





LUCILA AGUILAR
Arquitectos

XIII Bienal Habana
Factoría Habana 2019

MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN CON

B A M B Ú



LUCILA AGUILAR
Arquitectos

para:



UUMBAL
AGROFORESTAL

The background of the entire page is a light, repeating pattern of various bamboo construction techniques. These include different types of joints (like T-joints and cross-joints), bundles of bamboo poles tied together, and individual poles shown in perspective. The illustrations are in a simple, sketchy style with light brown and tan colors.

MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ



LUCILA AGUILAR
Arquitectos

para



UUMBAL
AGROFORESTAL



El presente manual ha sido elaborado por Lucila Aguilar Arquitectos, con la intención de documentar los procesos constructivos utilizados durante las obras construidas en bambú, que forman parte de la infraestructura diseñada para UMMBAL, además de servir como guía de consulta para futuros proyectos y difusión del conocimiento entorno a este increíble material. El documento es producto de un trabajo colaborativo basado en las experiencias y aprendizajes bajo la asesoría del consultor Jorg Stamm, complementado con referencias en autores que han escrito e indagado entorno al bambú.

Este documento no ha sido formalmente editado.

Contenido

5

I. INTRODUCCIÓN

EL BAMBÚ.....	5
VENTAJAS COMO MATERIAL.....	6
PARTES Y USOS DEL BAMBÚ.....	7

10

II. PREPARACIÓN DEL MATERIAL

CORTE.....	11	CLASIFICACIÓN.....	17
PRESERVACIÓN.....	13	ALMACENAMIENTO.....	19
LIMPIEZA.....	15	FOTOGRAFÍAS.....	20
BLANQUEAMIENTO.....	15	CONTROL DE CALIDAD.....	21
SECADO.....	16		

24

III. EQUIPO Y HERRAMIENTAS

28

IV. CRITERIOS Y DETALLES GENERALES

HACER CORTES.....	30	HACER CORREAS DOBLES.....	37	CÓMO... HACER PINBOO.....	44
HACER UNA BOCA DE PESCADO.....	31	UNIR DOS CULMOS.....	38	SELLAR EXPREMOS.....	47
HACER PASADORES DE BAMBÚ.....	33	COLAR UNA VARILLA.....	40	MANTENIMIENTO.....	48
USAR PASADORES DE BAMBÚ.....	35	HACER LATAS.....	41		
RELLENAR CON GROUT.....	36	HACER ESTERILLA.....	42		

49

BIBLIOGRAFÍA



EL BAMBÚ

Recurso sostenible,
autorrenovable de
rápido crecimiento

LA PLANTA

Es una planta gramínea como el arroz, el maíz y la caña de azúcar. A diferencia de estos la lignina de sus tejidos se convierte después de unos años en una estructura dura como la madera, pero más flexible y liviana

La Guadua A. K. Crece hasta 21 cm por día y logrando en un mes el 80% de su altura máxima, completándose en 5 meses más, alcanzando entre 15 y 30 m (Lodoño, 2003).

No es un árbol, algunos bambúes son herbáceos y otros leñosos.

La madera y los bambúes leñosos son similares en componentes químicos, pero poseen diferente anatomía, morfología, procesos de crecimiento e incluso propiedades mecánicas siendo el bambú superior.

ESPECIES

Existen aprox. 1,200 especies y 90 géneros de bambú.

Desarrollan varios culmos al año, con alturas que van desde 1 a 60 m y diámetros de hasta 30 cm cerca de la base.

De forma silvestre, crecen en todos los continentes a excepción de Europa

Hay 750 en Asia y 450 en América

La mayoría se encuentran en zonas calientes con humedad de más de 80%, en bosques de niebla tropicales, en suelos arcillosos húmedos.

BENEFICIOS

Reducción de la erosión del suelo

Posee una densa red de raíces que amarra la tierra y evita su erosión por lluvias e inundaciones.

Retención de agua

Una hectárea de bosque de Guadua angustifolia puede retener más de 30,000 litros de agua (Sabogal, 1979).

Fijación de CO₂

Por la rapidez en su crecimiento el bambú capta más CO₂ que un árbol.

Energía primaria

Según Janssen (1981), la energía que se usa para la producción de bambú es 300 MJ/m³, comparada con 600 MJ/m³ de la madera.

Reducción de temperatura

Los bosques reducen la temperatura del aire por el efecto de la evaporación del agua gracias a sus hojas.

Producción de biomasa

Una planta adulta tiene entre 14,000 y 20,000 hojas y las renueva cada año, toda esa biomasa se incorpora al suelo como materia orgánica fertilizante.

Regulación del caudal hídrico

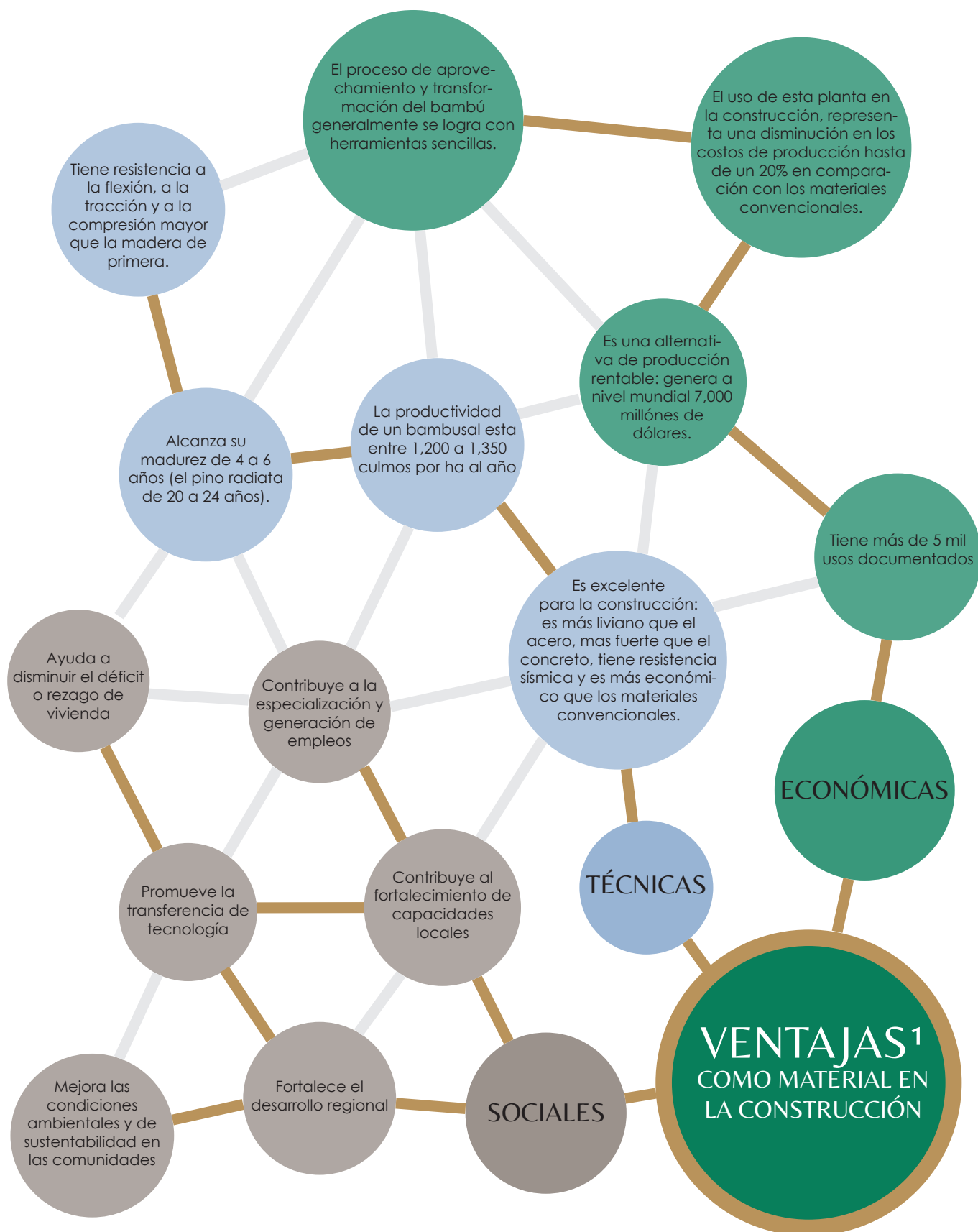
Por la capacidad de retención de agua en sus culmos, el bambú conserva agua en época de lluvias, la cual utiliza para su beneficio en época de sequía

Elaborado con base en las siguientes fuentes:

1. Minke G. (2010). *Manual de construcción con Bambú*. Cali, Colombia: Merlín.

2. Hidalgo, O.. (2003). The plant. *En Bamboo the gift of the gods*(44). Colombia: Oscar Hidalgo.





1. Bambuterra. (s.f.). Ventajas del bambú. *Catálogo de proyectos 2015*, 2015, p.5.





Vista interior de Comedor de Campamento

PARTES Y USOS DEL BAMBÚ

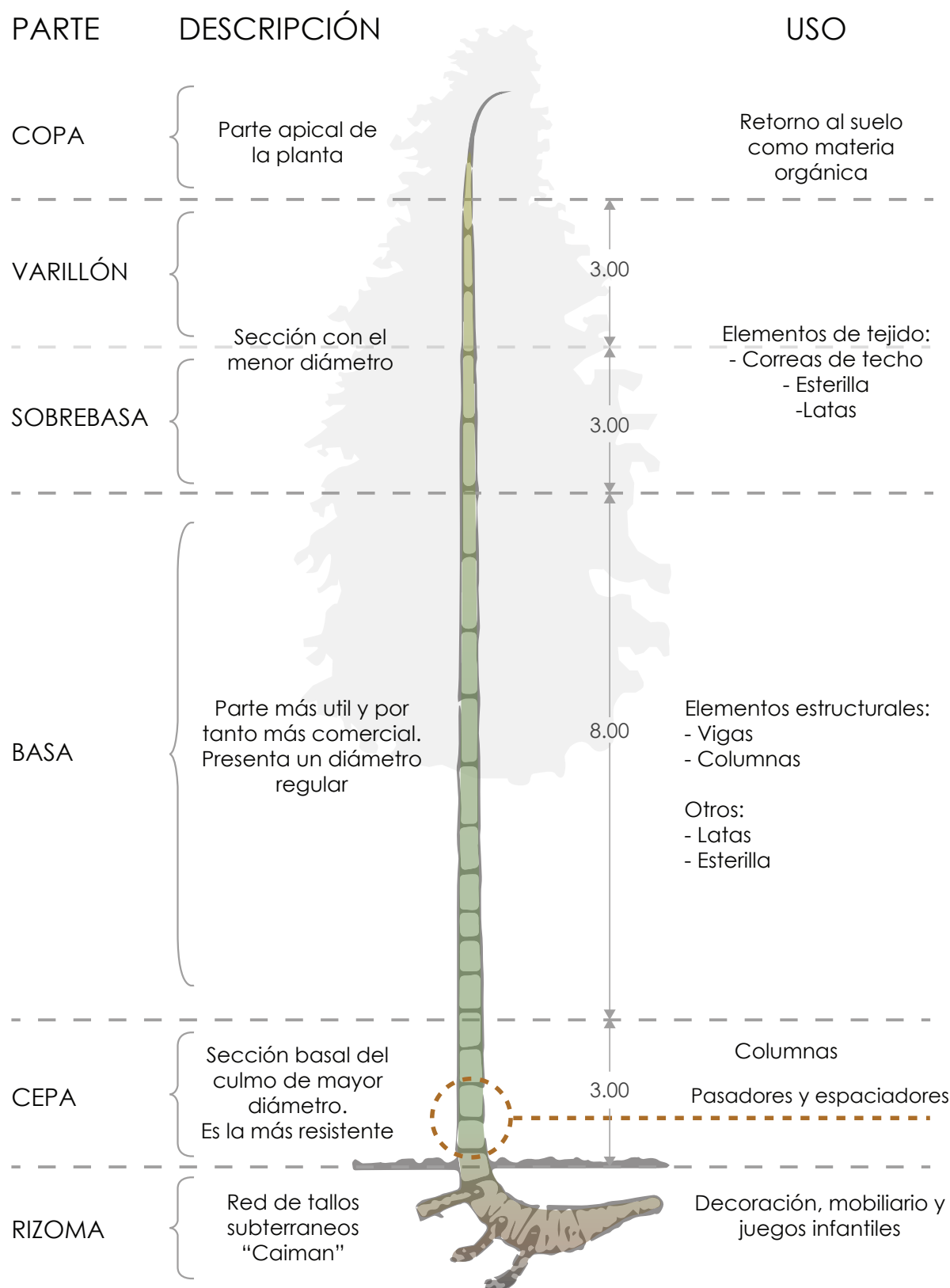


Figura 1. "Partes y usos del bambú". Fuente: Elaborada con información de: Minke G. (2010). *Manual de construcción con Bambú*. Cali, Colombia: Merlín. P 7.







CAP. II

PREPARACIÓN DEL MATERIAL

El bambú como material de origen natural posee características que son definidas por su especie y género, pero variarán de acuerdo a su ubicación, es decir, su entorno le provee de características particulares. Por tanto, el conocimiento sobre la naturaleza del bambú, características y comportamiento, son necesarios para establecer y efectuar un buen uso de este material.

En este capítulo se explican los criterios y procesos que deberá seguir el bambú, desde su extracción de la planta hasta su disposición como material para la construcción. Cabe enfatizar que estos procesos son los de mayor importancia para garantizar su calidad y durabilidad en una obra.

EL CORTE

La selección de la materia prima de bambú es muy importante para hacer construcciones de alta calidad. Criterios como la madurez, el momento y el método de corte son algunas consideraciones importantes para su aprovechamiento como recurso natural.

Madurez¹

La edad óptima para cortar el bambú *Guadua Angustifolia* y utilizarlo en la construcción es de 4-6 años de edad, que es cuando alcanza su madurez caracterizada por tener menos humedad y un tejido más duro.

Debido al brote y crecimiento continuo de nuevas generaciones de cañas en una mata se hace necesario hacer una distinción en ellas a fin de conocer la edad de cada culmo y tener la certeza de su madurez en el momento del corte. Una manera confiable es marcar en el culmo el año de brote ejemplo: si es 2017 marcar un 17, etc. Esto se puede realizar con un marcador especial a la intemperie, una cinta o incluso con una navaja e implica la inspección de los culmos marcando uno a uno. Por otra parte si no son marcados hay ciertas características que pueden dar pistas de la madurez en un culmo sin embargo no en todos los casos son certeras. Las características físicas que identifican a una caña madura en la mata son:

1. Poseen un color más apagado y menos brillo
En la medida que pasa el tiempo los culmos tienden a perder el color, pasan de un color verde intenso con mucho brillo a un verde oscuro opaco, amarillos y grises, dependerá mucho de la especie.

2. No presentan hoja caulinar
La hoja caulinar se presenta en los bambúes jóvenes pues le sirven para proteger los nuevos brotes, estas hojas aparecen a partir de cada nudo.

3. Se genera musgo y líquenes en su superficie
Dependiendo el tiempo que lleven será la formación de estos agentes, por ello el tener presente es buen indicativo de su longevidad.



Figura 2. Culmo maduro con presencia de líquenes en la superficie.

1. Kenya Forestry Research Institute. (2012). *Bamboo Harvesting and Preservation*. Bambú Training Manual , 1, 38.



EL CORTE

Método²

El corte se realiza con machete o preferiblemente con sierra directamente por encima del primer o segundo nudo por encima del suelo. Es muy importante que el corte sea a ras del nudo, a fin de evitar la creación de un vaso que pueda almacenar agua de lluvia ya que esto puede pudrir el rizoma del bambú.

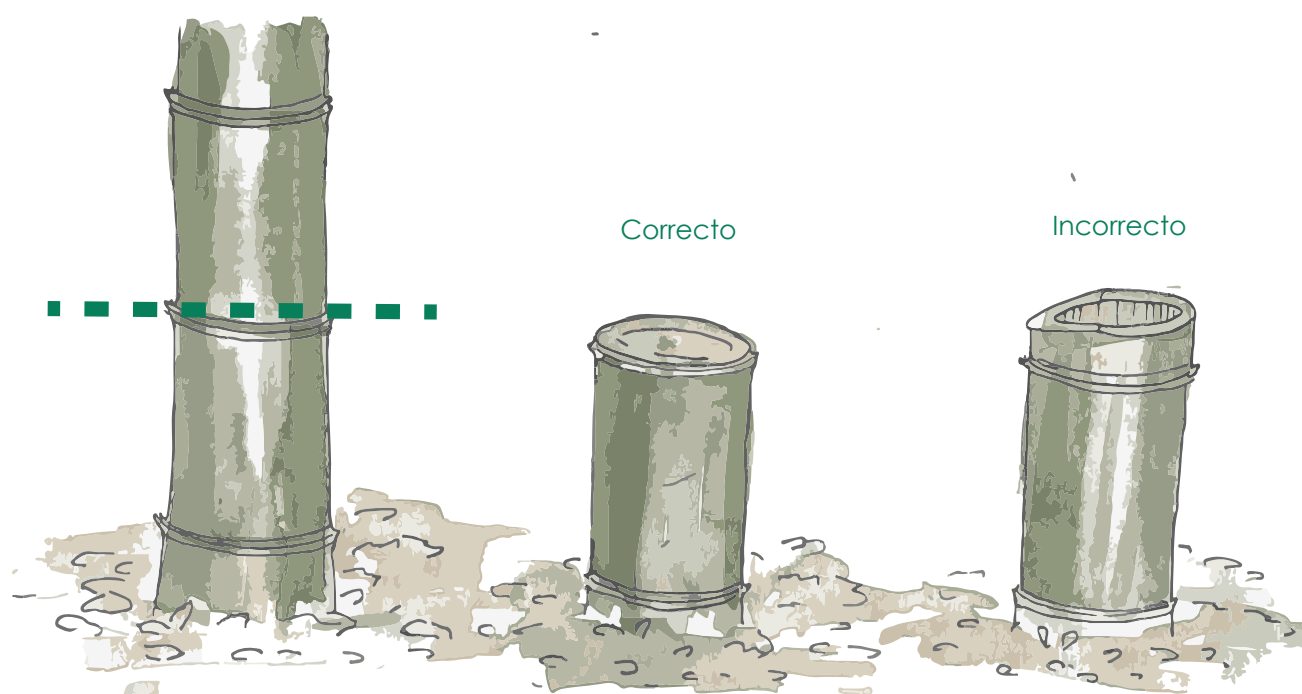


Figura 3. Corte de la caña en la mata.

Una vez cosechado el culmo se procede a eliminar las ramas de manera cautelosa evitando desgarrar la epidermis y dañar el culmo.

Se procede a seccionar el culmo para facilitar su transporte, para ello se debe seccionar según el esquema de la anatomía y usos de la caña o según lo requiera el proyecto, considerando hacer el corte a un centímetro de separación del nudo. Para hacerlo más duradero y menos propenso al ataque de insectos y hongos, el bambú después de cortado, debe someterse ya sea a un tratamiento de curado que tiene como fin reducir o descomponer el contenido de almidón, o a un tratamiento con preservativos químicos contra los insectos y hongos.

2. Hidalgo O. (S.E.). *Manual de construcción con bambú guadua*. Colombia: Estudios Técnicos Colombianos Ltda.
Minke G. (2010). *Manual de construcción con Bambú*. Cali, Colombia: Merlin.



PRESERVACIÓN

El bambú en su estado natural no es un material duradero. Es fácilmente atacado por insectos y hongos, debido al gran contenido de humedad, almidón y azúcar en los culmos.

El tratamiento de preservación es esencial para mejorar la durabilidad de los culmos durante su vida útil por ello la preservación marca la diferencia entre los usos tradicionales y modernas aplicaciones.

Existen diversos métodos para inmunizar y preservar las cañas cuya intención es remover los nutrientes que atraen a los insectos, hongos y otras plagas, desde métodos de curados naturales utilizando el sol y el agua hasta procesos que utilizan productos químicos los cuales son los más efectivos.

La vida útil del bambú sin preservar es alrededor de 2-3 años mientras que si esta bien preservado puede durar más de 20 años.*

El método por inmersión es el más efectivo para inmunizar las cañas, consiste en sumergir las cañas recién cortadas en un líquido que funciona como insecticida y fungicida para que penetre en su interior.

El método a utilizar será por inmersión utilizando una solución de pentaborato o sales de bórax, debido a su bajo costo pero sobre todo a que ha sido considerado como un agente de preservación de la madera más respetuoso con el medio ambiente.

Proceso

Una vez que se cortan las cañas se deben trasladar para empezar el proceso de inmunización es muy importante que las cañas no estén muy secas debido a que la sal penetra por osmosis, que sólo funciona si hay suficiente humedad.

1. Perforar las cañas en sentido longitudinal utilizando un taladro con una varilla larga con punta de broca de forma tal que atraviese cada uno de sus entrenudos o manualmente empujar a través de todos sus nudos, esto servirá para que el líquido penetre en toda la caña.

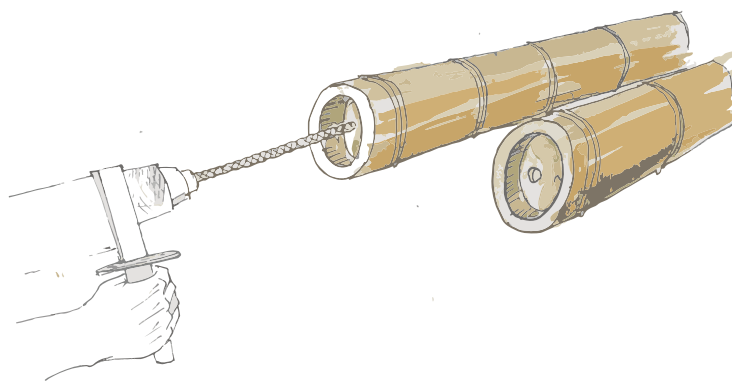


Figura 4. Perforación de entrenudos

Elaborado con base en las siguientes fuentes:

1. Kenya Forestry Research Institute. (2012). *Bamboo Harvesting and Preservation*. Bambú Training Manual , 1, 38.
2. Minke G. (2010). *Manual de construcción con Bambú*. Cali, Colombia: Merlín.



PRESERVACIÓN

2. Preparar en una piscina la solución de pentaborato para preservar el bambú como se describe:

- La preservación es alcanzada usando un 5% de solución de bórax, la cual su pH es neutral
- La solución de pH neutral se hace usando 50% ácido bórico y 50% óxido de bórax, ambos en polvo disueltos en agua tibia.
- La concentración de ambos agentes químicos disueltos en agua es de 50 kg por m³, 25 kg de ácido bórico y 25 kg de óxido bórico. Esto para preservar cerca de 100 o más culmos de bambú dependiendo de sus dimensiones.
- La solución de pentaborato permanece activa por 1 o 2 meses.

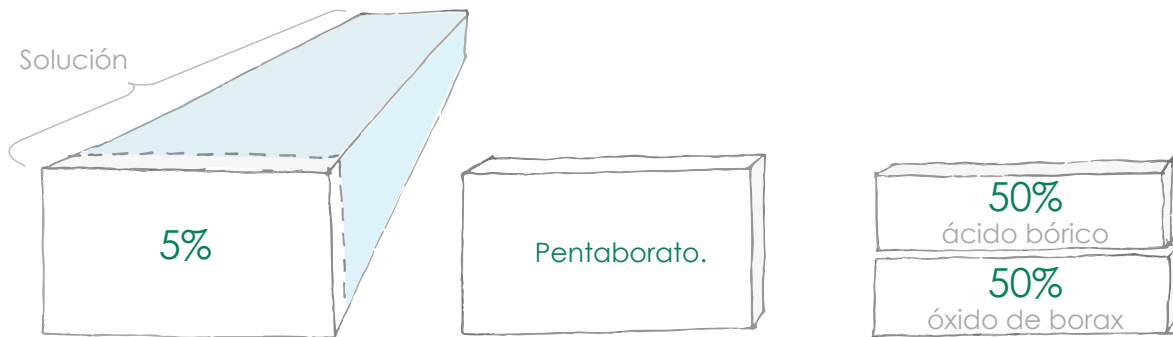


Figura 5. Proporción de la solución de pentaborato.

3. Sumergir las cañas poniendo piedras o sobrepeso para que no floten y se dejan sumergidas durante 24 horas en agua tibia, o 4 días en agua temperatura ambiente.

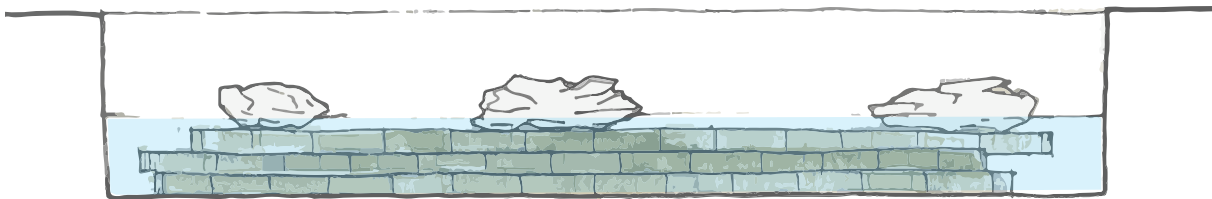


Figura 6. Inmersión de los culmos en la solución de pentaborato.

4. Retirar las cañas de la piscina, escurriendo los excedentes de líquido y pasar al proceso de limpieza.

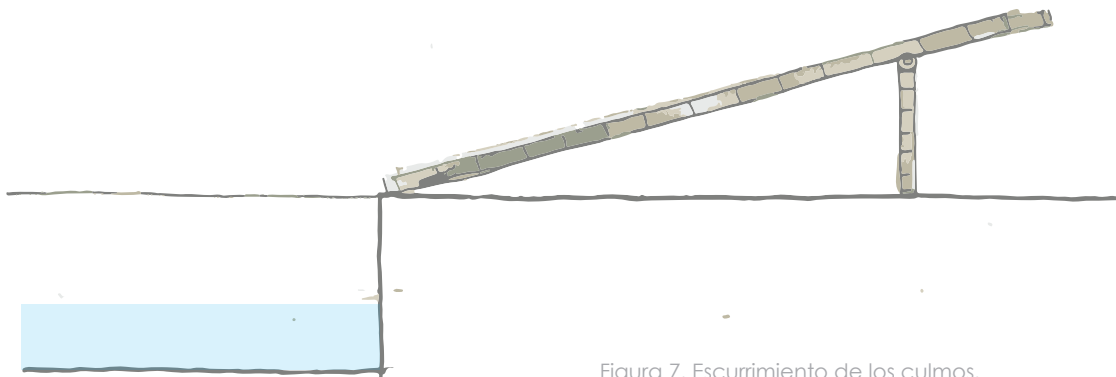


Figura 7. Escurrimiento de los culmos.

Elaborado con base en las siguientes fuentes:

1. Kenya Forestry Research Institute. (2012). *Bamboo Harvesting and Preservation*. Bambú Training Manual , 1, 38.
2. Minke G. (2010). *Manual de construcción con Bambú*. Cali, Colombia: Merlín.



LIMPIEZA

Una vez concluido el proceso de inmersión las cañas deben ser limpiadas del musgo, y líquenes en su mayoría, para lo cual hay varios métodos manuales.

Lo más eficiente en tiempos y costos es utilizar una hidro-lavadora con chorro de agua a presión para remover musgos y líquenes, de esta manera se obtiene un producto más presentable.

No se recomienda el uso de esponjas ni cepillos metálicos ya que pueden debilitar la cáscara.

BLANQUEAMIENTO

Para que las superficies de las cañas sean más claras y adopten el color amarillo típico del bambú de manera homogénea, se deben exponer al sol de manera controlada.

En un área libre colocar dos trípodes y un travesaño e ir inclinando los bambúes en ambos sentidos, apoyados sobre una superficie seca, a esta estructura se le conoce comunmente como "burro". Es muy importante rotar todos los culmos a lo largo del día sobretodo al medio día a fin evitar que se rajen por el sobrecalentamiento.

Este proceso dura máximo un mes, dependiendo de la intensidad del sol, su intención principal es dar una mejor presentación al producto aumentando su valor, de no hacerse este proceso el culmo puede presentar manchas en tonos pardos debido a la clorofila contenida en su tallo.



Figura 8. Blanqueamiento del bambú sobre el "burro".

Elaborado con base en las siguientes fuentes:

1. Kenya Forestry Research Institute. (2012). *Bamboo Harvesting and Preservation*. Bambú Training Manual , 1, 38.
2. Minke G. (2010). *Manual de construcción con Bambú*. Cali, Colombia: Merlín.



SECADO

“El bambú es un material higroscópico y poroso, absorbe el agua en forma de vapor y de líquido. Si la caña de bambú se humedece, su cáscara se hinchará y sus propiedades mecánicas disminuirán.

Por tanto el secado del bambú deberá realizarse en un área cubierta y seca con amplios aleros y sin muros para asegurar el flujo de aire. Los culmos se apilarán por capas separadas entre ellas para que exista ventilación. Este proceso toma entre 2 y 3 meses, pero dependerá del clima del lugar.

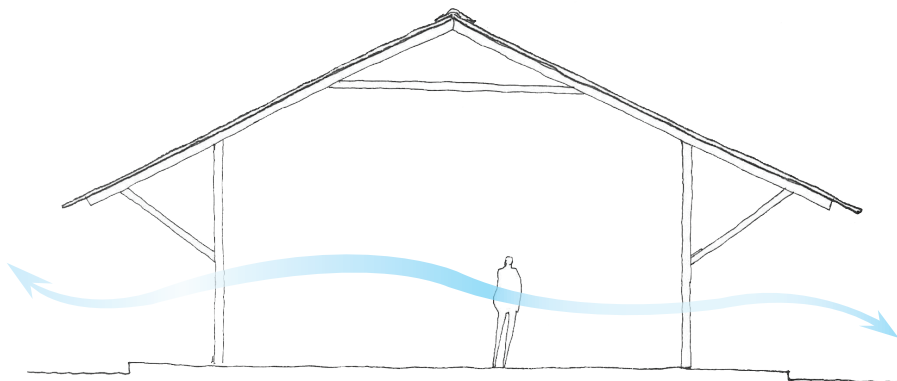


Figura 9. Esquema del área de almacenamiento.

Para acelerar el proceso de secado se puede utilizar el comúnmente llamado “pulpo” que consiste en un un soplador eléctrico que a través de mangueras conectadas a cada culmo inyecta aire caliente, este método reduce en un 50% el tiempo de secado comparado con el secado solar que reduce 1% de la humedad por día.

El grado óptimo de humedad que deberán alcanzar los culmos es de entre 15-17%, para obtener estos valores se deberá monitorear periódicamente utilizando el humidómetro. Se estima que utilizando el pulpo se puede alcanzar el grado óptimo en 10 días.

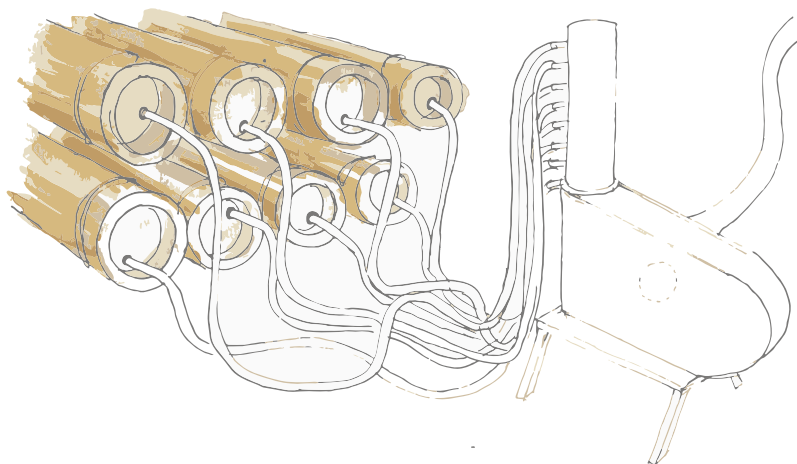


Figura 10. Secado acelerado utilizando el “pulpo”.

Elaborado con base en las siguientes fuentes:

1. Kenya Forestry Research Institute. (2012). *Bamboo Harvesting and Preservation*. Bambú Training Manual , 1, 38.
2. Minke G. (2010). *Manual de construcción con Bambú*. Cali, Colombia: Merlín.



CLASIFICACIÓN

Una vez alcanzado el grado de humedad requerido (15%), se procede a su clasificación por grados de calidad para su puesta en el mercado o disponer en obra. La clasificación se hará en tres categorías, de acuerdo a la calidad del culmo la cual estará dada por sus dimensiones; longitud, diámetro, rectitud y estado físico, como se explica en la tabla 1.

GRADO	CARACTERÍSTICAS	USOS	OBSERVACIONES
A	Culmos fuertes y rectos, clasificar por diámetros. Diámetro: Mínimo 9 cm Espesor de pared: Mínimo 8 mm Longitud: Mínimo 6.5 m	Columnas Vigas Latas Esterilla	Pertenece a la basa y sobrepasa de la caña de bambú
B	Culmos fuertes ligeramente curvados, clasificar por diámetros. Diámetro: Mínimo 9 cm Espesor de pared: Mínimo 8 mm Longitud: Mínimo 6.5 m	Columnas Vigas Latas Esterilla	Pertenece de la basa hasta el varillón de la caña de bambú
C	Culmos con más de una curva y con ligeras grietas. Útil solo en secciones. Diámetro: Mínimo 9 cm Espesor de pared: Mínimo 5 mm Longitud: Mínimo 6.5 m	Latas Esterilla	Pertenece de la basa hasta el varillón de la caña de bambú

Tabla 1. "Clasificación del bambú por grados de calidad". Fuente: Elaborada con información de: Stamm, J., Tesfaye, M. & Girma, H. (2014). *Construction manual with bamboo*. Addis Ababa Ethiopia: Denamo Addissie. P 19.

No se aceptarán:

- Culmos aplastados o con rajaduras de más de dos entrenudos.
- Culmos con plagas u hongos.
- Culmos verdes
- Culmos con pared menor a 8 mm.
- Culmos con diámetro menor a 8 cm.
- Culmos viché menores de 4 años de edad.



CLASIFICACIÓN

MÉTODO

1. En una superficie nivelada colocar de manera paralela tres culmos. Estos servirán como cama de apoyo para los culmos a clasificar, por tanto; separarlos equidistantemente a los extremos y al centro, como se muestra en la figura 1.

Nota: Es muy importante poner el culmo del centro ya que éste obligará a que los culmos se ajusten a su perfil predominante revelando así las curvas que puedan tener.

2. Colocar y distribuir en paralelo los culmos a valorar sobre la cama de apoyo, como se muestra en la figura 2.

Nota: Los culmos no deben estar en contacto unos con otros esto podría alterar su posición.

3. Observar la rectitud de los culmos y clasificarlos por grados, después hacer una depuración analizando a detalle cada culmo descartando o moviendo de grado según sean las características, como se muestra en la figura 3.

Nota: Girar los culmos para una revisión total.

4. Una vez separados por grados se moverán al área de almacenamiento donde cada grado se sub clasificará por diámetro.



Figura 11. Culmos de apoyo.

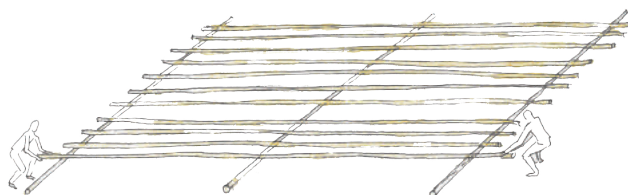


Figura 12. Distribución de culmos.

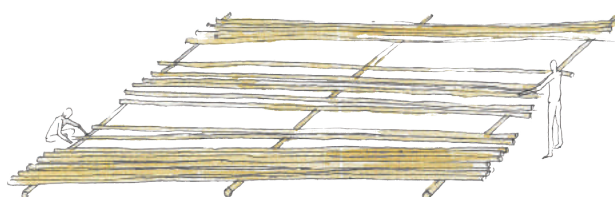


Figura 13. Clasificación de culmos.



Figura 14. Traslado de culmos.



ALMACENAMIENTO

Características del espacio:

Área cubierta y seca con amplios aleros para cubrir de la lluvia, sol y sin muros para asegurar el flujo de aire.

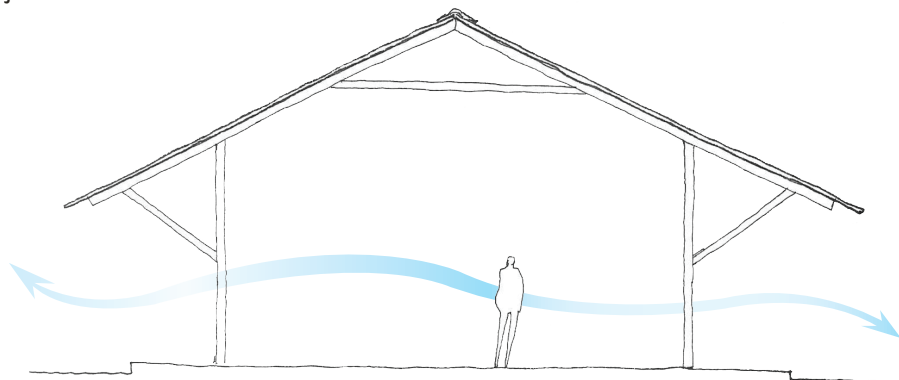


Figura 15. Esquema del área de almacenamiento.

Forma de almacenamiento:

Los culmos se apilarán por capas separadas entre ellas para que exista ventilación. Los separadores podrán ser culmos de bambú, madera o cualquier otro elemento longitudinal.

Se deberán distinguir los grados de calidad de los culmos, ya sea elaborando tres diferentes pilas y cada calidad clasificada por diámetro.

Los culmos que no cuenten con el 15% de humedad se separarán para ser sometidos al proceso de secado acelerado, por aproximadamente 10 días en el pulpo, monitoreando periódicamente con el humidómetro.

Se separarán los culmos viches o dañados con el fin de devolverlos o darles otro uso fuera de la construcción.

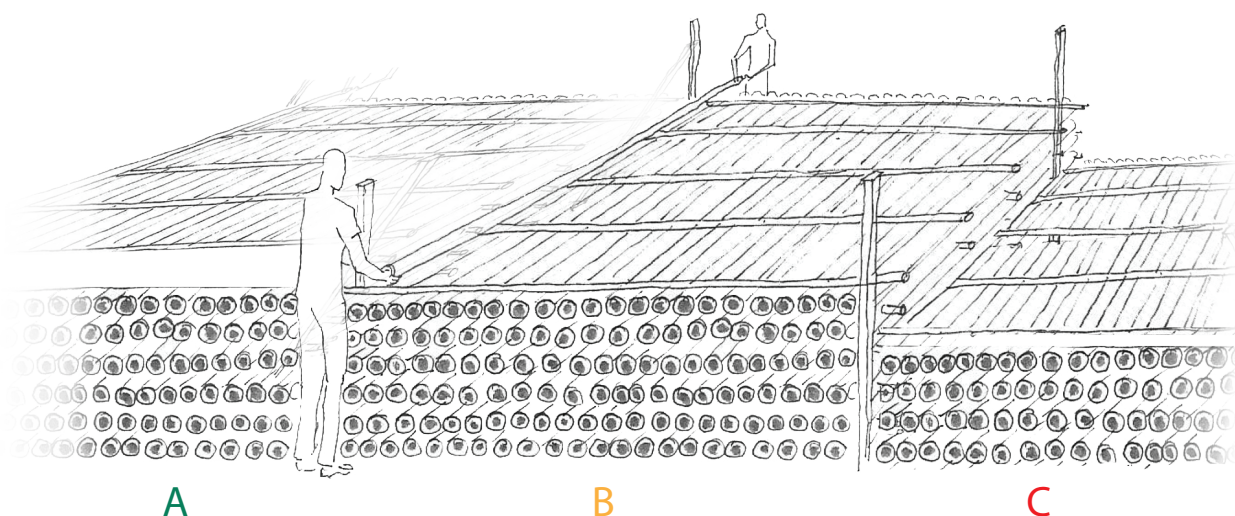


Figura 16. Esquema de almacenamiento.



CONTROL DE CALIDAD

El bambú al ser un material de origen natural posee características que varían a lo largo de su desarrollo, por tanto su estudio y análisis han sido necesarios para tener una mayor comprensión sobre su comportamiento, pudiendo así hacer uso del material de una manera más eficiente en diversas aplicaciones de la vida humana. De ahí la gran importancia de documentarse previo a construir con el bambú ya que un buen resultado dependerá del conocimiento de la especie y sus características particulares como; edad, propiedades físicas y mecánicas, así como procesos y criterios generales a considerar en el diseño y construcción que buscan su permanencia en el tiempo.

Con la intención de disponer de la materia prima adecuada en obra, se propone la siguiente tabla como una herramienta para el control de calidad del bambú. En la tabla se exponen los criterios generales que cada culmo deberá cumplir para ser apto en la construcción además se explica brevemente la importancia y el método de comprobación.

Característica	Importancia	Verificación
Madurez 4-6 años	- Posee menos humedad - Tejido más duro - Más resistente	Observar la sección transversal del culmo.  Fibras visibles Culmo joven o Viche Corte fino Culmo Maduro Imagen 1. Comparación de cortes.
Preservación e Inmunización Inmersión en pentaborato 5%	- Evita ataques de insectos y hongos - Le da mayor durabilidad	- Documento emitido por el proveedor que certifique la realización del proceso por inmersión. - Visitas periódicas al proveedor y reportes de hallazgos.

Tabla 2. Control de calidad. Fuente: Elaboración propia.



CONTROL DE CALIDAD

Humedad <15%	- Abajo del 20% evita el ataque de hongos - Tiene la resistencia adecuada - Evita uniones flojas - Reduce futuras rajaduras	Utilizar humidómetro. Para bajar la humedad se conectará al pulpo hasta alcanzar el grado óptimo.  Imagen 2. Uso del humidómetro
Blanqueamiento Exposición al sol máximo un mes	- Acabado final estético - Color homogéneo - Aumenta su valor	Inspección visual Culmo blanqueado ↓  Imagen 3. Comparación de culmos
Dimensiones Diámetro mín. 8 cm	Es la sección promedio de un culmo maduro de Guadua A. K.	Medir la sección y aceptar únicamente los que cumplen con este criterio, una vez seleccionados se procederá a su clasificación.

Tabla 2. Control de calidad. Fuente: Elaboración propia.







CAP. III

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

Los sistemas constructivos que emplean al bambú como material primordial tienen la ventaja que no requieren en su mayoría maquinaria pesada para su elaboración, en algunas culturas basta incluso con una variedad de utensilios como cuchillos y gran maestría para levantar increíbles construcciones.

En este capítulo se describen las herramientas más utilizadas durante los procesos constructivos de las obras con bambú.



EQUIPO Y HERRAMIENTAS

En diversas partes del mundo el desarrollo en el uso del bambú como material de construcción lleva muchos años lo cual ha llevado a los artesanos a desarrollar grandes habilidades con pocas herramientas para su manejo, sin embargo actualmente llegar a ese grado de maestría para el manejo del material requiere mucho tiempo y dedicación en el uso de ciertas técnicas y herramientas, afortunadamente ya existen en el mercado diversas herramientas manuales y eléctricas que podemos adquirir y que superan rápidamente las dificultades del material y logran un manejo con mayor precisión.

Durante la construcción con bambú se tienen diversas etapas, en las que se necesitan ciertas herramientas de trabajo, por tanto aquí abajo se enlistan las herramientas a utilizar en todas las etapas de la construcción.

Es importante adquirir herramienta de primera calidad para ahorrar a futuro, las herramientas de baja calidad son prácticamente desechables en meses, ejemplo: Dewalt, Borsh.

A) Marcar los cimientos y la plantilla

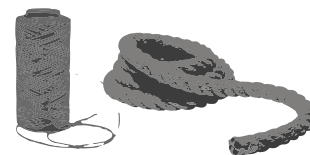
1. Estacas de madera o segmentos de varilla corrugada.
2. Martillos y mazos, para clavar las estacas en el suelo.
3. Cuerdas, para poner los ejes y líneas de la plantilla en el suelo.
4. Cinta métrica de 25m, para dimensionar la estructura.
5. Nivel de manguera, para nivelar la estructura.
6. Picos y palas, para hacer las excavaciones de la cimentación.



Estaca de varilla corrugada y de madera



Martillos y Macetas metálicas, de goma y madera



Cuerdas hilo cañamo

B) Preparar los materiales de acuerdo a la "lista de corte"

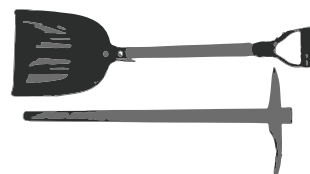
7. Flexómetros y cinta métrica, para medir las piezas con precisión.
8. Lápices bicolor, para marcar las medidas de los culmos.
9. Sierra, para cortar los culmos se podrá usar segueta, serrucho, motosierra y sierra de disco.
10. Limas o escofina, para afinar los cortes en los culmos.
11. Un set de sierra copa (50 – 100mm). Para hacer el corte boca de pescado con mayor precisión al diámetro.



Cintas métricas



Nivel de manguera y plomada



Palas y picos

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

C) Preparación de vigas y columnas

12. Cuerdas, usualmente de 15 a 18 mm de grosor.
13. Taladro eléctrico, usualmente de 1200 kw, 800 rpm es ideal, con extensión de cable de 20m y varias brocas de 10 mm y 12 mm, con 20 o 30 cm de longitud.
14. Martillos, de diversos tamaños incluyendo de goma y de madera para meter pasadores de bambú.
15. Pasadores de bambú o varilla roscada con tuercas y arandelas, para unir los elementos.
16. Esmeriladora, para cortar los excedentes de la varilla roscada y después pulir bordes.



Limas o escofinas



Segueta



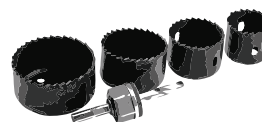
Serrucho



Motosierra



Cortadora de metales



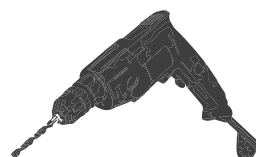
Copas sierra

D) Ensamble de cerchas

17. Estacas, para marcar la posición final de los elementos en la plantilla.
18. Varilla roscada, para unir los elementos.
19. Sierras copa de 25 – 40mm, para perforar los entrenudos y rellenar.

E) Elevación de cerchas

20. Trípodes, incluyendo el polipasto.
21. Escalera.
22. Culmos de bambú, usados temporalmente como brazos de apoyo.
23. Nivel de manguera y plomada, para nivelar la estructura.
24. Concreto, varillas de acero y cimbras.



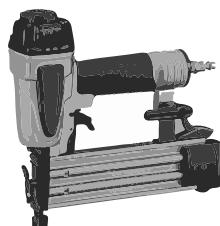
Taladro con brocas largas para metal



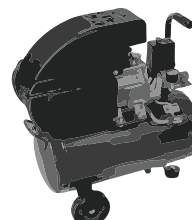
Esmeril con disco para metal y para pulir



-Eslingas o bandas con matraca y gancho
- Polipastos



Engrapadora neumática



Compresora de aire







CAP. IV CRITERIOS Y DETALLES GENERALES

Los sistemas constructivos que emplean al bambú como material primordial tienen la ventaja que no requieren en su mayoría maquinaria pesada para su elaboración, en algunas culturas basta incluso con una variedad de utensilios como cuchillos y gran maestría para levantar increíbles construcciones.

En este capítulo se describen las herramientas más utilizadas durante los procesos constructivos de las obras con bambú.





CORTES

El bambú es considerado una planta leñosa como la madera pero con diferente anatomía y morfología, posee una estructura cilíndrica hueca con una pared de fibras longitudinales protegidas de una capa dura de sílice al exterior y anillos continuos que le dan rigidez. Estas características particulares del bambú hacen que su manejo sea diferente a la madera, por tanto se deberán seguir las siguientes indicaciones para su aserrado y uso.

- Usar sierras para cortar metal, debido a la dureza de la capa de sílice.
- Hacer el corte a no más de 4 dedos u 8 cm de un nudo, en caso de no haber un nudo en el extremo del culmo, se deberá reforzar con un zuncho metálico para evitar que el culmo se abra.
- Realizar cortes en forma perpendicular a las fibras, de lo contrario se rajara.



Figura 17. Herramientas de corte: Arco con segueta, serrucho, motosierra y cortadora de metales



Figura 18. Separación máxima del nudo.

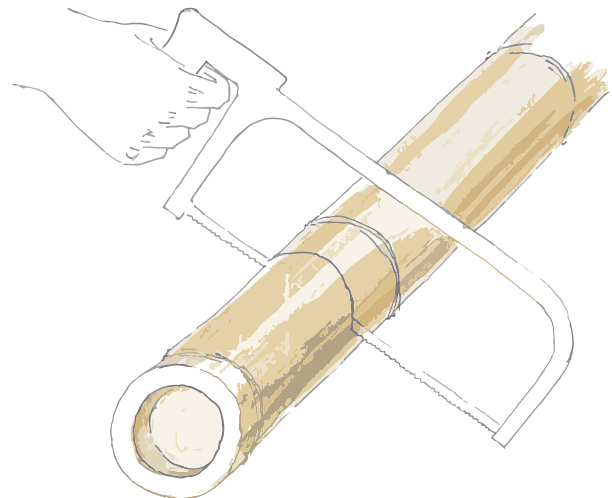


Figura 19. Corte perpendicular a las fibras.



CÓMO HACER UNA BOCA DE PESCADO

Lo más importante en la construcción con bambú es la formación de las uniones que transfieren fuerzas de un elemento a otro, esto es más óptimo cuando se hace por contacto completo. El corte más común para estas conexiones se llama “boca de pescado” y es perpendicular, si el corte esta inclinado se llama “pico de flauta”, a continuación se establece el procedimiento para elaborar cada uno de estos cortes.

Boca de pescado

Herramientas:

- Taladro
- Sacabocados ó copa sierra bimetálicas de 3-4" con guía.

Consideraciones:

- Dejar un diámetro adicional a la medida requerida, a no más de 4 dedos de un nudo. Esto es para tener un margen de trabajo en la boca de pescado.
- El corte deberá ser preciso de forma tal que en la unión halla contacto completo entre los culmos.
- Se deberá usar lentes y cubrebocas.
- El diámetro de la copa dependerá del diámetro del culmo a trabajar.

Proceso:

1. Marcar con un lápiz el corte en el culmo.
2. Fijar el culmo a cortar para evitar desplazamientos.
3. Dirigir el corte en un ángulo de 90°. Para elaborar el pico de flauta alinear al ángulo requerido.
4. Empezar a cortar con alta velocidad y baja presión e ir en aumento a medida que se perfora.
5. Dependiendo del tamaño de la copa sierra, habrá que cortar por secciones.
6. Una vez cortado presentar la unión y de ser necesario pulir para que se ajuste al culmo de unión.

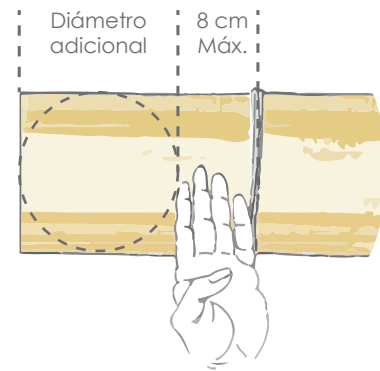


Figura 20. Criterio de separación del nudo

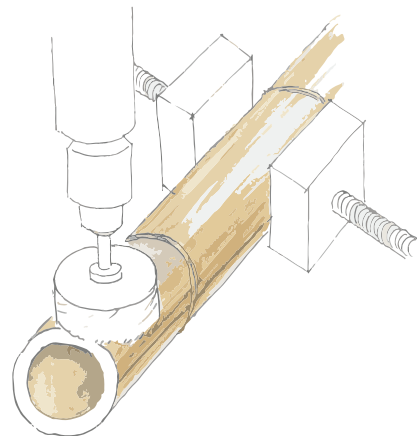


Figura 21. Elaboración de boca de pescado

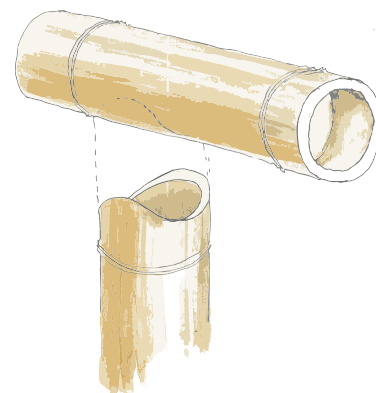


Figura 22. Unión boca de pescado

CÓMO HACER UNA BOCA DE PESCADO

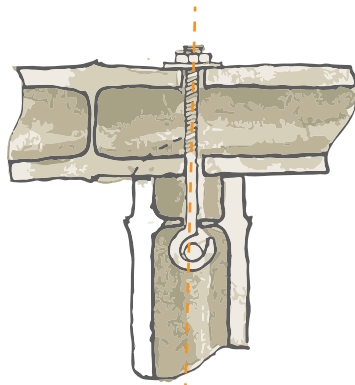
Se utilizarán dos métodos para fijar la unión de boca de pescado; una forma será utilizando el método de los pasadores de bambú y para el otro se utilizarán espárragos galvanizados con tuercas y rondanas.

1. Unión con espárragos galvanizados.

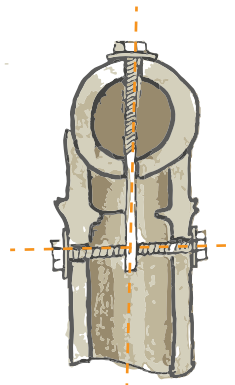
Espárrago galvanizado, con tuerca y rondana, diámetro según plano estructural.

Nota:

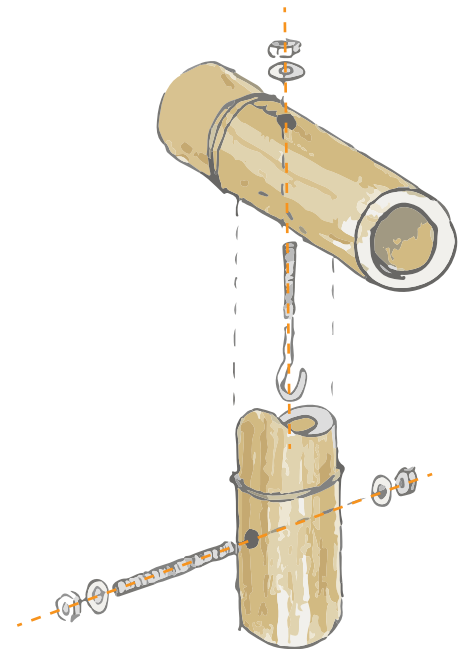
- El espárrago se deberá pasar por abajo del nudo.



Vista en sección longitudinal



Vista en sección transversal



Vista en isométrico

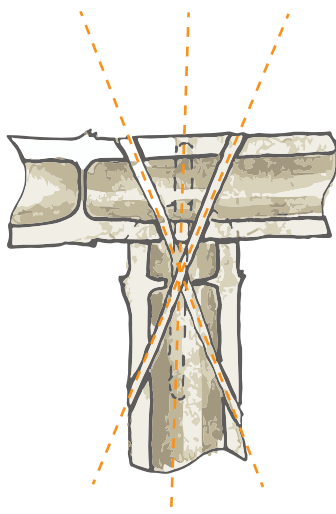
Figura 23. Unión de boca de pescado con espárrago.

2. Unión con pasadores de bambú.

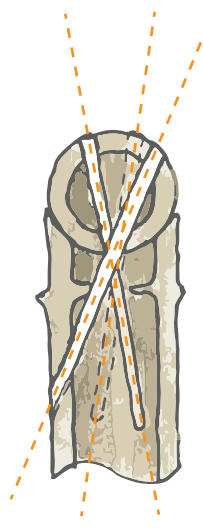
Pasador de bambú

Nota:

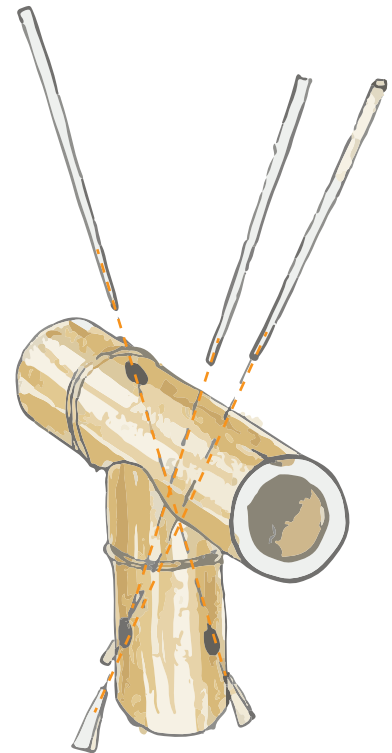
- Ver "Como utilizar pasadores de bambú" pag. 35.



Vista en sección longitudinal



Vista en sección transversal



Vista en isométrico

Figura 24. Unión de boca de pescado con pasadores de bambú.



CÓMO HACER PASADORES DE BAMBÚ

Los pasadores de bambú son la solución más adecuadas y sostenible para fijar uniones en las estructuras con bambú, se pueden utilizar en uniones con pequeños esfuerzos de hasta 100 kg, de ahí en adelante es recomendable reforzar con barras de acero y grout.

Un pasador es básicamente una sección cilíndrica de bambú de 25 cm de longitud y diversos diámetros según los orificios realizados en una plantilla metálica.

Elaborar estos pasadores de forma manual implica un proceso que puede llevar al menos dos días, por el proceso de secado natural.

PROCESO

1. Se deberán utilizar los primeros dos entrenudos de la cepa de la caña del bambú. También se pueden fabricar a partir de los culmo grado A obtenidos de la basa de la caña, cortando los dos primeros entrenudos de su base (ver pag. X).
2. Una vez obtenidos los segmentos de entrenudos se deberán dividir en segmentos longitudinales dependiendo el diámetro se podrán obtener de entre 12-18 partes.
3. Fabricar una plantilla de metal con orificios de diferentes diámetros según se requieran los pasadores.
4. Poner cada sección del culmo sobre el orificio de la plantilla de metal y haciendo uso de un martillo de madera golpear verticalmente hasta lograr sacar el pasador por el orificio.
5. De ser necesario pulir la punta con una navaja.
6. Poner a secar al sol los pasadores obtenidos durante dos días, girandolos periódicamente para un secado uniforme.

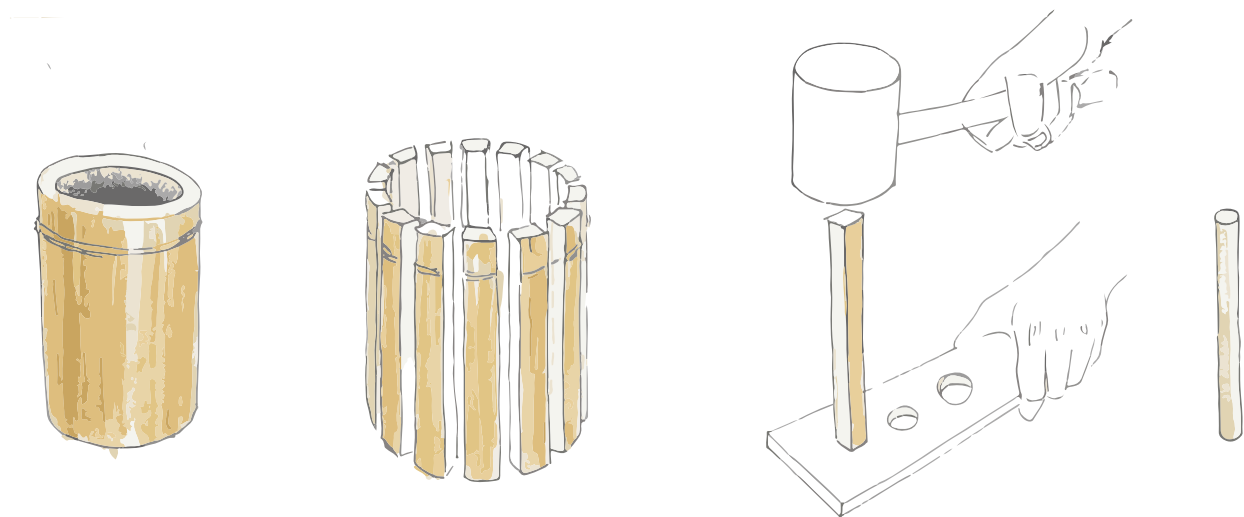


Figura 25. Proceso para hacer pasadores de bambú.

Elaborado con base en las siguientes fuentes:

1. Stamm, J., Tesfaye, M. & Girma, H. . (2014). *Construction manual with bamboo*. Addis Ababa Ethiopia: Denamo Addissie.



CÓMO HACER PASADORES DE BAMBÚ

Existe una forma alternativa para realizar los pasadores que es dando la forma con cuchillos y navajas, esta forma es relativamente más tardada dependerá en gran medida de la maestría de los carpinteros, sin embargo resulta mejor debido a que se procura dejar parte de la capa externa de sílice la cual le confiere una mayor resistencia al pasador.

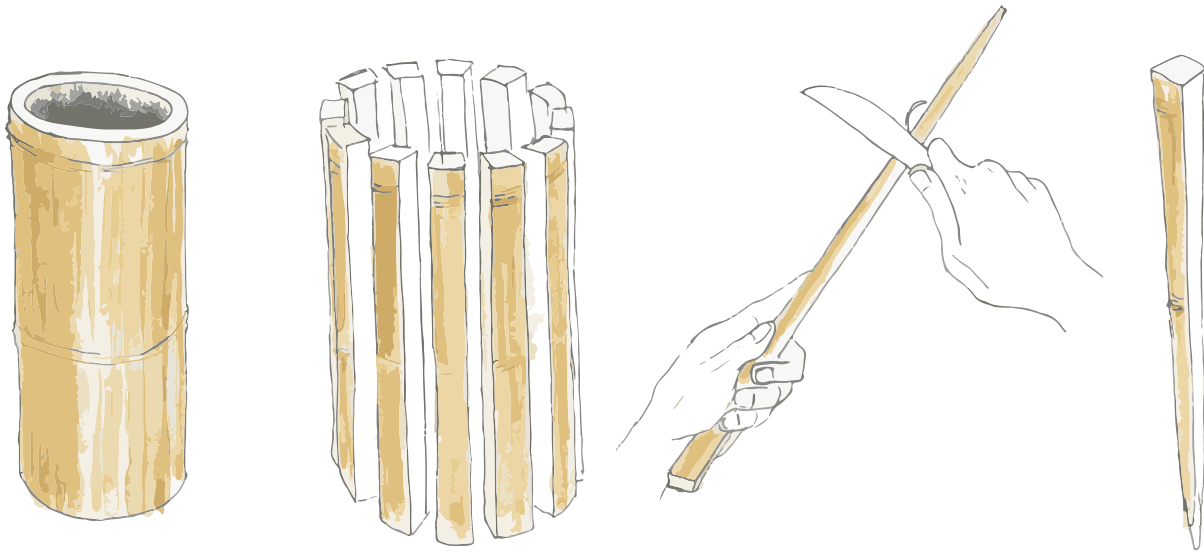


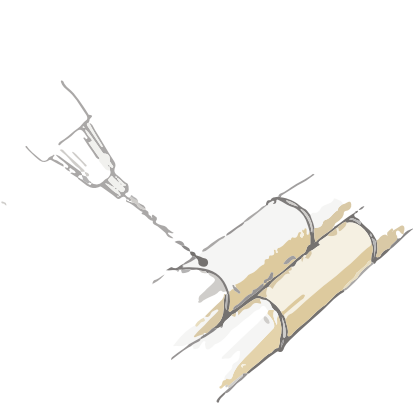
Figura 26. Proceso para hacer pasadores de bambú con cuchillas.



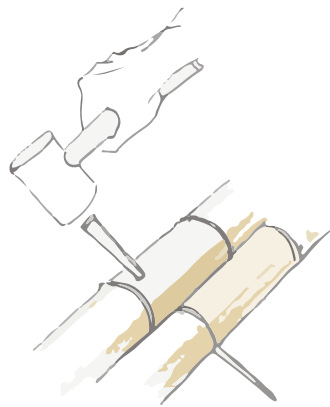
CÓMO UTILIZAR PASADORES DE BAMBÚ

Las uniones con pasadores de bambú deben limitarse a un uso estructural moderado, sin embargo se pueden utilizar en cualquier elemento estructural bajo especificaciones técnicas, pero lo más importante es que al empearlas se cumplan con las siguientes consideraciones:

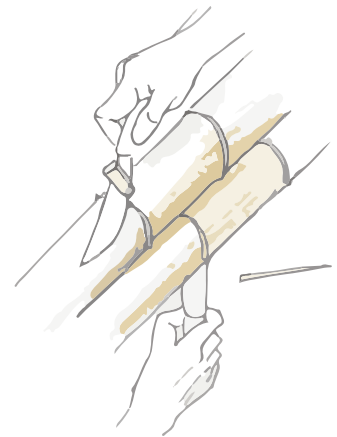
- Los pasadores deberán estar totalmente secos
- No se utilizarán pasadores rajados.
- El diámetro del pasador deberá ser por lo menos 1 mm mayor que diámetro del orificio hecho por la broca del taladro.
- Se usará martillo de madera para introducirlos en los culmos.



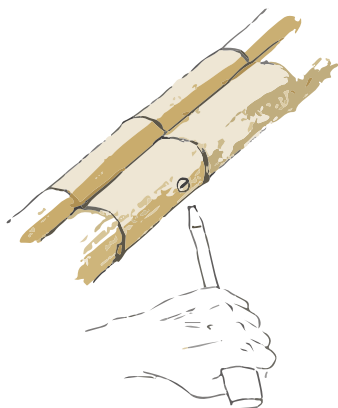
A) Perforar las correas en diagonal con un taladro y una broca larga.



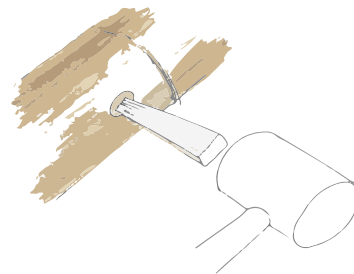
B) Clavar el pasador de bambú hasta que haga presión.



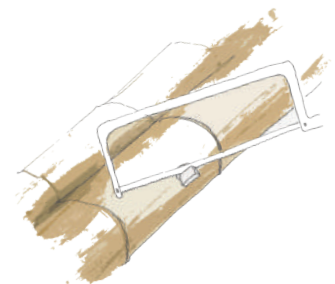
C) Recortar los extremos que sobresalgan de la correa, utilizando una segueta y un cuchillo para afinar el corte.



D) En el lado inferior utilizando un desarmador y un martillo hacer una guía al centro de la estaca.



B) Clavar en sentido opuesto al pasador una cuña de bambú hasta que haga presión.



C) Recortar el extremo que sobresale y afinar.

Figura 27. Proceso para usar los pasadores de bambú.

RELLENO CON GROUT

Cuando los culmos son sometidos a cargas grandes que puedan producir esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras (aplastamiento), se rellenarán con grout en los entrenudos adyacentes a la unión y por donde pasen pernos. Una unión rellena con grout y reforzada con una varilla de acero aumenta considerablemente su capacidad portante, por lo que son recomendables en estructuras de gran magnitud.

PROCESO

1. Ubicar los entrenudos a rellenar con grout e identificar el extremo a perforar, este deberá estar en la parte más elevada para que el grout fluya por gravedad.
2. Hacer el orificio utilizando una copa sierra o "saca bocado" con 1.5" de diámetro, un diámetro mayor podría debilitar el tallo del culmo.
3. Preparar el grout
4. Rellenar todo el entrenudo utilizando un cuello de botella a manera de embudo para vaciar el grout.
5. Colocar la "tapa" de bambú extraída con el sacabocados y dejar secar por lo menos dos días.

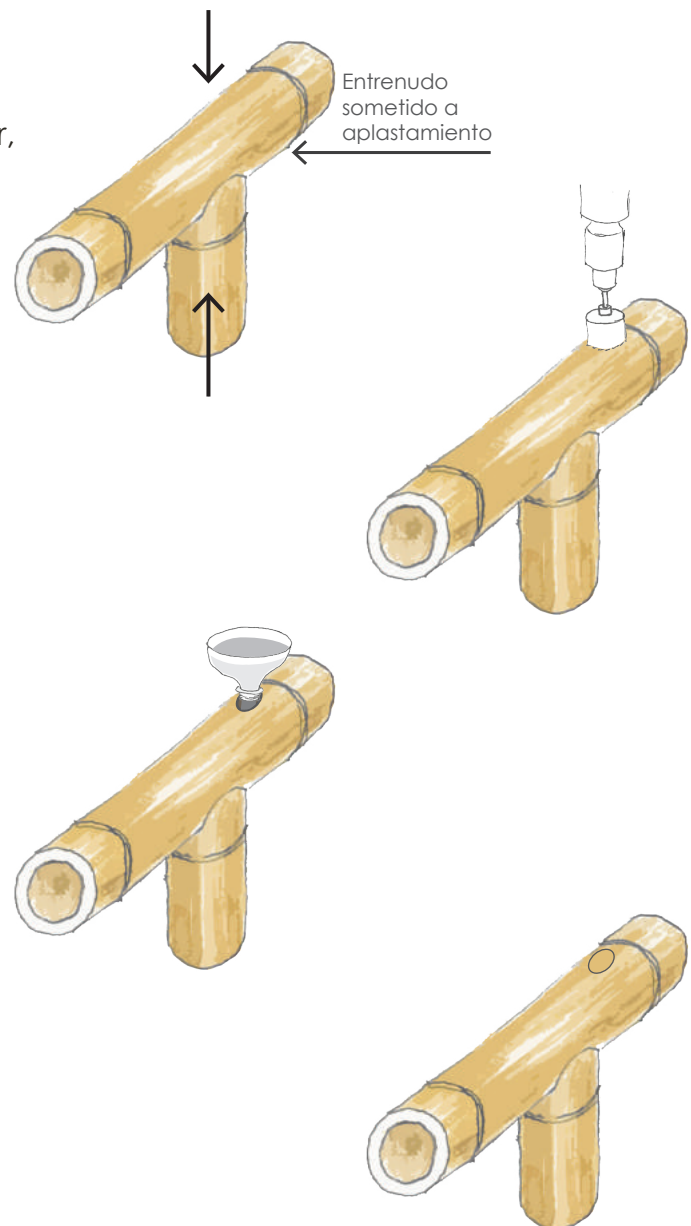


Figura 28. Proceso para rellenar con grout.



CÓMO HACER UNA CORREA DOBLE

1. Determinar un área de trabajo en el terreno, amplia, nivelada y limpia.
2. Tazar en sitio medidas generales de referencia.
3. Seleccionar dos culmos de bambú grado A, para uso estructural y cortar según la medida especificada tomando las siguientes consideraciones:

- Diámetro al centro de 9 cm, dejar un margen de variación de 1cm.
- Ancho de pared mínimo de 8 mm.
- Nodos a los extremos a no más de 4 dedos.
- Culmo seco y sin rajaduras
- Humedad menor o igual a 15%

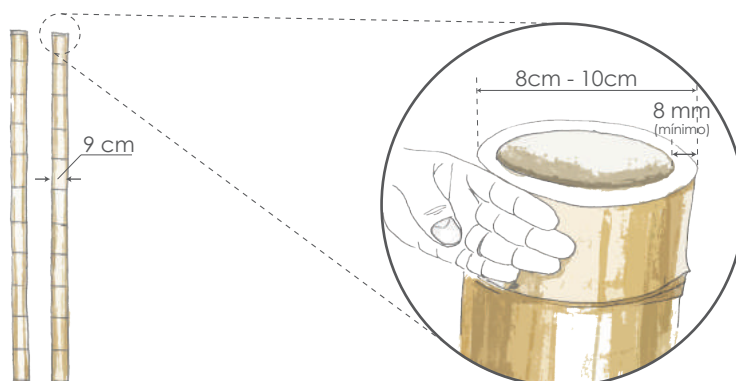
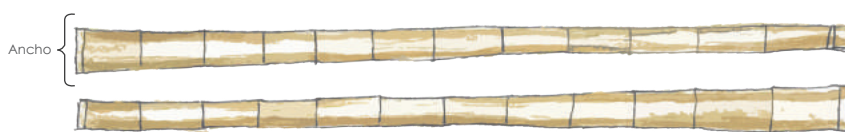


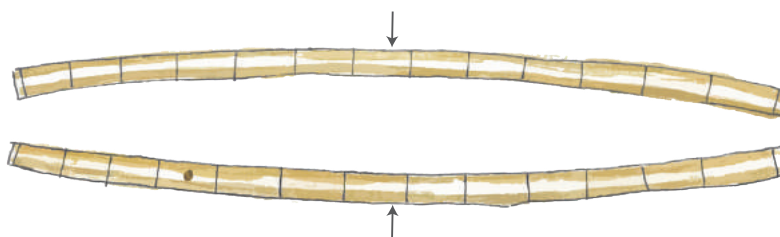
Figura 29. Separación del nudo para corte.

4. Colocar en paralelo los culmos bajo las siguientes consideraciones:

A) Poner un culmo de forma tal que su sección mas delgada este junto a la sección más gruesa del otro culmo, esto mantendrá una proporción equilibrada de la correa.



B) Las torceduras naturales o curvatura que tengan los culmos deberán estar opuestas de forma tal que al unirlos logren enderezarse



C) Amarrar los culmos en los extremos y centro, buscando enderezar las torceduras, de ser necesario poner más amarres.



Figura 30. Proceso constructivo para correas dobles.

3. Unir los culmos usando pasadores de bambú bajo las siguientes consideraciones:

A) Presentar por encima de los culmos los pasadores de bambú con un ángulo de inclinación de aproximadamente 60° y distribuirlos a cada 50 cm o 60 cm.

B) Clavar los pasadores de bambú.

C) Soltar las cuerdas.

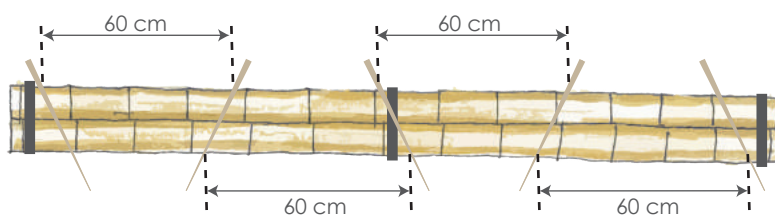


Figura 31. Criterio de fijación con pasadores de bambú.

UNIR DOS CULMOS LONGITUDINALMENTE

Esta unión es de las más recurrentes a la hora de utilizar el bambú para estructuras de gran magnitud, por tanto; es necesario establecer los criterios para realizarlo adecuadamente.

A) Los culmos a unir deberán ser similares en diámetro, en caso que exista conicidad en ellos deberá unirse de forma tal que la sección delgada se una con la sección delgada del siguiente y viceversa, tal y como se muestra en la figura 30.

B) Los extremos a unir deberán tener un nudo a una distancia mínima de 10 cm.

C) Hacer un corte en los extremos de manera diagonal en un ángulo de 60° aproximadamente, como se muestra en la figura 31.

- Corroborar que al unirlos haya contacto entre la superficie de ambos, de no ser así se deberán pulir.

D) Preparar el elemento de unión. Este debe ser un elemento longitudinal, rígido, resistente y lo suficientemente largo para que pueda introducirse hasta dos nudos en cada culmo. Este elemento puede ser:

- Latas de bambú

Esta es la opción más viable debido a que se emplea el mismo material, consiste en agrupar latas para formar el grosor necesario, las latas deberán estar secas y en buen estado.

- Culmo de bambú

Se utilizará una sección de culmo cuyo diámetro pueda introducirse dentro de los culmos a unir. El culmo deberá estar seco y en buen estado.

- Palo de Madera

Se utilizará una sección de palo de madera seca y en buen estado con tratamiento anti polilla.

- Tubo metálico

Esta opción es más costosa, la única condición es que el material no este oxidado y preferentemente sea acero galvanizado, el espesor estará indicado por el estructurista.

Considerando que el culmo tiene un diámetro de 9 cm el elemento de unión deberá tener un diámetro aproximado de 2" y una longitud aproximada de 50 cm u 8 diámetros del culmo.

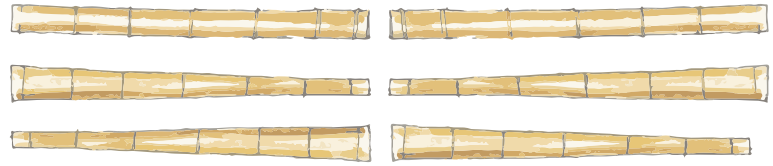


Figura 32. Criterio de unión según los diámetros

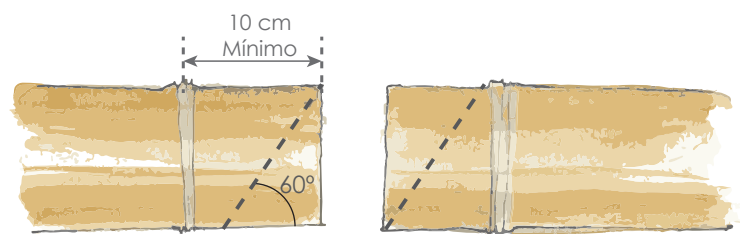


Figura 33. Criterio de corte en extremos.

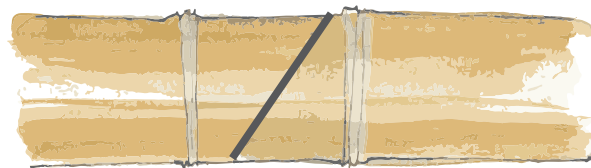


Figura 34. Unión precisa entre culmos.

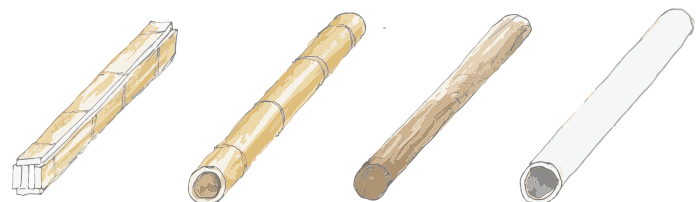


Figura 35. Elementos de unión: latas de bambú, culmo de bambú, palo de madera, tubo metálico



UNIR DOS CULMOS LONGITUDINALMENTE

E) Romper los diafragmas de los primeros dos nudos.

Es importante no retirar por completo la estructura interna del nudo debido a que se puede debilitar el culmo, así que se deberá dejar el hueco necesario para el paso del elemento de unión.

F) Introducir la mitad del elemento de unión en cada culmo.

G) Fijar con 3 pasadores de bambú o espárrago galvanizado preferentemente de 7/16" de diámetro.

1. Perforar con el taladro perpendicular a las fibras, cada perforación tendrá una separación de aproximadamente 9cm y estarán "giradas" o comúnmente llamada "a tresbolillo" es decir en diferentes direcciones unas de otras como se muestra en la figura 35.

H. Cortar los sobrantes de los pasadores a raz del culmo y pulir bordes.

Si en el culmo se hacen más de una unión estas deberán alternar el sentido del corte diagonal como se muestra en la figura 38.

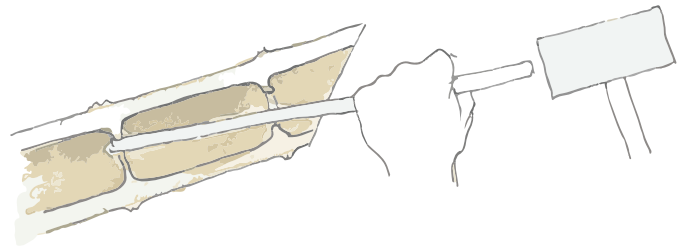


Figura 36. Rompiendo nudos internos.

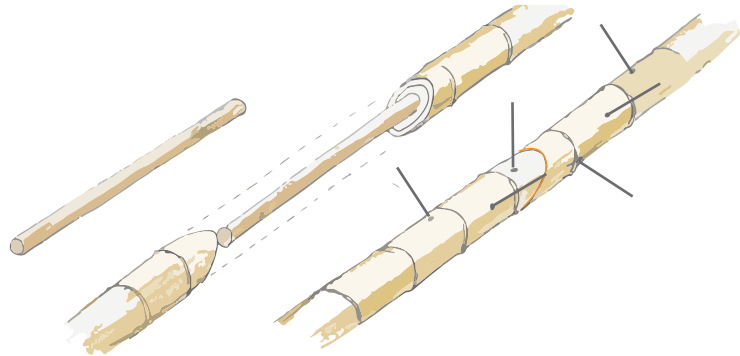


Figura 37. Perforación en diferentes direcciones.

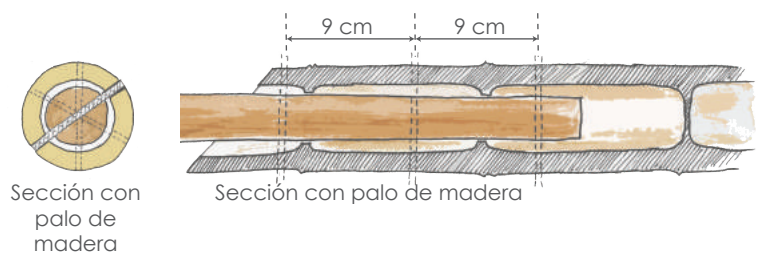


Figura 38. Criterio para fijar los pasadores.

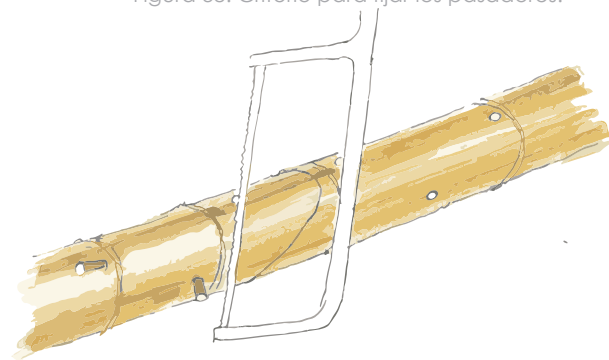


Figura 39. Cortando sobrantes de pasadores



Figura 40. Alternar los cortes diagonales.

COLAR UNA VARILLA EN EL CULMO

1. Romper los diafragmas de dos entrenudos en las bases de los culmos.

- No retirar por completo el diafragma, dejar un borde ya que este es el que le confiere resistencia al culmo.
- La perforación debe permitir el paso de la varilla y el grout o concreto.

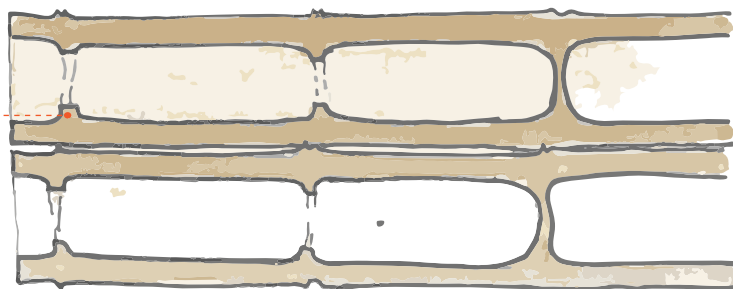


Figura 41. Criterio de fijación con pasadores de bambú.

2. Cortar una secciones de varilla y curvar por la mitad generando una "U".

- El diámetro y longitud estarán dados por el plano estructural.



Figura 42. Dobles de varilla corrugada.

3. Meter los extremos de la varilla en los culmos.

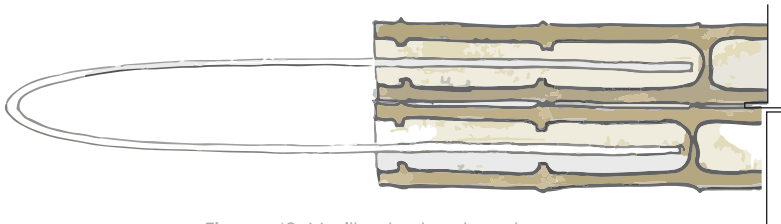


Figura 43. Varilla dentro de culmos.

4. Preparar el concreto o grout y rellenar las bases de los culmos.

- Hacer presión para que el concreto ingrese hasta el fondo.
- Mantener la varilla al centro del culmo.

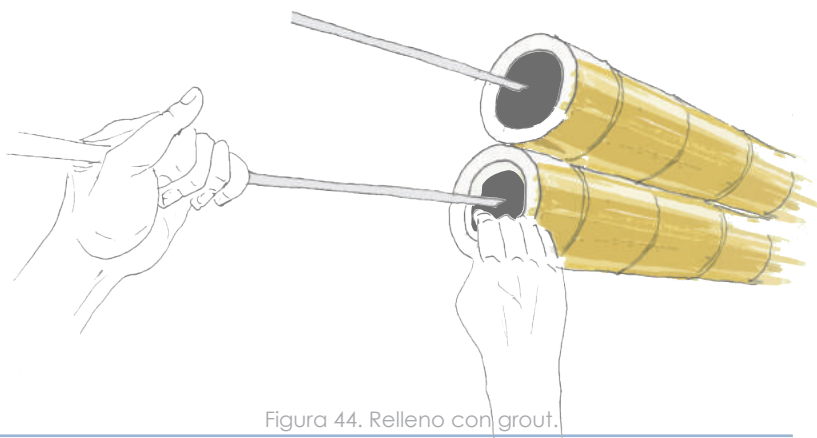


Figura 44. Relleno con grout.

5. Dejar secar por lo menos 2 días.



CÓMO HACER LATAS

Las latas son segmentos longitudinales de las cañas; se obtienen haciendo cortes paralelos a las fibras, tienen diversas aplicaciones entre las más comunes son para elaborar muros de bahareque, mobiliario y tejidos.

Para la obtención de latas se utilizan secciones de la caña de la parte basal e intermedia de bambúes con al menos 3 años de edad. Se pueden utilizar culmos recién cortados y secos, ambos deberán estar preservados.

Actualmente existen diversas formas para la obtención de latas, desde el uso de herramientas para el corte manual como el machete, herramientas manuales especiales como el cortador radial metálico, hasta el uso de máquinas industriales diseñadas especialmente para el corte del bambú llamadas comúnmente "lateadoras".

Debido a la magnitud de la obra será necesario utilizar una lateadora y una sierra desnudadora, las cuales nos garantizará un suministro constante y regular de latas en menor tiempo.

PROCESO

Se utilizarán culmos grado A y B.

1. Obtener latas.

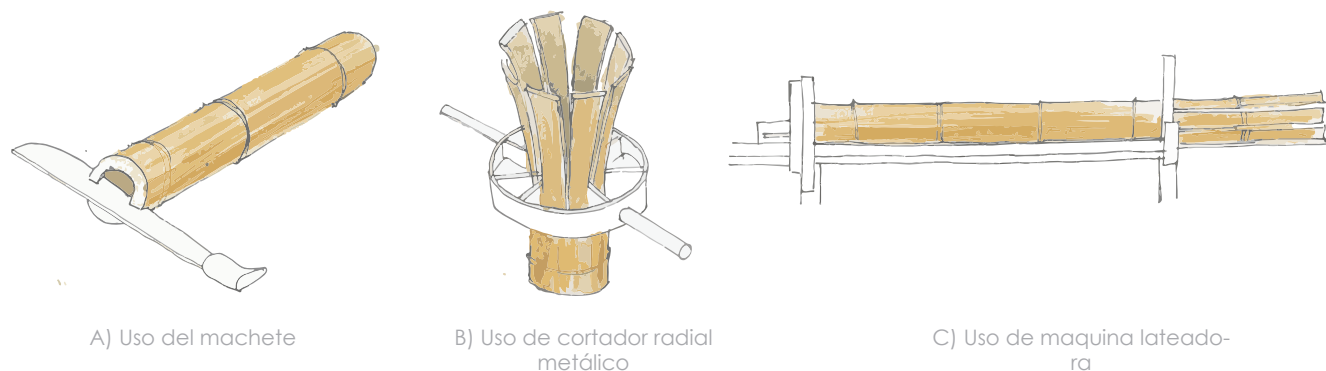


Figura 45. Fabricación de latas y canales.

2. Quitar partes del nudo del lado interno.



Figura 46. Retirar nudos internos de latas.

3. Almacenar.

Elaborado con base en las siguientes fuentes:

1. Hidalgo O. (S.E.). *Manual de construcción con bambú guadua*. Colombia: Estudios Técnicos Colombianos Ltda

CÓMO HACER ESTERILLA

Se le denomina esterilla a los tableros que se obtienen de la parte intermedia de la caña de bambú, que se abre manualmente formando una superficie plana. Los tableros de esterilla tienen una gran diversidad de aplicaciones en la construcción de vivienda, fabricación de pisos, paredes y techos.

Para hacer esterilla se emplean secciones recién cortadas de 1 a 8 metros de longitud de la parte basal e intermedia de bambúes de 2 y 3 años de edad. Es muy importante que el bambú este recién cortado para que garantice suficiente humedad y sea más flexible a los cortes y aplastamientos.

PROCESO

1. Colocar la sección de bambú en el suelo o en alguna superficie nivelada.
2. Utilizar una hachuela para hacer cortes sucesivos y profundos en el sentido de las fibras, a lo largo de los nudos y entrenudos con una separación entre 2 y 3 cm.
3. Utilizar una pala para abrir longitudinalmente por un lado, rompiendo diafragmas interiores.
4. Abrir la esterilla con las manos hasta aplastarla y con ayuda de la pala remover la capa blanda interna y los segmentos de los nudos.
5. Limpiar y lavar con la hidro lavadora el tablero.
6. Sumergir en solución de pentaborato al 5% durante 4 días.
7. Sacar y blanquear al sol en "burros".
8. Almacenar apilando dejando espacio entre ellas para que exista ventilación.

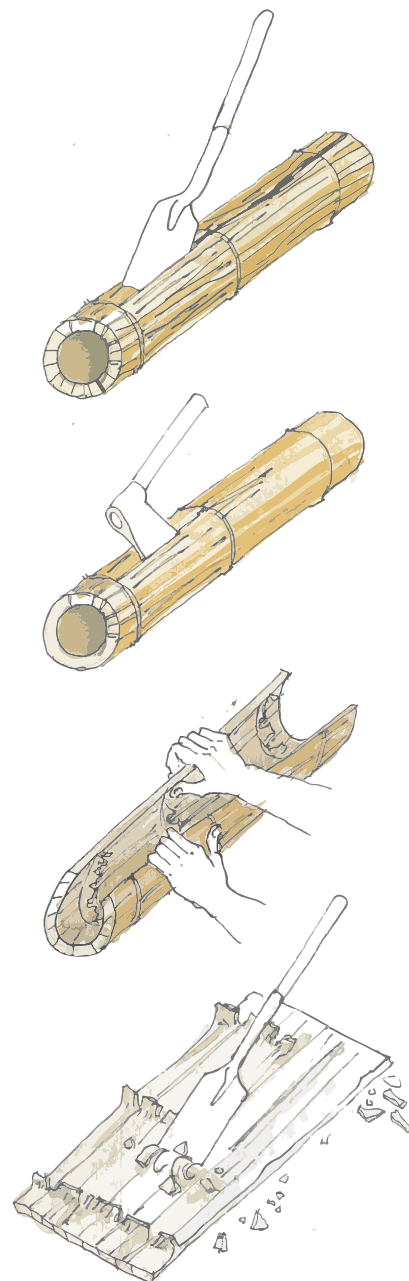


Figura 47. Proceso de fabricación de esterilla.

Elaborado con base en las siguientes fuentes:

1. Hidalgo O. (S.E.). *Manual de construcción con bambú guadua*. Colombia: Estudios Técnicos Colombianos Ltda



CÓMO HACER ESTERILLA

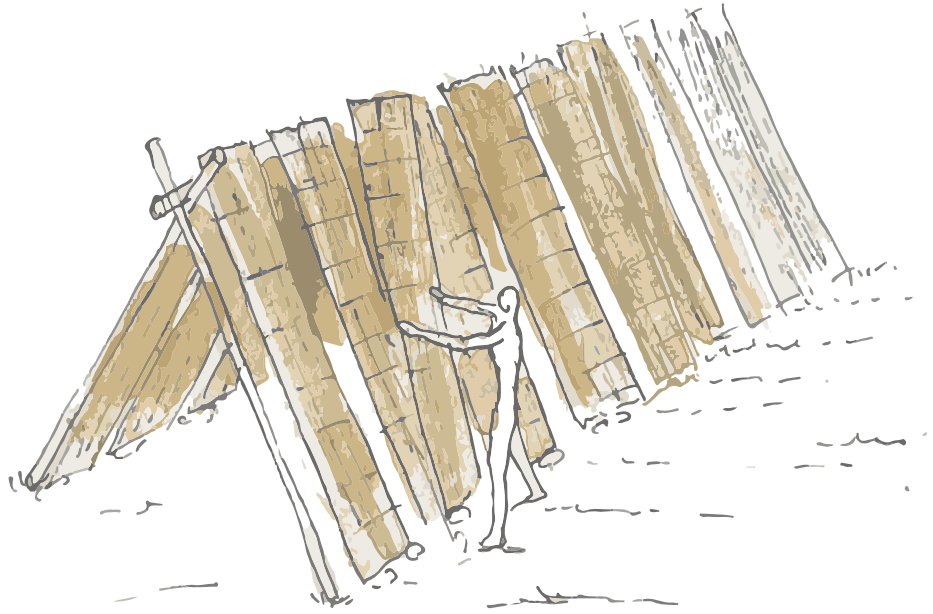


Figura 48. Proceso de secado en el burro.

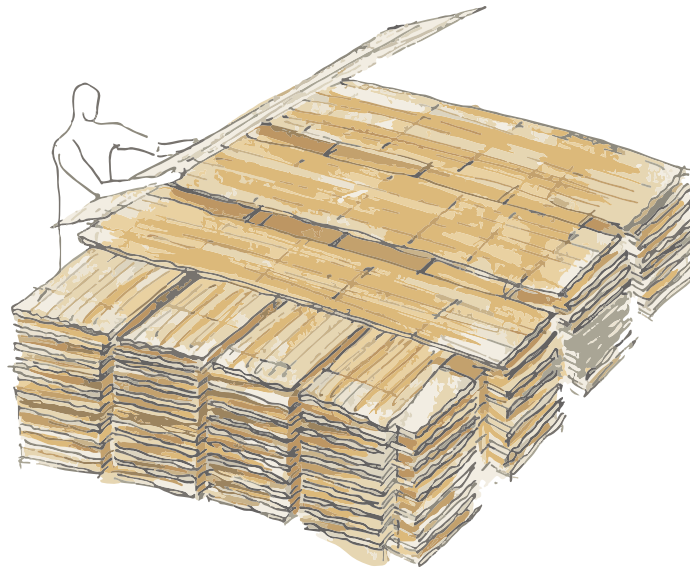


Figura 49. Proceso de almacenamiento.

CÓMO HACER PINBOO

Materiales

- Latas de bambú
 - Preservadas por pentaborato
 - 4 cm de ancho
 - Cepilladas y sin nudos.
- Palos de madera
 - Tratamiento antipolilla
 - Diámetro 1/2"
 - Rectos y regulares

Herramientas

- Taladro eléctrico o inalámbrico
 - Recomendable de 1200 kw
- Broca para metal
 - Diámetro de 1/2"
- Martillos y mazos
 - De hule y madera
- Flexómetro
- Lápiz bicolor

PROCESO

1. Sobre una mesa de trabajo marcar una línea de referencia con la longitud requerida.

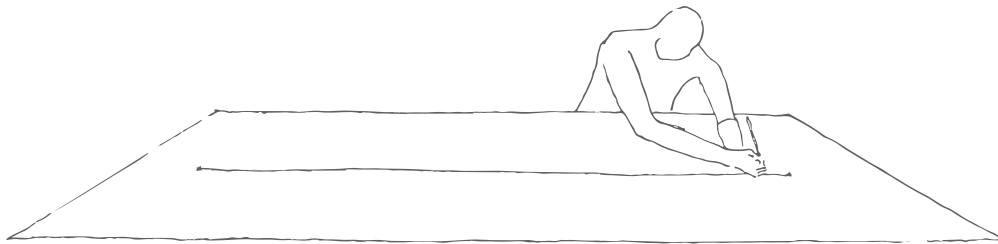


Figura 50. Trazo de línea base.

2. Poner latas sobre la mesa con el lado interno hacia arriba y alinearlas hasta cubrir la longitud requerida

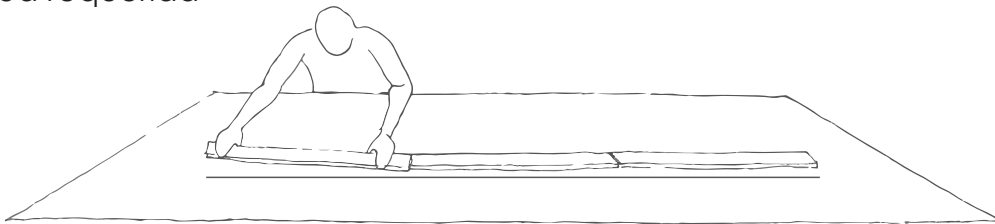


Figura 51. Primer nivel de latas.

3. Sobre el eje central de las latas marcar puntos equidistantes a cada 35 -40cm.



Figura 52. Puntos de referencias al eje de la lata.



CÓMO HACER PINBOO

4. Perforar en los puntos utilizando el taladro con una broca de 1/2" de diámetro.

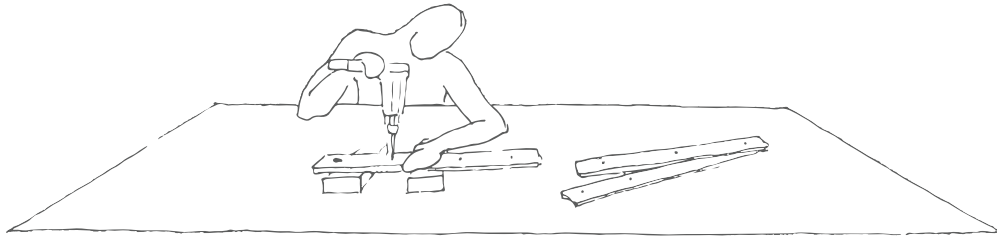


Figura 53. Perforación de latas.

5. Insertar un palo en cada orificio atravesando las latas.

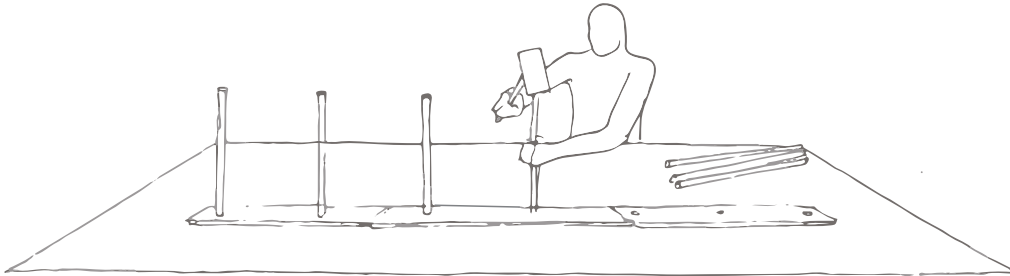


Figura 54. Clavar palos en latas.

6. Preparar la segunda capa de latas alternando la orientación de su cara y traslapando las uniones con la primera.

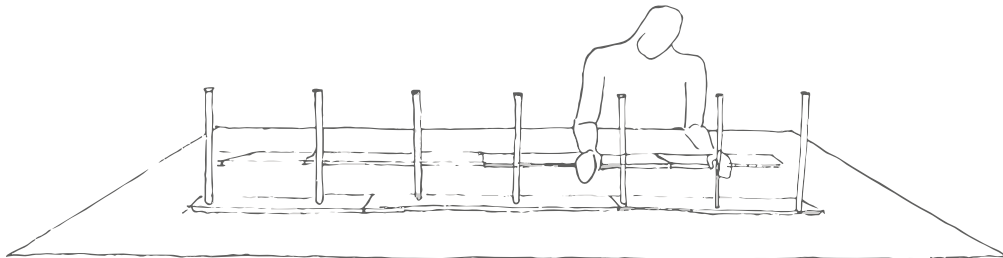
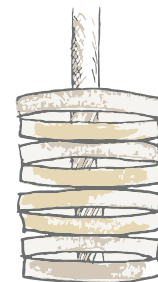


Figura 55. Segunda capa de latas.

7. Clavar las latas en los palos y repetir el proceso hasta apilar la altura requerida.



Figura 56. Proceso de apilado de latas.



Vista en corte

CÓMO HACER PINBOO

8. Una vez concluido cortar los sobrantes de los palos.

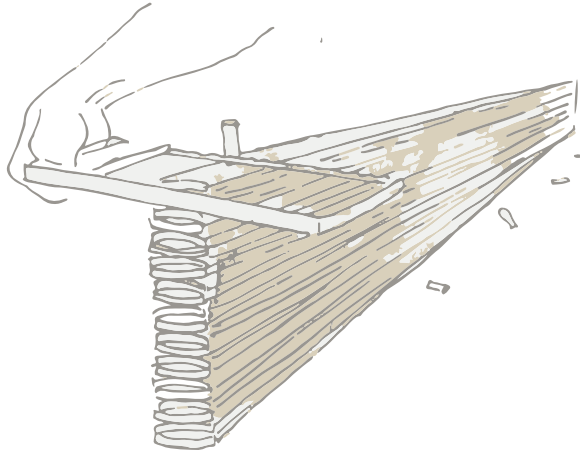
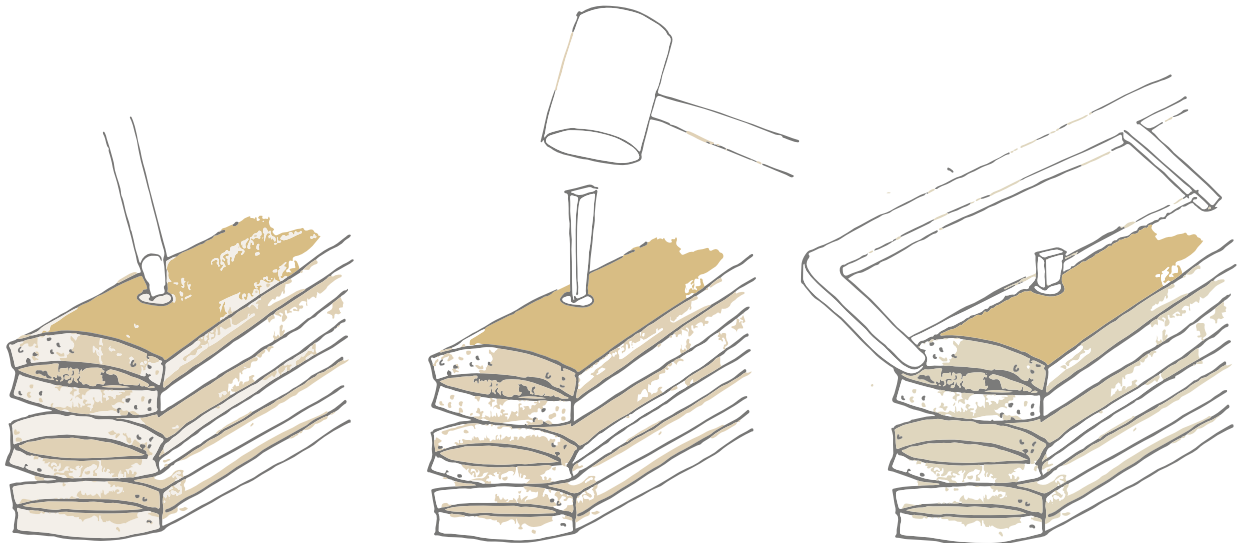


Figura 57. Corte de sobrantes de los palos.

9. Para fijar las latas y evitar que se muevan, se procede a clavar una estaca en la superficie del palo de madera en ambos extremos, como se explica en las siguientes figuras.



A) Utilizar un desarmador y hacer una guía en la superficie del palo de madera.

B) Clavar una estaca de bambú o madera hasta que haga suficiente presión.

C) Cortar sobrante y afinar.

Figura 58. Proceso de fijación final.



CÓMO SELLAR EXTREMOS

En las estructuras realizadas con bambú se deberán sellar todos los extremos de los culmos, sobre todo en las cubiertas en donde los elementos de vigas y largueros dejan expuesta una sección del hueco del culmo que podría albergar insectos o acumular polvo, suciedad e incluso humedad poniendo en riesgo la integridad del elemento, por tal motivo es necesario rellenar los extremos para proteger al culmo.

Para sellar se utilizará una mezcla hecha con aserrín, cola blanca y agua, que será aplicada con una cuchara de albañil o con la mano en todos los extremos expuestos.

PROCESO

1. Realizar la mezcla para rellenar
Proporción: 50 % aserrín fino, 30% cola blanca y 20% de agua.
Mezclar hasta generar una pasta espesa y homogénea.
2. Limpiar el espacio a rellenar en caso que se requiera.
3. Rellenar el espacio haciendo presión con las manos, se rellenará hasta cubrir por completo el extremo y por encima del ras, dejando un ligero borde convexo, evitando así que no se genere oquedad al secarse.
4. Dejar secar.



Figura 59. Proceso para sellar extremos

MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento de las estructuras durante la operación se debe aplicar una pintura de aceite o de alguna laca, aunque lo más recomendable son los aceites y resinas a base de linaza.

Los elementos metálicos usados en las uniones que estarán en contacto con la lluvia deben tener un tratamiento anticorrosivo.

Un producto adecuado para el mantenimiento del bambú es el aceite de palma , al cual se le deberá de incorporar dióxido de zinc o de titanio como protector UV.

Una vez colocado el aceite se debe de aplicar una capa de cera para evitar que se pegue el polvo.

Éste mantenimiento deberá realizarse en periodos de 2 años.



BIBLIOGRAFÍA

- Libros:

Hidalgo, O.. (2003). The plant. *En Bamboo the gift of the gods*. Colombia: Oscar Hidalgo.

Minke G. (2010). *Manual de construcción con Bambú*. Cali, Colombia: Merlín.

Hidalgo O. (s.f.). *Manual de construcción con bambú guadua*. Colombia: Estudios Técnicos Colombianos Ltda.

Stamm, J., Tesfaye, M. & Girma, H. . (2014). *Construction manual with bamboo*. Addis Ababa Ethiopia: Denamo Addissie.

Kenya Forestry Research Institute. (2012). *Bamboo Harvesting and Preservation*. Bambú Training Manual , 1, 38.

- Revistas:

Bambuterra. (s.f.). *Ventajas del bambú*. Catálogo de proyectos 2015, 2015, p.5.

- Páginas WEB:

Bambú export. (s.f.). *Procesos*. Recuperado el 20 de junio de 2017, de Bambú export, Bambú ecuatoriano de exportación Sitio web: <http://www.bambuexport.com.ec/quienes-somos/>

Bambumex. (s.f.). *Uniones*. 15 de Junio de 2017, de BAMBUMEX Sitio web: <https://bambumex.wordpress.com/introduccion/>



COLABORACIÓN

CONSULTORES BAMBÚ:

JORG STAMM

ARQ. LUCILA AGUILAR DE LA LAMA

ARQ. DANIELA LUJAN MENCHACA

ILUSTRACIÓN Y EDICIÓN:

ARQ. BOLÍVAR EPIGMENIO GARCÍA MIRANDA

ENCUADERNACIÓN:

DULCE MARÍA LUNA TORRES













































