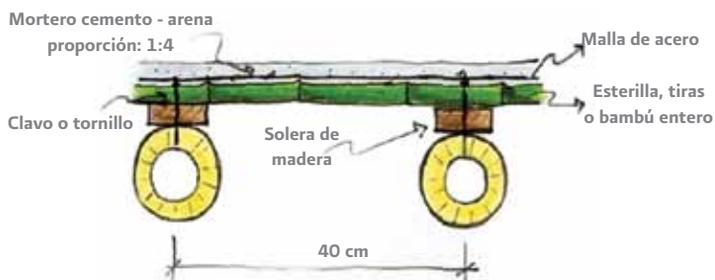


Figura 62. Sistema de piso con esterilla y mortero.

## Muros

Los muros exteriores protegen a los edificios de la intemperie, mientras que los interiores definen los espacios destinados a diversas actividades dentro de la construcción; deben ser duraderos y de apariencia agradable, contribuir a mantener un ambiente grato con un mínimo de energía, evitar la entrada de agua de lluvia, disponer de cierta resistencia a los incendios y tener aislamiento acústico.

Tanto los muros exteriores como los interiores se ven expuestos a cargas que deben ser capaces de soportar y transmitir a los cimientos. También deben soportar las cargas verticales de su propio peso y las de los sistemas de piso y techo apoyados sobre ellos, así como las fuerzas horizontales de la acción del viento o de algún sismo.

Una vez fijados, los postes se recubren en el interior y exterior con tableros de esterilla colocados horizontalmente, con el lado liso hacia adentro.

La fijación de los tableros a los postes se puede hacer utilizando una cinta de 2 cm de ancho cortada de la parte externa del bambú, que se fija al centro de cada poste, atravesando la esterilla con tornillos colocados a una distancia no mayor de 8 cm, o empleando alambre galvanizado con el cual se unen las cabezas de los tornillos, dándole una vuelta a cada uno antes de atornillarlos totalmente (Figura 63).

En la construcción de los muros de bajareque se debe considerar que las tiras que forman la esterilla, por tener forma trapezoidal, tienen un extremo más ancho que el otro y por ello deben colocarse en tal forma que, sobre el extremo más angosto de una tira se coloque el más ancho de la siguiente y viceversa.

De igual manera, se debe cuidar que las esterillas más gruesas deben colocarse sobre los extremos más delgados o de menor diámetro de los postes de bambú, y las más delgadas en el extremo de mayor diámetro, con el fin de lograr un plano vertical de la superficie externa o interna de la pared (Figura 64).

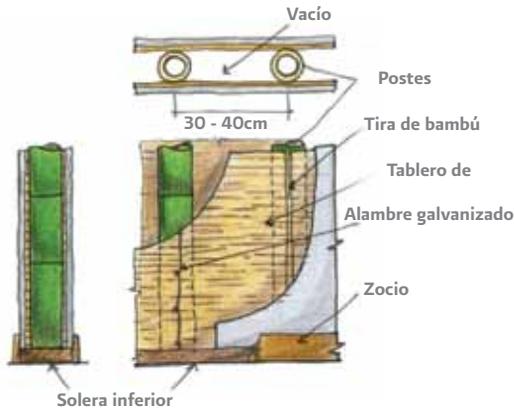


Figura 63. Muro de bambú con bajareque.

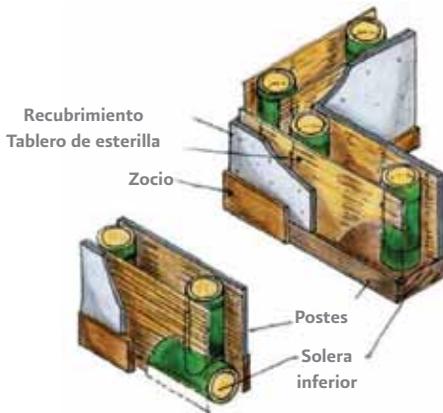


Figura 64. Muro de bajareque con la esterilla horizontal.

Si se utilizan tableros de esterilla muy delgados y flexibles, es importante tomar en cuenta que los postes deben colocarse a menor distancia, a cada 30 cm, de lo contrario cualquier presión que se haga sobre el muro una vez que se haya recubierto, provoca el agrietamiento del recubrimiento, y que el recubrimiento de los muros de bahareque se haga aplicando sobre ellos dos capas de barro o mortero de cemento-arena en proporción de 1:5.

### **Muro de barro embutido**

El entramado de este tipo de muros se construye en forma semejante a los de bajareque, aunque en lugar de los tableros de esterilla se emplean tiras de bambú de 4 cm de ancho, fijadas horizontalmente sobre los postes con el lado externo hacia adentro, y con una separación de 8 cm entre las tiras, para facilitar el relleno de su interior con arcilla húmeda previamente mezclada con paja.

A medida que se va relleno su interior se va presionando la arcilla, hasta que quede a ras de la parte externa de las tiras. Una vez relleno el muro se deja secar durante un mes o más, posteriormente se aplican dos capas de recubrimiento de tierra y boñiga de forma semejante a como se aplica el recubrimiento en los muros de bajareque. Si se emplean tiras muy delgadas, la separación de los postes no debe ser mayor de 30 cm.

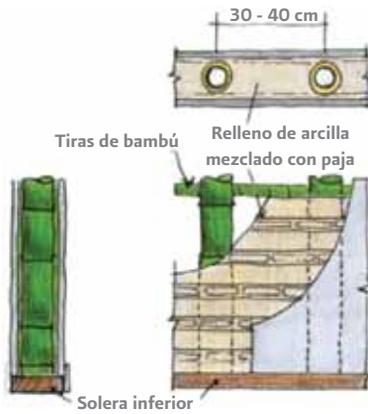


Figura 65. Detalle de muros de embutido.

En la construcción de los muros de embutido deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones: las tiras pueden colocarse interior y exteriormente a la misma altura o alternadas. En las esquinas o cruces de muros las tiras se deben colocar a diferentes alturas de manera que sus extremos se crucen como se ilustra en la figura 66.

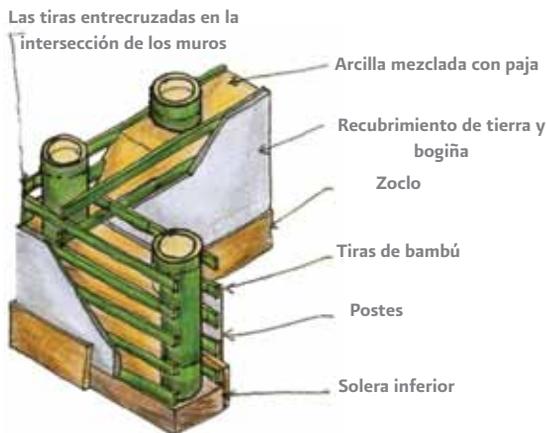


Figura 66. Colocación de tiras en esquinas de muros embutidos.

## Muro de quincha

Las paredes de quincha o entrelazados son muy utilizadas en Perú en la construcción de vivienda de bajo costo, con este sistema se logran muros delgados y resistentes, que dejan a la vista los marcos de bambú, formados por postes y soleras o por columnas y vigas, proporcionando un aspecto muy agradable a la vivienda. Para hacerlos se emplean dos métodos diferentes entre sí, por la dirección en que se entretajan las tiras con los soportes. En el método A, las tiras se entretajan verticalmente entre soportes horizontales de bambú fijados previamente a las columnas o postes con una separación uniforme que puede variar entre 50 y 70 cm (Figura 67 A).

En el método B, las tiras de bambú se entretajan horizontalmente entre soportes verticales fijados previamente a las soleras inferior y superior, con una distancia semejante a la indicada en el método A (Figura 67 B). Para la construcción del entramado se utilizan tiras obtenidas de bambúes de 2 o 3 años de edad, lo suficientemente flexibles para que no se rompan al entretajarlas.

En caso de utilizar tiras muy delgadas y flexibles, la separación entre los soportes debe reducirse. Para el recubrimiento de las paredes se emplean de 2 o 3 capas de barro, adobe o de mortero, siendo este último el más aconsejable. La primera capa de mortero de cemento debe aplicarse con fuerza para que penetre entre las tiras y se logre la unión entre el mortero de uno y otro lado.

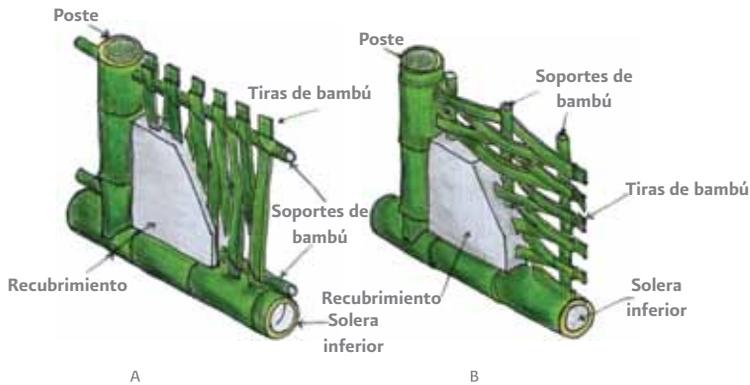


Figura 67. Muro de quincha con tiras de bambú verticales y horizontales.

## Cubiertas y techos

Los techos o cubiertas brindan protección contra las condiciones ambientales, además de cumplir con su función de seguridad estructural y buena apariencia. Es la parte de la construcción que presenta mayores dificultades en su diseño y construcción. Para su diseño se deben considerar las cargas vivas, muertas y accidentales. También se debe diseñar un buen sistema de apoyo entre la cubierta y los muros o postes, para que todo el peso del techo se transmita hasta la cimentación, asegurando que la cubierta quede bien anclada a los sistemas intermedios (muros y postes), para resistir las fuerzas accidentales de viento o sismo.

Un techo de bambú es un sistema estructural formado por largueros, vigas y tensores, cuya función es soportar un recubrimiento final, que puede ser de diferentes materiales, como de bambú, láminas, teja o malla de acero con mortero.

La estructura del techo consiste en vigas principales y/o armaduras que soportan largueros, espaciados entre 40 y 60 cm, y en caso de ser necesario se modulan estas separaciones con las dimensiones de materiales

industrializados como láminas metálicas o tableros de madera. Las vigas o armaduras principales se anclan a los postes y muros, para resistir las fuerzas del viento o de algún sismo.

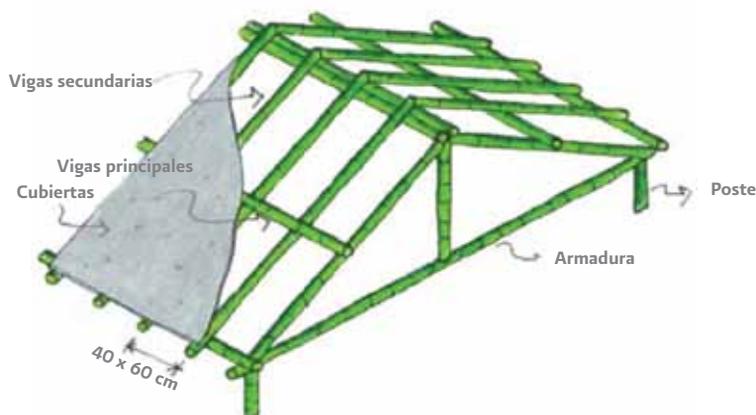


Figura 68. Techo o cubierta de la forma más sencilla construida con bambú.

## Recubrimientos

Son los materiales que protegen el interior de la edificación y la estructura del techo, se puede utilizar bambú, madera, láminas metálicas o de fibrocemento, tejas de barro o asfálticas; enseguida se describen algunos ejemplos.

### **Teja de bambú**

El recubrimiento se hace con piezas de bambú divididas por la mitad a lo largo, a los que se les remueven los diafragmas, es preferible que tengan un diámetro de 80 mm o más. Se colocan desde la cumbrera hasta el extremo final de la cubierta, la primera capa se colocará con los bambúes derechos y juntos, con la parte interior hacia arriba, la segunda capa se coloca al contrario, con el hueco hacia abajo, entre dos tejas de bambú de la primera capa (Figuras 69 y 70), cada teja es fijada o clavada a los largueros. El peso total de este recubrimiento es de 20 kg por m<sup>2</sup>.

### **Tejamanil de bambú**

Este tipo de recubrimiento se arma con tejas planas obtenidas de tallos de bambú, con diámetros de 40 a 60 mm (Figura 71), a cada pieza de tejamanil se le corta una lengüeta que sirve como elemento de sujeción. El tejamanil se coloca como se ilustra en la figura 72, con clavos para evitar que se desprenda con el viento. Para lograr una cubierta impermeable, se recomiendan tres capas de tejamanil. El peso total de esta cubierta varía de 20 kg a 25 kg por m<sup>2</sup>.

Es recomendable tomar precauciones para asegurar la durabilidad de los recubrimientos de cubiertas con bambú, ya que su durabilidad es baja por efecto de la intemperie o por el riesgo de fuego, aunque se le aplique algún tratamiento preservador; su vida útil es de dos años en promedio.

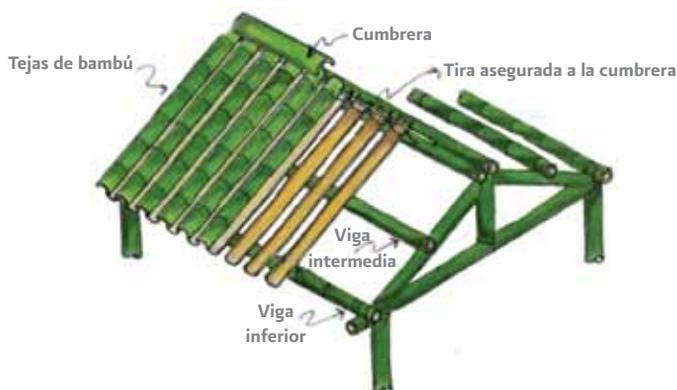


Figura 69. Recubrimiento con bambú en media caña usado como teja.

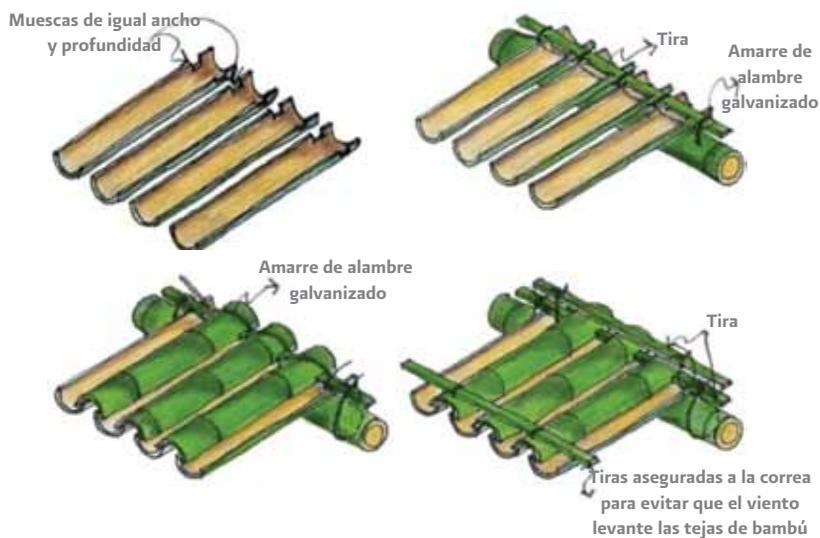


Figura 70. Detalles de colocación de la teja de bambú.

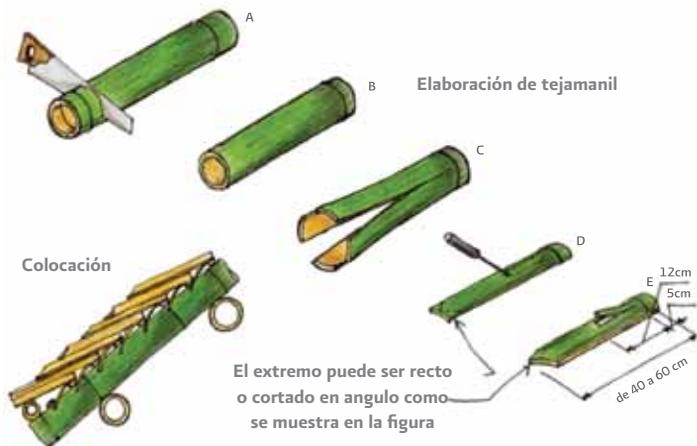


Figura 71. Obtención del tejamanil de bambú.

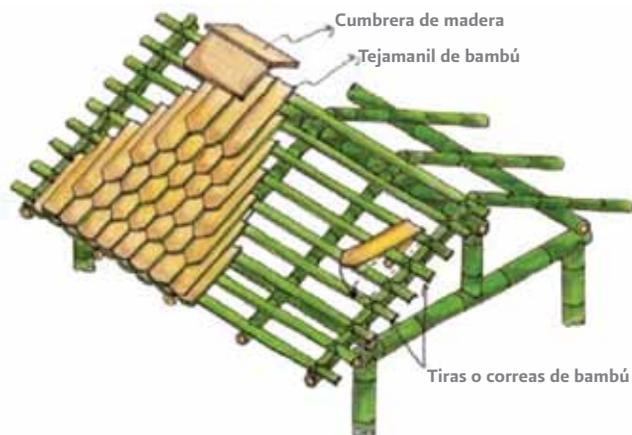


Figura 72. Recubrimiento con tejamanil de bambú.

## Ferrocemento

Este tipo de recubrimiento es sencillo, presenta una buena resistencia al fuego y es una técnica que dominan los trabajadores de la construcción. Consiste en una capa delgada de mortero reforzado con varilla de refuerzo, malla electro soldada o malla de gallinero. El mortero puede ser una mezcla de arena, cemento y cal hidratada, en proporción 1:2:3 o cemento y arena, en proporción de 1:4. Para recubrir un techo, sobre las vigas, largueros o armaduras, se fijan clavos, tornillos u otros accesorios similares con separaciones entre 20 y 25 cm; después se tiende una malla electro soldada, amarrada con alambre a los tornillos o clavos. Sobre la malla se tiende tela de gallinero y se fijan ambas; encima se aplican varias capas de mortero. Éste es un material delgado y frágil susceptible al agrietamiento cuando se expone a variaciones de temperatura y humedad, por ello requiere una base rígida y resistente, con juntas adecuadamente distribuidas para absorber los movimientos de contracción-expansión de la placa y reducir posibles agrietamientos. En general, se recomienda un aplanado de dos centímetros de espesor, una vez que fragüe se aplican uno o varios finos, para engrosarlo y

cubrir los agrietamientos que hayan aparecido en la capa base. Directamente sobre esta base, se recomienda aplicar una capa de impermeabilizante y sobre ésta el acabado final, que puede ser teja u otro material similar (Figura 73).

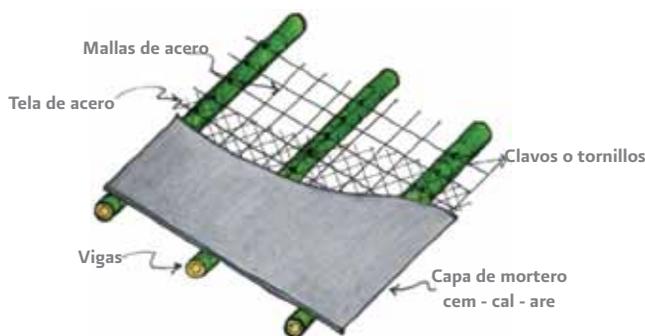


Figura 73. Cubierta de ferrocemento con mortero como acabado final.

## Armaduras ligeras

Las armaduras son elementos estructurales para techos que cubren grandes claros, están formados por elementos de pequeñas dimensiones unidos con placas metálicas, de tableros de madera o cortes a media madera fijados con conectores metálicos. Se pueden usar cubiertas, pisos y entrepisos, y permiten cubrir claros relativamente grandes, dejando libertad para la disposición de los muros divisorios interiores.

Si se utilizan armaduras prefabricadas, se reduce el costo de los trabajos en obra, así como el tiempo de la construcción. Se puede tener un espacio cubierto desde el inicio de la obra, lo que permite agilizar los trabajos de acabados e instalaciones a salvo de la intemperie, su instalación no requiere equipo pesado.

Algunos de los inconvenientes que presentan es la imposibilidad de aprovechar el espacio entre el recubrimiento y la cuerda inferior, ocupado por los miembros de los montantes y diagonales, que permiten únicamente la colocación de las instalaciones.

En regiones donde el bambú es un material común para la construcción, se acostumbra usar armaduras que se hacen en forma empírica, con más bambú del necesario y en algunos casos no resultan estructuralmente estables.

Por lo general, las armaduras se construyen de acero o madera y pueden ser calculadas con la ayuda de libros o reglamentos de construcción. Por el contrario, en el caso del bambú, los proyectistas diseñan y construyen de manera empírica sus propias armaduras, pues no existe información técnica disponible que les sirva de apoyo. Para diseñar y construir armaduras de bambú, se debe tener conocimientos de diseño estructural y mecánico.

En las figuras 74 y 75 se muestran dos ejemplos de armaduras que se pueden fabricar con bambú.

### **Estructuras sobre los muros extremos**

Para formar el tímpano que queda sobre los muros extremos o de cabecera, se utilizan paneles, en lugar de las armaduras convencionales.

### **Volados y/o aleros**

Es recomendable construir los techos con volados o aleros que protejan los muros contra la lluvia.

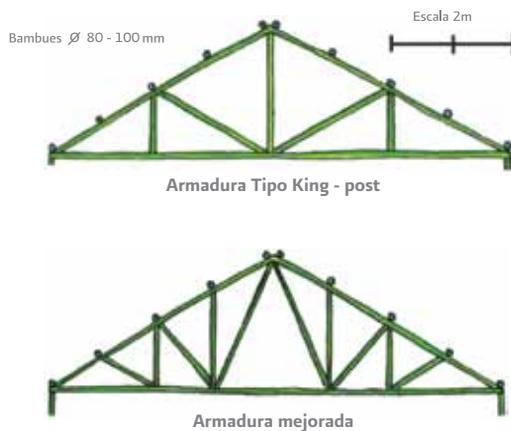
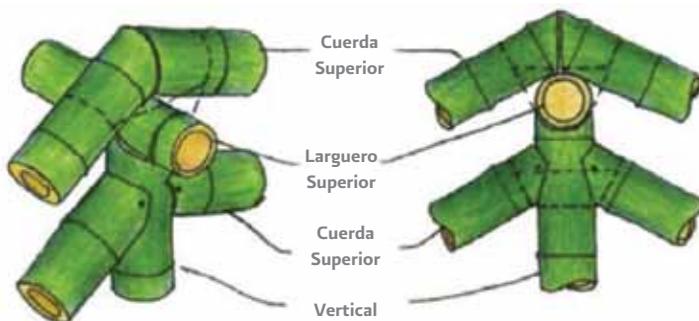
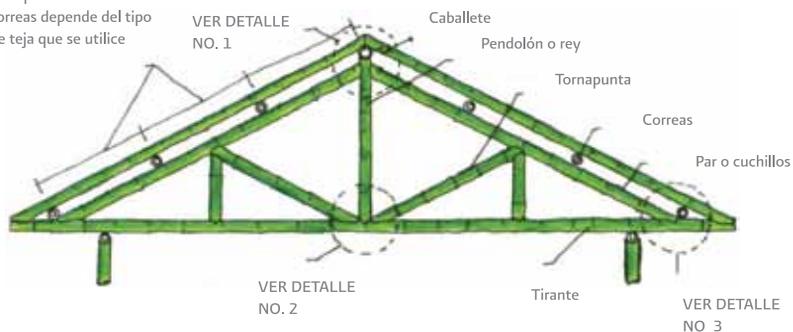


Figura 74. Ejemplo de armaduras que se pueden fabricar con bambú.

La separación de las correas depende del tipo de teja que se utilice



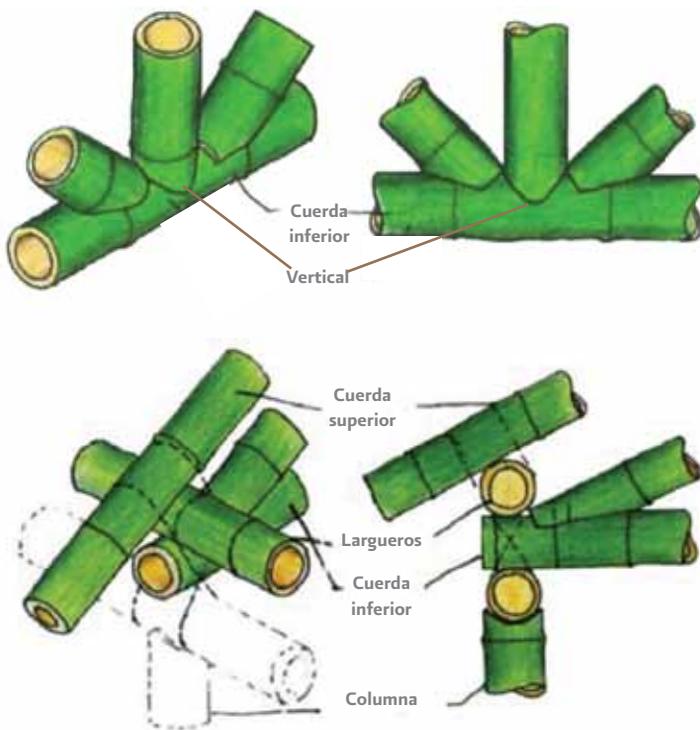


Figura 75. Ejemplo de otra armadura y detalle de sus uniones.

## **Anclajes**

Tanto los techos de largueros, como los de armaduras ligeras deben estar anclados a las soleras de los muros de manera que puedan soportar los movimientos del viento y otros factores que pueden presentarse.

Las armaduras ligeras se utilizan con separación de 40, 60, 80 y 120 cm, la separación más frecuente es de 60 cm; la de 120 cm se emplea en algunos casos especiales. Las pendientes pueden variar de 25 a 70%.

## **Arriostramientos**

Durante la construcción de los techos con armaduras, es necesario contar con un sistema de arriostramiento provisional, que mantenga las armaduras en la posición correcta. Este no será necesario una vez que se coloque una cubierta que actúe como diafragma.

Si la techumbre no constituye un diafragma como en los techos de lámina o un material semejante, debe preverse un arriostramiento permanente de manera que las armaduras puedan soportar las cargas verticales y los movimientos laterales del viento y los sismos. Un arriostramiento posible consiste en introducir una triangulación horizontal en el plano que pase por la cumbrera.

## Glosario

### A

**Alero.** Parte exterior de un techo que sobresale de los muros exteriores de la edificación.

**Aristas.** Borde donde se encuentran dos superficies. Borde fino del encuentro de dos molduras.

**Armaduras ligeras.** Elemento estructural con base en piezas trianguladas, que se utiliza en cubierta o entrepisos principalmente.

**Arriostramientos o contravientos.** Elementos en diagonal que se utilizan para proporcionar estabilidad a la estructura ante acciones horizontales o para reducir las longitudes de pandeo en los elementos sujetos a compresión.

**Arriostramiento lateral en piso.** Elementos en diagonal ubicados en el plano del entrepiso. Se utilizan cuando el entrepiso no cuenta con suficiente rigidez y resistencia para funcionar como diafragma.

### B

**Barrera de vapor.** Material impermeable que impide el paso de vapor de agua.

**Bastidor.** Estructura de muros formada por elementos verticales (pies derechos), y horizontales (soleras), sobre los que se fijan los forros y los acabados.

**Botaguas.** Moldura exterior que se coloca en puertas y ventanas para evitar el paso del agua.

**Bráctea.** Estructura parecida a una hoja que protege a otras estructuras como el culmo, espiguillas, y flores, entre otros.

**Brote.** Retoño; término usual con que se designa el nuevo individuo en estado de desarrollo, a partir de la yema y hasta que ha terminado su crecimiento.

### C

**Chusquines.** Brotes que emergen del rizoma.

**Coleópteros.** Insectos degradadores de productos lignocelulósicos, como la madera y el bambú, sus alas son rígidas y su residuo es como harina.

**Columnas o postes.** Elementos estructurales sometidos a cargas de compresión y flexo compresión.

**Contenido de humedad.** Porcentaje de agua presente en un tallo de bambú, calculada con base en su peso secado al horno.

**Culmo.** Tallo cilíndrico, generalmente hueco, pero sólido en los nudos.

## D

**Diafragma.** Elemento estructural de espesor pequeño comparado con sus otras dimensiones. Los diafragmas son sistemas que se diseñan para lograr resistencia y rigidez muy altas en su plano para transmitir cargas a otros elementos sin que sufran grandes deformaciones.

**Durabilidad natural.** Resistencia que presenta la madera (medida en tiempo) a la acción de cualquiera de los agentes biodegradadores (hongos, insectos o bacterias) y al intemperismo.

## E

**Entramado ligero.** Sistema estructural en el que los muros, pisos y techos están formados con piezas de madera de 3.8 cm de grosor y de 8.7 o 14 cm de ancho. Normalmente se colocan con espaciamientos menores o iguales a 61 cm.

**Entrenudo.** Porción del culmo o tallo entre dos nudos.

**Espiguilla.** Unidad floral de la inflorescencia de las gramíneas, formada por un eje (o raquis) y varias hojas o brácteas.

## F

**Fibra.** Término utilizado para designar a los elementos celulares constitutivos del bambú.

**Flor.** Incluye andróceo (estambres), gineceo (pistilo) y lodículas (estructuras pequeñas situadas en la base del ovario).

**Forro estructural o cubierta.** Material de poco espesor, que se coloca sobre los bastidores de muros, sobre los largueros del piso o del techo. Tiene dos funciones, por un lado soportar las cargas que actúan perpendicularmente a su plano y por otro, formar diafragmas estructurales con capacidad para soportar cargas en su plano y transmitir las, principalmente a elementos verticales.

## G

**Gramíneas.** Familia de plantas monocotiledóneas en la que se encuentran los cereales.

## H

**Herbáceos.** Que tiene el aspecto de la hierba.

**Hongos.** Organismos erróneamente considerados plantas inferiores; los hongos realmente están constituidos por innumerables células microscópicas similares a finos hilos que en conjunto semejan una masa algodonosa, estas son las hifas, las que penetran en el bambú y lo degradan.

## I

**Inflorescencia.** Comprende las espiguillas arregladas en un eje o ráquis.

## M

**Macollo.** Culmos, cañas o tallos que crecen en grupos.

**Marco.** Armazón que limita un vano y sirve para la fijación de las hojas de puertas o ventanas.

## N

**Nudo.** Unión de un culmo o tallo, zona donde se insertan las hojas.

## P

**Perno.** Sujetador con rosca en un extremo para tuerca y cabeza en el otro. Se colocan en agujeros de diámetro ligeramente mayor que el del perno.

**Pies derechos.** Elementos verticales que normalmente se colocan a separaciones menores o iguales a 61 cm para formar la estructura de muros.

**Preservador.** Sustancia tóxica para los agentes degradadores de la madera o el bambú.

**Pudrición.** Daño causado por hongos, propiciado por la alta concentración de humedad.

## R

**Resistencia al fuego.** Propiedad de un material o componente de soportar fuego o dar protección contra el fuego. Aplicada a componentes de construcciones, se caracteriza por la facultad de limitar un incendio o de continuar ejerciendo una función estructural determinada o ambas.

**Resistencia natural.** Resistencia que presenta la madera al ataque de un agente degradador específico (hongos de pudrición o termitas).

**Retoño.** Renuevo, vástago o tallo que produce una planta.

**Revestimiento.** Material sin función estructural, que cubre el interior o exterior de la súper estructura de una edificación.

**Riostras o contraviento.** Elementos en diagonal que se utilizan para rigidizar a un elemento estructural (muro, piso o techo) en su plano.

**Rizoma.** Tallo subterráneo generalmente cubierto por vainas y raíces, a partir de los cuales se originan nuevas plantas.

## S

**Secado.** Proceso durante el cual la madera pierde la humedad presente en su interior, cuando se expone a las condiciones ambientales de humedad y temperatura bajo cubierta.

**Separadores o bloques.** Piezas que se colocan entre las viguetas o los pies derechos para mantenerlos en su posición, normalmente son de la misma sección que los elementos que sostienen.

**Solera.** Pieza horizontal que sirve como soporte de los pies derechos de las viguetas o de las armaduras de piso o techo.

**Solera de desplante.** Solera que se fija por medio de anclas o tornillos a la mampostería o la cimentación para recibir los muros de carga.

**Sujetador.** Elementos metálicos para ensamblar piezas como clavos, tornillos, pijas, placas, pernos y otros.

## T

**Tejamanil.** Tabla delgada y dividida en listones cortos y anchos que se colocan como tejas en los techos de las casas.

**Termitas.** Insectos sociales degradadores de productos lignocelulósicos, como la madera y el bambú, tiene dos pares de alas y su residuo es duro y semiesférico.

**Tirante.** Elemento constructivo que impide la separación entre dos piezas.  
**Tornillo.** Sujetador que tiene rosca en toda su longitud y se coloca con desarmador.

## V

**Vaina.** Porción tubular basal de una hoja que envuelve al culmo (vaina caulinar) o rama (vaina foliar) para protegerla.

**Vigas.** Elementos sometidos esencialmente a cargas perpendiculares a su eje longitudinal y que actúan en forma aislada por tener una separación grande y no estar unidos por un material de cubierta que les permita compartir la carga, generalmente, la carga se aplica sobre los cantos.

**Vigas maestras o vigas mdrinas.** Vigas que sirven de soporte a las viguetas o armaduras de pisos y techos, transmitiendo las cargas a columnas o muros.  
**Vigas cunbreras.** Vigas maestras colocadas en los parte-aguas o cunbreras de los techos de dos aguas.

## Z

**Zapata.** Cimentación o ensanchamiento de la base de un soporte que tiene como cometido repartir las cargas sobre el terreno.

## Literatura consultada

Cortés Rodríguez, G.R. 2000. Los bambúes nativos de México. CONABIO. *Biodiversitas*, 30:12-150

Cruz R., H. 1994. *La Guadua: nuestro Bambú*. Corporación Autónoma Regional del Quindío-C.R.Q, FUDEGRAF. Colombia.

Erdoiza S., J. y R. Echenique M. 1980. *Preservación de madera de pino con sales de boro*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. INIREB, Xalapa Veracruz.

Hidalgo-López, O. 2003. *Bamboo, the gift of the Gods*. Ed. Óscar Hidalgo-López. Instituto Mexicano del Cemento y Concreto. 1999. *Manos a la obra: Manual de autoconstrucción*. IMCyC. México.

McClure F.A. 1966. *The Bamboos: A fresh perspective*. Harvard University. Press, Cambridge.

Ordóñez C., V.R., G. Bárcenas P., I. Salomón Q., C.A. Ordóñez B. y M.A. Palafox C. Caracterización tecnológica de las especies mexicanas de Guadua y sus aplicaciones en la construcción. En: Simposio Internacional Guadua 2004. Pereira, Colombia.

Palafox C., M.A. y C. Ordóñez B. 2004. Manual de construcción con bambú. Tesis profesional. Facultad de Arquitectura. Universidad Veracruzana.  
Rodríguez R. C. 2005. *Manual de autoconstrucción*. Edit. Pax Méx. 1.<sup>a</sup> Edición. México.

Van Lengen. 1989. *Manual del arquitecto descalzo. Cómo construir casas y otros edificios*. Ed. Concepto S.A. de C.V. México.

**CONAFOR**

Comisión Nacional Forestal

Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico

Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología

## Catálogo de postales (vol. 2)



**Para mayor información consulta**  
[www.conafor.gob.mx/biblioteca-forestal](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca-forestal)  
[www.conafor.gob.mx/conacyt-conafor](http://www.conafor.gob.mx/conacyt-conafor)  
[tt@conafor.gob.mx](mailto:tt@conafor.gob.mx)

**EJEMPLAR GRATUITO  
PROHIBIDA SU VENTA**



[www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)



COMISIÓN NACIONAL FORESTAL



AÑO INTERNACIONAL  
DE LOS SUELOS - 2015