

Su utilización podría aliviar la presión de la demanda de madera y contribuir a frenar el efecto invernadero

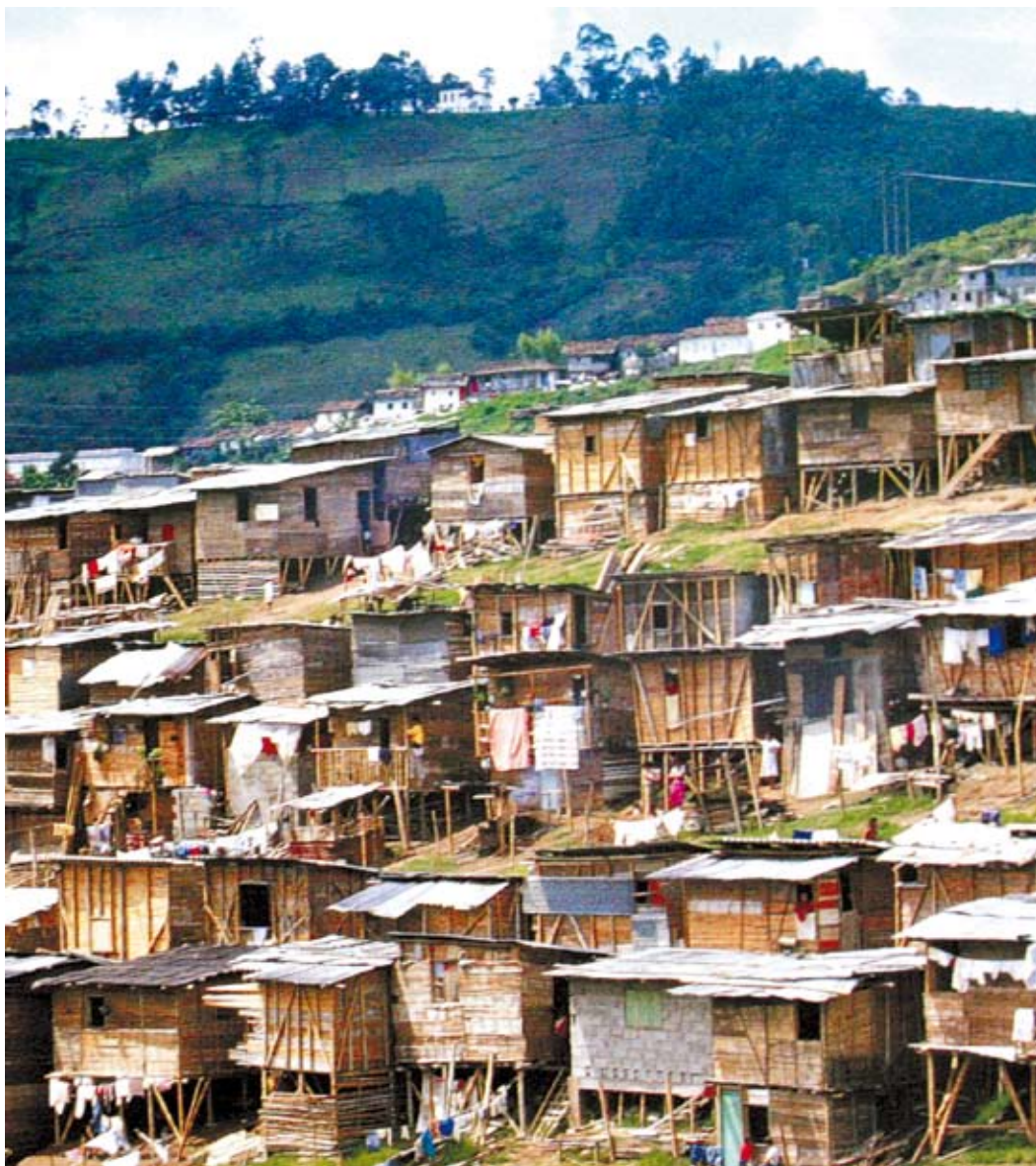
Transformación e industrialización del bambú

Giovanna Barbaro

Arquitecta
e-mail: info@green-box-design.com

(segunda parte de la tesis publicada en 1997 en Venecia, "La biónica del bambú", textos traducidos y adaptados por la autora, arq. Giovanna Barbaro. Barcelona mayo de 2007)

Con el fin de fomentar la explotación del bambú y reducir la de la madera tradicional, cumplir así con los objetivos del protocolo de Kyoto y al mismo tiempo garantizando la fundamental biodiversidad de las especies, a continuación se exponen algunas de sus extraordinarias propiedades.



Viviendas de protección oficial en Manizales, Colombia.

Como ya comenté en el número de febrero, el bambú, por su extraordinaria versatilidad, se puede considerar un óptimo recurso para un desarrollo sostenible. Hace unos siglos en Europa esta gramínea empezó a ser utilizada además de por sus características paisajísticas también por tener interesantes propiedades mecánicas y químicas. Con el fin de fomentar su explotación y reducir la de la madera tradicional, cumplir así con los objetivos del protocolo de Kyoto y al mismo tiempo garantizando la fundamental biodiversidad de las especies, a continuación se exponen algunas de sus extraordinarias propiedades.

Las propiedades físico-químicas

Entre los tecnólogos europeos que más detenidamente estudiaron el bambú cabe destacar el arquitecto alemán Frei Otto¹, catedrático en la universidad politécnica de Stuttgart. Sus investigaciones de los años '80 del siglo pasado han demostrado que en general esta gramínea es un material combustible que retrasa la llama (Norma DIN 4102, Reacción al fuego de los materiales para la construcción). La corteza puede resistir excelentemente gracias a su elevado contenido de ácido silícico que funciona como se fuera una protección ignífuga. En el SE asiático las indígenas siguen utilizando troncos de bambú como ollas, de hecho aguanta, increíblemente, hasta los 400°C y llegaría a carbonizarse totalmente solamente después de que el agua se haya evaporado. Otro dato curioso deducido de la cultura indígena es que a pesar de la inflamabilidad del techo de las viviendas, generalmente de hojas secas, cuando éste se incendia puede quemarse completamente pero sin llegar a afectar la estructura en bambú, lo que en cambio ocurriría al cabo de unos minutos con una estructura de madera de la misma sección. Pasaremos revista brevemente a las principales propiedades físico-químicas del bambú.

Peso específico

Varía con la humedad, pero para cañas secadas al aire (18% de humedad), oscila entre 0,70 y 0,80 kg/dm³. Si se considera sólo la pared, puede llegar a 0,85 kg/dm³. El peso específico depende también de la porción de caña analizada: a la base ronda los 0,57 kg/dm³ (mayor volumen hueco) y en la cima 0,76 kg/dm³.

Conductividad térmica [λ]

Expresa el poder aislante de un material: cuanto más baja es, más poder aislante tiene. En el bambú depende del sentido de propagación del flujo de calor y del elemento que se esté ensayando.

Resistencia a compresión

Esta característica depende de las condiciones de sollicitación y del elemento considerado, en la tabla se anotan los datos promedios de dos distintos diámetros de cañas de bambú.

Resistencia a tracción

Depende del elemento de la caña ensayado (base, centro o cima), del % de humedad, del elemento a ensayar y de la presencia o no de nudos. En la tabla comparativa con los materiales tradicionales, anotamos los siguientes datos promedios.

Otro dato curioso deducido de la cultura indígena es que a pesar de la inflamabilidad del techo de las viviendas, generalmente de hojas secas, cuando éste se incendia puede quemarse completamente pero sin llegar a afectar la estructura en bambú, lo que en cambio ocurriría al cabo de unos minutos con una estructura de madera de la misma sección. Pasaremos revista brevemente a las principales propiedades físico-químicas del bambú.



Conductividad térmica [λ]			
Material secado en horno	Peso específico (kg/dm ³)	Conductividad térmica λ (Kcal / m h °C)	
		Perpendicular a las fibras	Paralela a las fibras
Abeto común	0,40 - 0,43	0,104	0,191
Bambusa textilís	0,37 - 0,85	0,088	0,143

Material	Conductividad térmica λ (Kcal / m h °C)
Panel comercial en Corcho	$\lambda = 0,038$
Panel comercial en Poliestireno expandido	$\lambda = 0,035$
Haz de cañas con diámetros > 15 mm	$\lambda \sim 0,07$ (comprable con la lana de madera)
Haz de cañas con diámetros < 15 mm	$\lambda \sim 0,04$ (comparable con el junco)

Resistencia a compresión		
Sección de bambú ensayada	Esfuerzo de compresión (kg/cm ²)	
	Ø 60 cm	Ø 32 cm
Paralelo a las fibras	636	863
Perpendicular a las fibras	525 a 930	

Módulo de elasticidad [E]

Es un coeficiente adimensional y se define como la relación lineal, conocida como la Ley de Hooke, entre la tensión debida a la carga aplicada al material y su deformación. Al igual que en la madera tradicional, decrece de un 5 - 10% con el aumento de la carga. Depende del tipo de esfuerzo aplicado, y del tipo de fibra (interna o externa de la sección solicitada) Desde un punto de vista estructural, para cañas enteras sometidas a flexión se puede adoptar el dato promedio reflejado en la siguiente tabla y en manuales especializados.

Resistencia a flexión simple

La deformación a esta sollicitación se expresa en términos de "flecha elástica" y a continuación se anota el promedio medido experimentalmente en cañas con diámetro de 70 a 100 mm de la misma longitud (L).

Prueba a dobladura

La madera sometida a flexión colapsa repentinamente cuando se supera la resistencia admitida por sus fibras. En cambio en el bambú, cuando éstas colapsan el resto de la caña queda intacto. Las fracturas corren en la dirección de las fibras disipando energía, por lo tanto se alcanza la rotura total con valores de energía más elevados. Además las fracturas se limitan a las zonas entre los nudos del segmento afectado por la prueba.

Resistencia a esfuerzos cortantes

Esta característica depende del punto de la caña en el cual se aplica la fuerza (segmento o nudo) y de su sec-

Resistencia a tracción		
Elemento ensayado	Esfuerzo de tracción a rotura (kg/cm ²)	
	caña Ø 80 cm	caña Ø 30 cm
Bambú (fibras externas)	3.068 a 3.273	3.574 a 3.843
Bambú (fibras internas)	1.484 a 1.633	1.353 a 1.947
Bambú (sección bruta)	1.627 a 2.151	2.325 a 2.758
Madera de coníferas	500 a 1.500	
Madera de caducifolia	200 a 2.600	
Seda	3.500	
Lino	6.000 a 11.000	
Acero de construcción	3.700 a 5.200	

Módulo de elasticidad [E]	
Material	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
Bambú (caña entera solicitada a flexión)	200.000
Madera (no resinosa, solicitada a flexión)	110.000
Acero	2.100.000
Hormigón ordinario (a compresión)	220.000 a 360.000

Cuanto más alto es el módulo "E", más rígido es el material.

ción (a menor diámetro corresponde mayor resistencia en virtud de la mayor cantidad relativa de fibras externas más resistentes).

Ensayo con fuerza puntual de impacto

La energía necesaria para fracturar una caña de bambú es la misma independientemente del punto de aplicación (nudo o segmento). En la prueba se han considerado cañas de 20 mm de diámetro con espesor de 4 mm. El aspecto de la fractura sin embargo es muy diverso: cuando se golpea un nudo la caña resiste más que cuando se golpea en un segmento.

Fases de la transformación de la materia prima

■ Recolección

Para que sea sostenible tiene de prever la replantación o por lo menos ser "selectiva". Si se trata de especies monopodiales (cañas separadas uniformemente), la misma se realiza cortando solamente las que están maduras. Si se trata de especies que forman matas, la recolección selectiva se realiza cada 2 - 4 años recortando hasta un 30% del cultivo. En ambos casos, las estaciones adecuadas para la recolección son el otoño y el invierno. Se aconseja no cortar las cañas por encima de los 30 cm del suelo y no usar la sierra porque impide a la raíz de pudrirse, por lo que evita el crecimiento de nuevos brotes. La mejor herramienta es el machete. Para acelerar la putrefacción de la raíz de la caña cortada, lo ideal es quebrar el muñón de la misma con un corte en cruz. De este modo el agua pluvial penetrará más fácilmente. La poda

se tiene de realizar poniendo cuidado de no impedir que las cañas se sujeten una con otra, de lo contrario crecerán encorvándose. Por cada 4 cañas maduras se genera una nueva. Por lo tanto, se tardan 4 años para reemplazar las quitadas. Dentro de una mata la producción de cañas varía con la especie entre 10 y 38 %. El método ideal para asegurar una producción continua es determinar la producción en un año sobre la base del promedio deducido en los últimos 15 años. La primera recolección puede empezar cuando la mata llegue a su completa madurez, es decir alrededor de los 6 años después de su plantación. En las forestas estatales de la India se abaten matas cada 3 - 4 años y se dejan aproximadamente 10 cañas por mata manteniendo las jóvenes en la periferia. Estas cañas sirven para sujetar las nuevas y mantener la completa potencia germinativa de los rizomas. Las cañas de bambú de 2 - 5 años son las más adecuadas para generar materia prima.

Con un período de rotación de 3 años, se pueden recoger entre 3.000 a 15.000 cañas por hectárea, que equivale a 7,5 - 38 ton/ha. Para comprender mejor este dato, baste pensar que en Alemania la productividad de leña seca es de 1,4 ton/ha de bosque. Tras el abatimiento de las cañas, las ramas se tienen que remover con cuidado para no dañar la "corteza" que protege contra la humedad y los microorganismos nocivos.

■ Almacenamiento y secado

Las cañas tienen que ser colocadas horizontalmente y con apoyos frecuentes, de modo que no se encorven. Deben estar protegidas del sol, la lluvia y la humedad del terreno. El secado al aire necesita de un período de 6 a 12 semanas, mientras que en el horno tarda solamente 2 o 3 semanas. Algunas especies de bambú no toleran un secado rápido y desarrollan grietas o quebraduras axiales. La forma ideal de almacenarlas es dentro estantes, donde la primera capa no tiene que estar a menos de 50 cm. del terreno. Eso garantiza una buena circulación del aire y la posibilidad de inspeccionar cada una. Las cañas afectadas por hongos o insectos se tienen que eliminar o tratar inmediatamente.

■ Condiciones de vulnerabilidad

El riesgo de daños al cultivo por parásitos, animales o vegetales es directamente proporcional al factor humedad. De hecho las fibras saturadas de agua y nutrientes representan un lugar ideal para los parásitos porque su resistencia mecánica se minimiza. Los animales enemigos son cabras o ciervos porque aman comerse las hojas tiernas y además pisan los rizomas. En cambio ratones, conejos y monos se comen rizomas y brotes. Además hongos e insectos pueden dañar las paredes de las cañas. Los más invasores son los moscones taladradores como el *Dinoderus minutus*, *Dinoderus ocellaris*, *Dinoderus brevis*, *Dinoderus pilifrons*, y los moscones *Bostrichidae* y *Lyctidae*. Los mismos afectan tanto las cañas vivas como las cortadas, taladrándolas al punto de dejarlas parcialmente inutilizables.

■ Duración del material y tratamientos para su conservación

Al igual que la madera convencional, también el

Resistencia a flexión simple

Flecha elástica	Elemento ensayado		
	mínima	promedio	máxima
Caña de 3,6 m de longitud	L/25,9	L/20	L/16,1

Resistencia a esfuerzos cortantes

Elemento ensayado	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	
	mínimo	máximo
Tira de bambú	169	231
Caña entera	147	222

Ensayo con fuerza puntual de impacto

Elemento ensayado	Energía disipada en el choque
Bambú	2,55 kg.m/cm ² (25,5 Joule/cm ²)
Abeto común	0,49 kg.m/cm ² (4,9 Joule/cm ²)

bambú presenta una mayor duración si es tratado. También en zonas muy cálidas y húmedas los edificios construidos con bambú pueden durar muchos decenios² si el material ha sido anteriormente tratado con algún tipo de conservante para madera y hasta 10 años si se usan métodos de tipo primitivo. El tratamiento de las cañas puede incluir una o varias de las siguientes fases:

1. Recolección: se aconseja en otoño o invierno porque los insectos y microorganismos son menos activos.

2. Maduración al aire: consiste en dejar las cañas en su sitio por unos días tras el corte, con sus hojas y ramas. Impedir el contacto de la caña con el suelo para que las hojas sigan su actividad metabólica disminuyendo el tenor de almidón en la caña. De este modo quedará menos apetecible para los moscones. Sin embargo la caña queda vulnerable a las termitas y los hongos.

3. Ahumado: se aconseja para convertir la corteza en desagradable para los insectos.

4. Calentamiento: en Burma y Tailandia las cañas se calientan en hornos a 150°C por un tiempo suficiente para endurecer la corteza, dejándola más resistente a los insectos. La caña no tiene que rajarse porque si no, se convertiría en vulnerable a los insectos.

5. Inmersión: más comúnmente se realiza dentro del agua, preferiblemente corriente, por un período de 4 a 12 semanas, manteniendo las cañas rectas con contrapesos de piedra para evitar que se encorven. El agua lava el almidón, azúcares y otros nutrientes para los insectos. El agua salada convierte las cañas en bastante inatacables pero más higroscópicas y por eso putrescibles. Puesto que el agua salada es más viscosa, necesita más tiempo para penetrar en los capilares.

6. Películas protectoras: tradicionalmente se usa lechada de cal Ca(OH)_2 o mortero de limo, o hasta excrementos animales. Son buenos protectores el bórax, la creosota y el aceite de Rangún.

7. Conservantes químicos: son generalmente más caros en relación al material en sí. Es oportuno evaluar cuidadosamente su impacto ecológico y toxicidad. Experimentalmente son idóneos para proteger contra insectos, hongos y putrefacciones en general los siguientes productos químicos: kerosén, nafta, gasóleo que contenga DDT, barnices, emulsiones de DDT, BHC y dieldrina. La penetración de los productos químicos es más difícil que en la madera porque el tejido de las cañas no tiene capilares orientados radialmente, sin embargo en las cañas hendidas o tablas la penetración se produce desde las dos caras expuestas, por lo tanto más velozmente.

Sistemas de trabajo y acabados:

■ Hendido

Debido a la dureza de las fibras externas de la corteza las herramientas se gastan mucho más que para cortar y trabajar la madera tradicional. Según el producto final que se quiera obtener las cañas pueden ser utilizadas tanto en su estado natural como después de un proceso más o menos complejo que varía en función del tipo de utilización del material. Mediante el simple hendido se produce la mayor variedad de derivados. Se realiza con extrema facilidad y mínimo gasto de energía con respecto al corte ortogonal, simplemente sometiendo la caña a esfuerzo de tracción trasversal respecto a sus fibras. De esta forma esas no quedarán dañadas, se separan sin dificultad además sin producción de virutas. Según el porcentaje de humedad esta operación puede resultar más sencilla: a diferencia de las coníferas secas que se cortan más fácilmente, el bambú se rompe sin mayores dificultades cuando está húmedo, al igual que la madera de caducifolia. De esta operación se pueden obtener fibras o tableros muy buenos. El proceso

consiste en poner la caña en posición horizontal y con un hacha o machete se machacan los nudos. Una vez abierta la caña como si fuera una concha se eliminan los diafragmas entre cada nudo hasta que la pared quede plana. La tabla así obtenida se somete a presión uniforme, primero por el lado interior y luego exterior. Otro método para partir la caña a mitad, en cuartos o en octavos permite obtener directamente unos listones. El corte se abre con un cuchillo y se sigue con unas cuñas de madera dura o acero. Quebrando las fibras exteriores se obtienen finas tiras, cortadas en modo radial o tangencial. Se utiliza un cuchillo muy afilado o cuñas de acero fijas para mayor precisión.

Raspadura de la corteza

Esta operación, se realizada sobre cañas jóvenes (menos de 18 meses). Permite obtener fibras de la corteza. Con éstas se fabrican cuerdas o cordeles. En China los juncos (veleros de transporte a carena chata y ancha) capaces de superar los rápidos del río Yang Tze son arrastrados con cuerdas de bambú de hasta 350 m de largo. Las mismas son preferibles a las de cáñamo de Manila (fibra de Acaba) usadas de costumbre en los puertos para amarrar los barcos, porque resisten más al desgaste causado por el rozamiento sobre las piedras de las riberas. La resistencia a tracción es de aproximadamente 720 kg/cm². Por lo tanto, una cuerda del diámetro de un brazo de hombre puede resistir hasta 14 ton.

■ Aserrado

Es útil solo para cortar las cañas transversalmente. Son preferibles las hojas de dientes finos.

■ Talla e incisión

La elevada dureza superficial de la corteza hace difícil la talla decorativa sobre la misma. Con el empleo de gubias es posible.

■ Taladrado

Es posible perforar las cañas con un taladro eléctrico y brocas para metal, pero el agujero debe hacerse siempre desde el lado más duro (corteza) y proseguir hacia el centro para evitar deshilar las fibras y deformar el orificio mismo. Cuando se necesite un agujero pasante, se hace necesario realizar sendas perforaciones de los dos lados. La dura corteza convexa hace patinar fácilmente la punta de la broca, razón por la cual puede resultar necesario marcar el centro previamente con un punzón. El método más eficaz es el tradicional de los pueblos primitivos, es decir, el taladrado mediante un tubo de bordes afilados puesto al rojo sobre el fuego. El agujero permanece más estable en el tiempo, y se pueden perforar todos los diámetros imaginables sin dañar las fibras de la caña. Es posible además acabar los agujeros con limas de grano fino.

■ Plegado en frío

Dada su elevada flexibilidad es muy fácil plegar el bambú para las más variadas aplicaciones. Las tiras finas se pliegan hasta el punto de permitir la realización de ataduras. Los listones se pueden plegar con radios de curvatura muy pequeños sin romperse. Utilizando listones de bambú en lugar de armaduras y correas, es posible



Tablero de cañas abiertas colocadas

realizar techos curvos, incluso a cúpula. Las cañas más gruesas son aptas para realizar las vigas de tales techos, pero si son de gran diámetro, se las debe curvar antes de su secado. Una particular forma de plegado en frío es hacer crecer los brotes de la caña dentro a una caja o tubo de aproximadamente 3 m de largo, de sección cuadrada. La caña joven es muy tierna y adopta la forma de este "molde". Se obtienen así cañas prismáticas en vez de cilíndricas.

■ Plegado en caliente

Cuando se calienta a temperatura superior a los 150 °C el bambú se vuelve blando y plástico. Se le puede hacer cambiar forma en modo diagonal, paralelo o transversal a la dirección de las fibras. Fuentes de calor adecuadas son la radiación de brasas encendidas o de una llama de combustible sólido, o de una llama de gas a aproximadamente 300 °C. Una vez frío, el bambú conserva su nueva forma. Este método permite plegar las cañas con pequeños radios (por ej. mangos de los paraguas o bolsos), que normalmente exceden los límites del material frío. Para evitar la formación de estrangulamientos es posible perforar los diafragmas (nudos) y llenar la caña con arena, la cual absorbe la presión ejercida por las paredes cuando se las pliega. En las construcciones primitivas por lo general no se usan piezas de bambú plegadas en caliente como elementos estructurales, porque ello comporta más trabajo y encarece la obra.

Características de la corteza, tratamientos y elaboraciones

La corteza del bambú es una superficie natural lisa muy agradable a la vista por el color, y puede ser utilizada en su estado natural. Si se desea un efecto decorativo en particular, la superficie puede someterse a uno de los siguientes tratamientos:

■ **Pulido:** Se puede realizar con cera vegetal caliente y un trapo, o también mediante un ligero ahumado.

■ **Coloración a manchas:** se realiza con ácido nítrico (marrón), vitriolo al hierro (negro) o sulfato de cobre (verde). Exponiendo el bambú a las llamas se obtiene un efecto de manchas.

■ **Tintura - barnizado:** las superficies externas e internas pueden ser teñidas o pintadas. En este caso es necesario lijar la corteza ligeramente para que quede rugosa. En las estructuras tejidas, se pueden obtener juegos de color combinando elementos teñidos y naturales. Las cañas de distinta edad presentan tonalidades distintas.

■ **Lijado:** En general no es necesario lijar porque la corteza rica en sílice es de por sí muy lisa. La lija se usa para redondear los cantos vivos de los cortes y para hacer rugosa la superficie lisa de la corteza cuando se desea facilitar la adherencia de las pinturas y barnices de protección.

Elementos estructurales para la construcción

Las cañas de bambú a pesar de ser esbeltas, cónicas y anisótropas en su estructura vascular se pueden utilizar en una variedad enorme de aplicaciones sin excesivas manipulaciones.

De hecho en los países en desarrollo se han convertido en el elemento principal para edificar, además para

realizar componentes y accesorios (como mobiliario, herramientas y utensilios). La explotación de esta gramínea permitiría contribuir a invertir el fenómeno de deforestación de nuestros pulmones verdes y además crearían trabajo justo donde más desempleo hay en sectores de mano de obra barata.

A continuación pasaremos revista brevemente a sus principales aplicaciones en distintas culturas hasta llegar a recientes experimentaciones de equipos multidisciplinarios de investigadores que hoy en día se inspiran en la naturaleza para encontrar nuevas soluciones ecológicas y éticas.

La industria de las construcciones en los países más avanzados ha sido por mucho tiempo conservadora, pero hace unos años ha entendido la importancia de buscar materiales alternativos para abaratar los costes de producción y al mismo tiempo reducir las emisiones de CO₂. En las ferias del sector de hecho ya se notan importantes cambios en la manera de entender los edificios y usar los materiales a favor de la salud del usuario final y del ambiente.

■ Columnas, vigas y arquitebates

Son las principales utilizaciones de las cañas para realizar estructuras más complejas como portales especialmente en países donde menos recurso de mano de obra especializada hay.

Según estudios de investigadores modernos sobre bambú, cuando una caña está empotrada en la base y sometida a una carga vertical la caña se deforma igual que una de pescar. El fenómeno de pandeo lateral causado por cargas no necesariamente importantes pero sí con grandes excentricidades se puede eliminar con cables tensados. Además aumentando el número de estos y mejorando su distribución se obtiene un elemento estructural extremadamente eficiente, de bajo peso y elevada resistencia.

■ Cuerdas

El bambú tiene resistencia máxima cuando se halla sometido a tracción, sin embargo en las construcciones tradicionales se lo utiliza cargado a compresión. Actualmente la



Utensilios de cocina, artesanía tailandesa.



mayor parte de las estructuras realizadas con cañas y sometidas a tracción son de tipo experimental, es decir calculadas por estructuralistas. La técnica de fabricación de las cuerdas se debe a los antiguos chinos. Los resistentes cables se componen de 3 o más cuerdas, de aproximadamente 5 cm de diámetro, trenzadas. Las internas están hechas con fibras más tiernas procedentes del interior de la caña, mientras que las exteriores están hechas con fibras más resistentes de la corteza, en medida no inferior al 50% de la sección total del cable. Cuando éste se tensa, el trenzado externo aprieta el núcleo más blando. Para dar una idea, un cable de 5 cm de diámetro puede resistir alrededor de 4 ton de carga permanente. En la China occidental ya en el siglo III d. C se realizaban tenso-estructuras sin una sola pieza de metal (el puente colgante de An-Lan através del río Mìn en la provincia de Kuanshien tenía una longitud total de 320 y una anchura de 2,75 m y pendía de 10 cables de bambú de 16,5 cm de diámetro)

■ Uniones

Distinguimos uniones de tipo tradicional, ataduras con lianas o fibras de bambú de especies asiáticas, y de tipos experimentados por investigadores colombianos del CIBAM, con la *Bambusa guadua*, la especie local más difundida. Esta caña es muy resistente también a las cargas aplicadas transversalmente a sus fibras, por este motivo las juntas son menos críticas y hay menos riesgo de quebraduras. Han sido desarrolladas y testadas una gran cantidad de tipos de uniones, en las imágenes se exponen algunos ejemplos.

Construcciones sencillas

■ Cabañas y vallas

Las tribus con culturas primitivas que han sobrevivido hasta hoy han permitido a nuestros antropólogos deducir las primeras viviendas construidas por la humanidad. Las cañas de bambú junto con los palos de madera y haces de junco, fueron los materiales más utilizados por ser más fácilmente hallados por doquier, que no necesitaban de muchas habilidades y además manipulables con herramientas sencillas.

En el sudeste asiático, especialmente en las zonas rurales, gran parte de las viviendas están totalmente o casi construidas en bambú. Los elementos constructivos típicos son cañas tanto enteras como partidas por la mitad, o convertidas en tableros, medias cañas, paneles hechos de tiras trenzadas y cuerdas de fibras para atar elementos estructurales. Las cañas también se usan como canaletas y tuberías para el agua. Generalmente las vallas reflejan la tipología constructiva de las paredes de las viviendas. Las más típicas son tejidas igual que las canastas.

Aldea asiática reconstruida en el parque de Prafrance.

Sistemas estructurales experimentales

■ Hormigones armados con fibras de bambú

Han sido llevados a cabo muchos estudios en Asia, Europa y América sobre la posibilidad de utilizar el bambú como sustituto del acero en los hormigones armados. Los primeros estudios al respecto se remontan a 1914, y el pionero fue el Massachusetts Institute of Technology. El problema fundamental que dichos experimentos intentaban resolver era el de la adhesión entre cañas o listeles de bambú y cemento. Las soluciones modernas, analizadas por el CIBAM se basan en la tecnología tradicional china para la fabricación de cuerdas. Estas son colocadas en encofrados, atadas por estribos hechos con tiras de corteza de bambú enroscadas y con paso uniforme. La colada de cemento se puede realizar con métodos convencionales.

■ Vigas reticulares

El CIBAM desarrolló diversas tipologías de vigas muy ligeras y resistentes, además con un cierto grado de flexibilidad capaz de resistir a terremotos. La premisa fundamental fue la de permitir la autoconstrucción de alojamientos a personas sin ninguna experiencia en construcción y con escasos recursos económicos, sin olvidar el respeto de las normas de seguridad. Los investigadores desarrollaron y ensayaron en laboratorio una viga con 8 m de longitud y 2 m de canto. La misma se diseñó con la intención de poder construirse en tierra y colocarla con la sola fuerza de 4 a 5 personas o con un pequeño polipasto. Las estructuras realizadas con este tipo de vigas generalmente se recubren con chapa de metal, con tejas de bambú o también con cemento.

Construcciones complejas

■ La instalación popular de Manizales, Colombia

El CIBAM de la Universidad de Bogotá, para fomentar la utilización de la especie local más difundida de bambú (*Guadua angustifolia*) publicó un manual de estructuras. Con sus ejemplos éste representa una preciosa herramienta para la construcción sencilla y económica. Además, la gran elasticidad del bambú hace a estas estructuras muy estables frente a los terremotos, bastante frecuentes en Colombia. Han sido construidos distintos pueblos experimentales, como el de Manizales, que se halla a 2500 m sobre el nivel del mar, al Oeste de Bogotá. Aquí, la guadua abunda y su uso como material para construcción es típico además porque resiste a las sollicitaciones por su extraordinaria elasticidad. El proyecto hoy sigue en pie con su estructura en bambú. Siguiendo el perfil del terreno las casas se apoyan sobre cañas vinculadas a tierra mediante bloques de cemento. Cada unidad de habitación tiene una planta de 6 x 7 m, y se reparte entre cocina, salón, dormitorio y servicios higiénicos. La estructura portante es del tipo poste, y las paredes están hechas con paneles de tiras trenzadas siempre de la misma especie de bambú, enlucidas después de la instalación en obras. El organismo financiador de este pueblo experimental fue el Instituto de Crédito Territorial, organización estatal para el desarrollo de la vivienda a favor de los grupos sociales más pobres.

■ La torre Phänomena – Zurich, Suiza

Remonta a 1984 Phänomena, una construcción realizada en 4 meses por 40 artesanos para acoger exposiciones permanentes sobre fenómenos y enigmas de la naturaleza. Se trata de una torre diseñada por el artista Johannes Peter Staub con 250 t de bambú, de diámetro da 6 a 11 cm. importado de China después de un curado de un año. La estructura consta de tres pisos con planta, hexagonal inscrita en un círculo de 21 m de diámetro, y dotada de dos núcleos de escaleras de 20m de altura. El módulo de la cuadrícula sobre la cual se basa la planta es igual a 2,4 m. Cada célula hexagonal ha sido prefabricada in situ y luego ensamblada. La luz máxima es de 4,8 m. Las columnas han sido atornilladas a un perfil de hierro sepultado en la base de hormigón. Las uniones de las cañas son realizadas mediante bulones y bandas de acero.

■ La escuela Barcelona – Quindío, Colombia

En 1999 un fuerte terremoto en Quindío dejó centenaia de niños sin escuela. El UNICEF promovió la recaudición de patrocinadores para reconstruirla utilizando la especie de bambú más difundida allí: la guadua.

Entre los principales financiadores se cuentan el cantante español Joan Manuel Serrat y el arquitecto Simón Vélez.

Conclusiones

El bambú es un material que puede sustituir con ventaja a la madera en todos los sectores en los que se utiliza ésta. Su gran velocidad de crecimiento permite extraer de 3 a 5 veces más materia prima por hectárea que cualquier especie forestal. Por lo tanto, la utilización de este material podría aliviar la presión que la demanda de madera ejerce sobre los bosques, y al mismo tiempo contribuir a frenar el efecto invernadero.



Cuenco de bambú laqueado, artesanía vietnamita.