

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ

---

# BAÑOS Y VESTIDORES

DE CAMPAMENTO



LUCILA AGUILAR • *Arquitectos*



LUCILA AGUILAR  
*Arquitectos*

Trabajo presente en:

XIII Bienal Habana  
**factoria**  
HABANA  
Abril 2019

# Contexto

---

La arquitecta mexicana Lucila Aguilar, emprendió un camino en la arquitectura con una fuerte presencia del bambú como material fundamental en las estructuras de sus obras. Lo que en un principio surgió como el uso de un material local, se ha convertido en una imagen para el despacho de diseño que ahora preside en la ciudad de México, bajo el nombre de Lucila Aguilar arquitectos.

Durante el año 2016 “La Ceiba” fue un proyecto de infraestructura desarrollado por el despacho, para UUMBAL una empresa agroforestal altamente comprometida con la sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente, situada en el suroeste de México. El proyecto consta de 16 construcciones replicables para el desarrollo de las diferentes actividades que demandan las plantaciones de la empresa, a partir del diseño y su materialidad se busca transmitir un mensaje en la región, las construcciones industriales pueden tener otro lenguaje, los materiales naturales como la tierra y el bambú pueden confluir con otros materiales comúnmente utilizados en un diseño atractivo y funcional.

Durante el proceso de construcción del proyecto, el equipo de diseño se enfrentó a retos que implicaba el manejo del bambú, tanto la falta de mano de obra calificada como la falta de una metodología para construir los elementos de las estructuras, retrasando los tiempos de ejecución.

Esto motivó a buscar estrategias que hicieran más eficiente el trabajo en la obra, una de ellas fue la elaboración de manuales de construcción con bambú para cada proyecto específico, en donde se aborda desde los materiales y herramientas hasta los pasos a seguir para la construcción de las estructuras, de esta manera se ha capacitado a los trabajadores y además se promueve el uso del bambú como un material muy versátil y sustentable para construir de forma práctica, reduciendo costos de mano de obra y creando un marco de referencia para construir un México con conciencia, social, ecológica y en balance y armonía con la tierra.



LUCILA AGUILAR  
*Arquitectos*



LUCILA AGUILAR  
*Arquitectos*

para



UUMBAL  
AGROFORESTAL

## CONTENIDO

CUBIERTA.....	1
CORREAS DOBLES.....	2
PROLONGAR CORREAS DOBLES.....	4
ENTRAMADO DE CORREAS .....	6
PARABOLOIDE HIPERBÓLICO.....	8
APOYOS.....	13
TIPOS DE APOYOS.....	14
COLUMNAS.....	15

---

### COLABORACIÓN:

Consultor en Bambú: Jorg Stamm.  
Edición e Ilustración: Arq. Bolívar Epigmenio.

# CUBIERTA

---

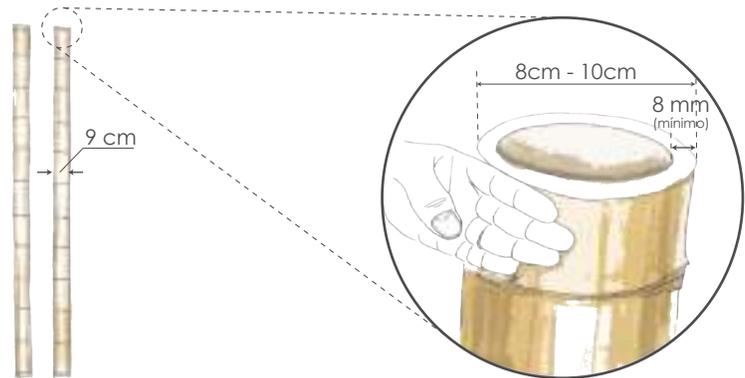
Proceso para construir un paraboloides hiperbólico a base de correas dobles de bambú que servirá como estructura de cubierta para los prototipos de baños y comedor de campamento.



# CORREAS DOBLES

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 clasificados 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 1 cm.
- 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%

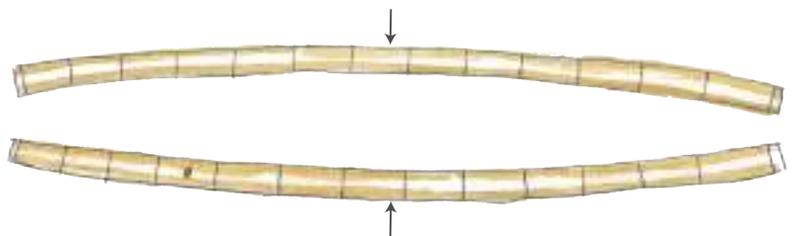


4. Colocar en paralelo los culmos bajo las siguientes consideraciones:

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



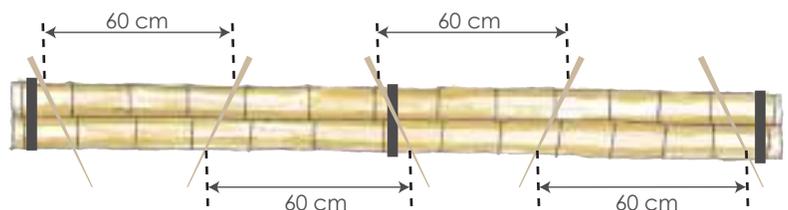
C) Amarrar los culmos en los extremos y centro, buscando enderezar las torceduras, de ser necesario poner más amarres.



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

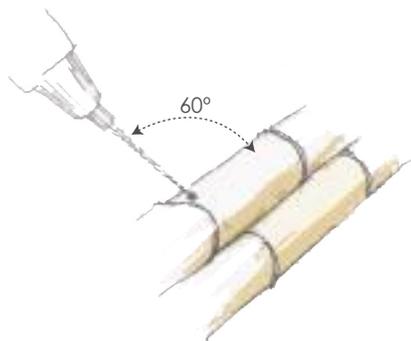
A) Previamente se fabricarán los pasadores de bambú, y se colocarán totalmente secos.

B) 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.

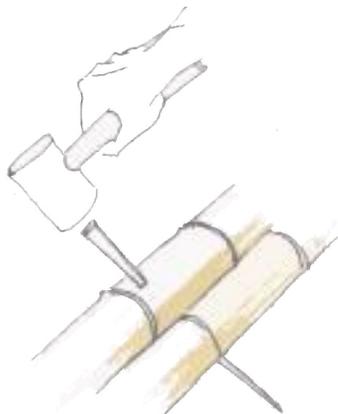


# CORREAS DOBLES

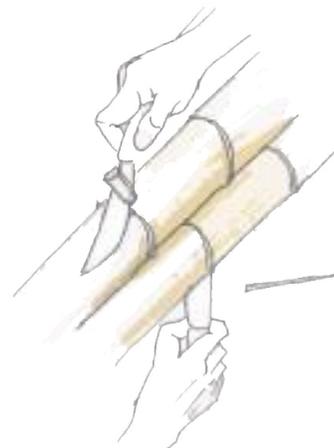
Pasos para clavar un pasador de bambú



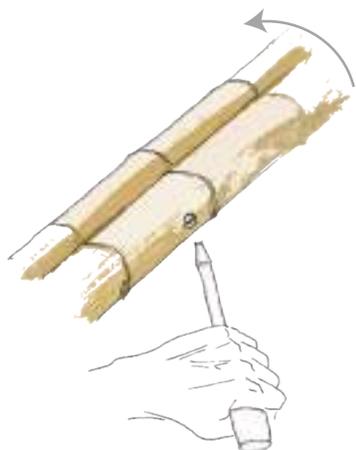
A) Perforar las correas en diagonal con un taladro y una broca larga.



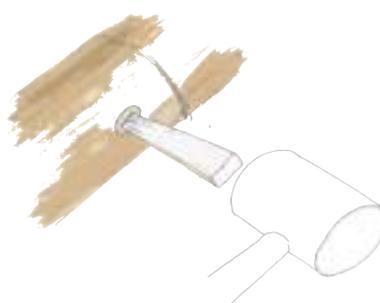
B) Clavar el pasador de bambú hasta que haga presión.



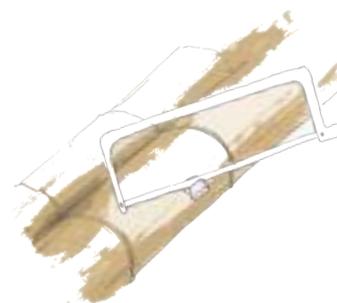
C) Recortar los extremos que sobresalgan de la correa, utilizando una sigueta y un cuchillo para afinar el corte.



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

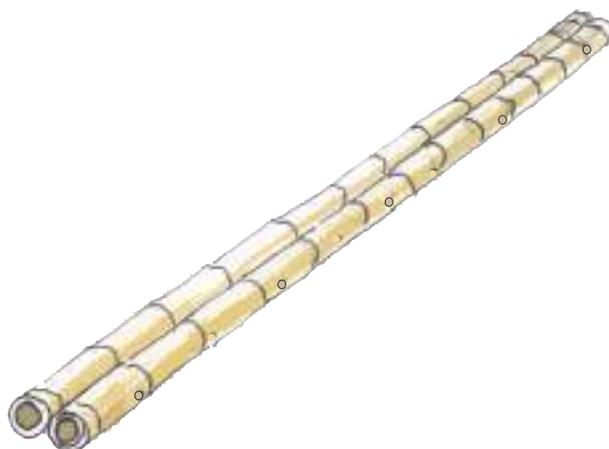


B) Clavar en sentido opuesto al pasador una cuña de bambú hasta que haga presión.



C) Recortar el extremo que sobresale y afinar.

5. Soltar las cuerdas, una vez unidos los culmos con las estacas.



# PROLONGAR CORREAS DOBLES

1. Trazar en el suelo con hilo y estacas la longitud requerida.



2. Colocar los culmos clasificados para uso estructural necesarios para completar la longitud de una correa y hacer un corte en diagonal en las uniones entre culmos bajo las siguientes consideraciones:

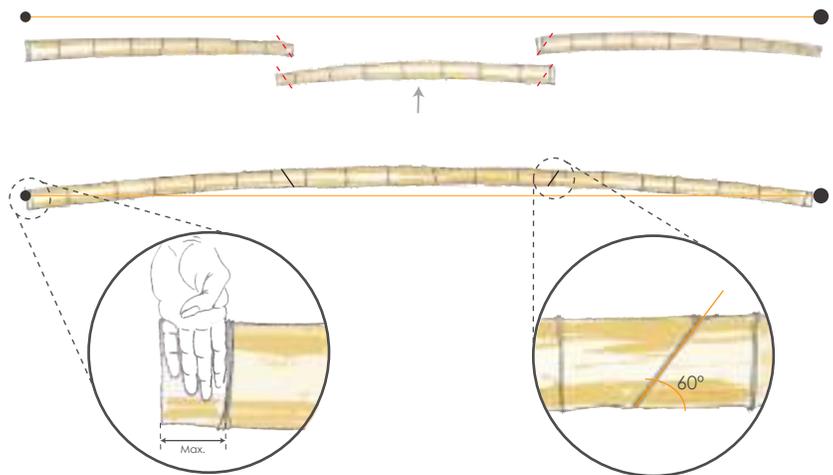
A) Colocar los culmos de forma tal que la sección delgada se una con la sección delgada del siguiente y viceversa, los culmos intermedios deberán considerar el corte diagonal en su longitud.

B) Las torceduras naturales o curvatura que tengan los culmos deberán orientarse hacia el mismo lado.

- Nodos a los extremos a no más de 4 dedos.

- Culmo seco y sin rajaduras

- Los cortes en las uniones deberán ser precisos y alternar sus direcciones.

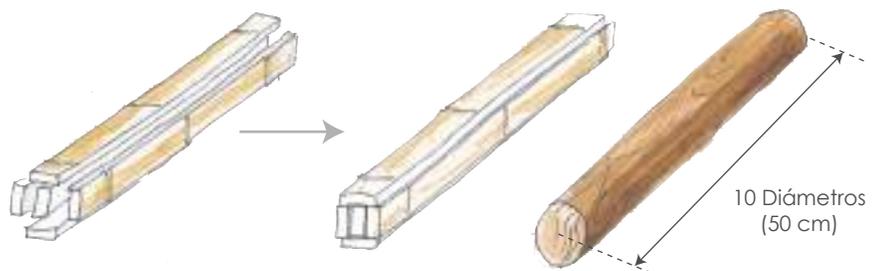


3. Unir los culmos introduciendo secciones de palos de madera o latas y fijar con pasadores de la siguiente manera:

- Los palos de madera deben tener un diámetro de 2" máximo y una longitud equivalente a 8 - 10 diámetros, buscando atravesar dos entrenudos a cada lado.

- La madera debe estar totalmente seca, sólida y sin fracturas.

- Se podrán usar latas agrupándolas para cubrir un diámetro aproximado de 2" y una longitud aproximada de 50 cm.



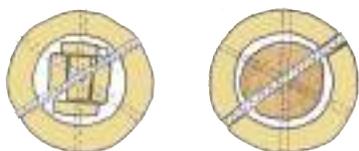
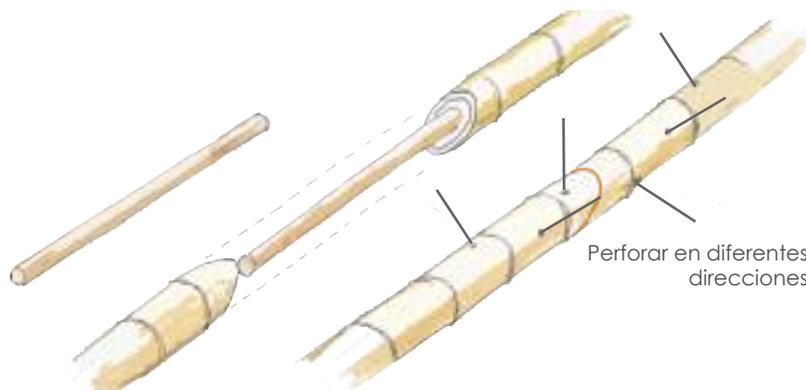
# PROLONGAR CORREAS DOBLES

A) Romper los diafragmas de los nudos para ingresar el palo de madera, aproximadamente dos entrenudos.

B) Introducir la mitad del palo de madera a cada culmo hasta que embone en la unión.

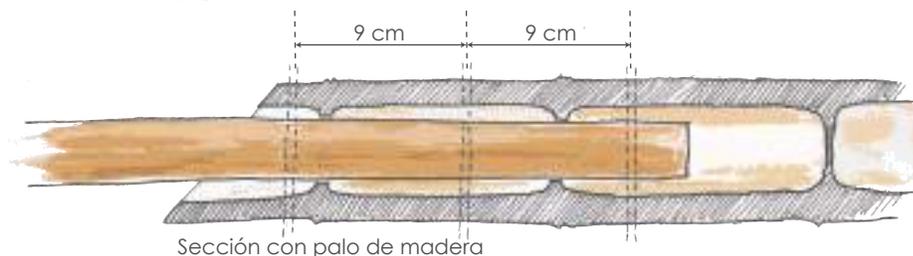
B) Fijar con 3 pasadores de varilla corrugada de 7/16" o esparrago galvanizado, dispuesto en diferentes direcciones a cada 9 cm aproximadamente.

C) Cortar los sobrantes de los pasadores .



Sección con latas

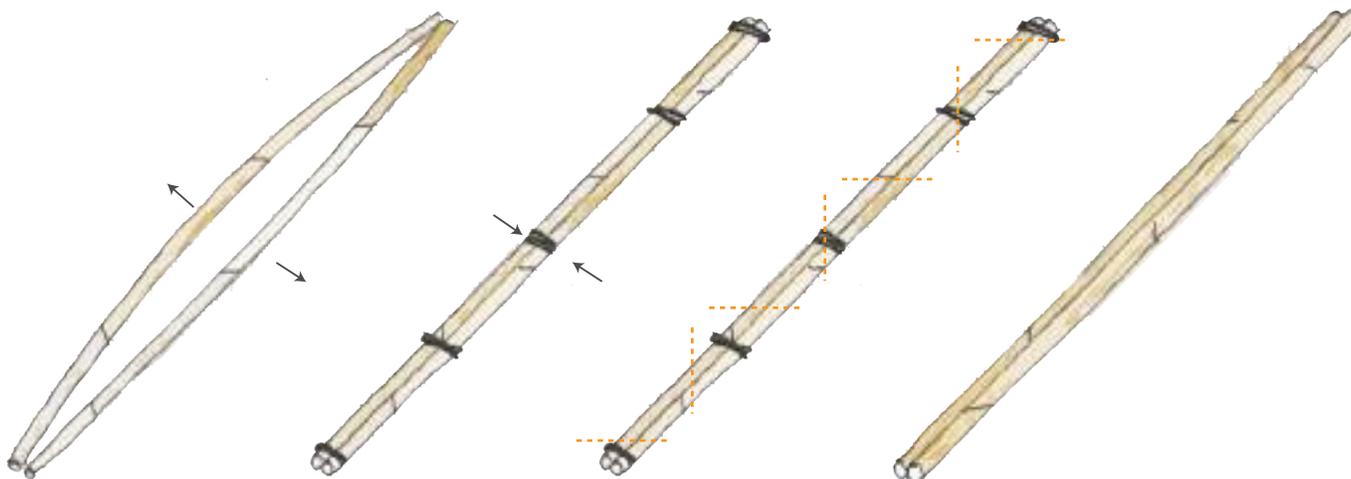
Sección con palo de madera



4. Armar la segunda correa de forma tal que las uniones se traslapen con la primera.



5. Se unirán en paralelo las correas aplicando el procedimiento ya conocido



A) Poner curvas y torceduras hacia afuera

B) Amarres en los extremos y al centro

C) Perforación en "V"

D) Soltar cuerdas

# ENTRAMADO DE CORREAS DOBLES

1. Trazar en el suelo la plantilla para poner el primer nivel de correas dobles, de la siguiente manera:

- Previamente tener preparadas estacas de varilla corrugada de diámetro 3/8" y longitud de 50 cm.

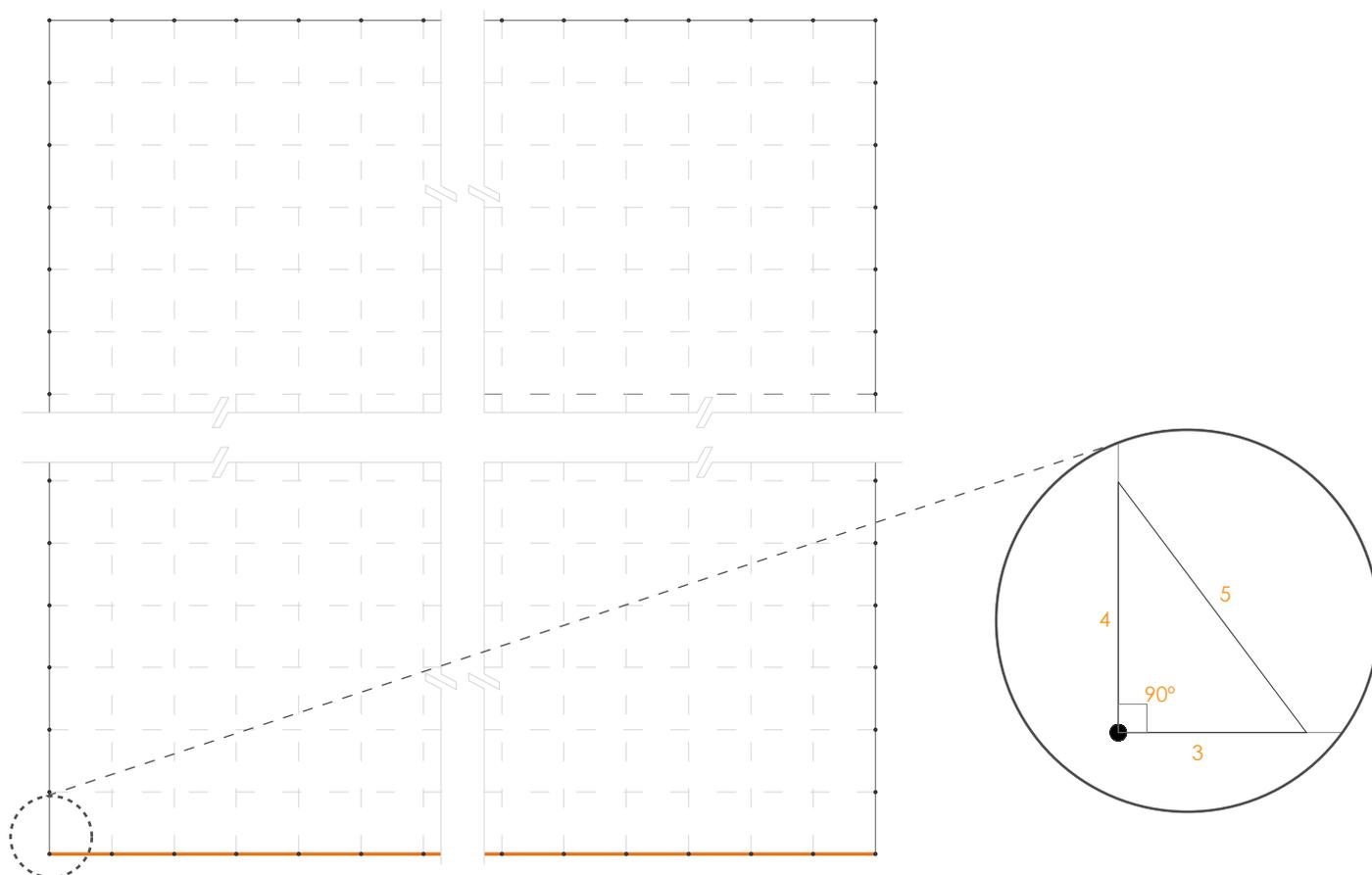
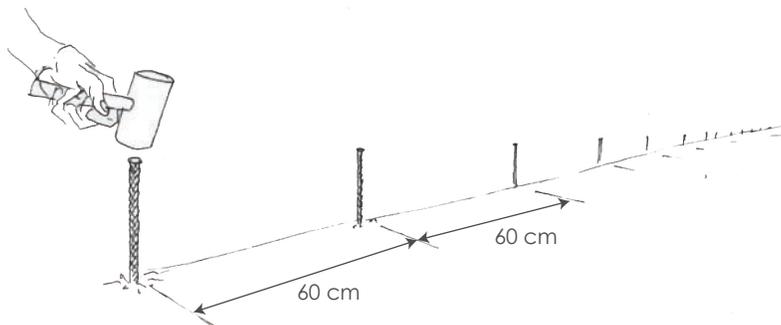
- Se trabajará en un área limpia, amplia y nivelada.

A) Poner la línea base, clavar dos estacas separadas a la distancia requerida.

B) Sobre la línea clavar estacas con una separación según el plano, máximo 1m.

C) Extender con hilo líneas a los extremos a 90° utilizando el método 3,4,5 (teorema de Pitágoras) la longitud será según el proyecto y repetir el proceso de clavar estacas a partir de la línea base.

D) Cerrar el cuadrado con líneas de hilos y clavar estacas igual que la línea base.

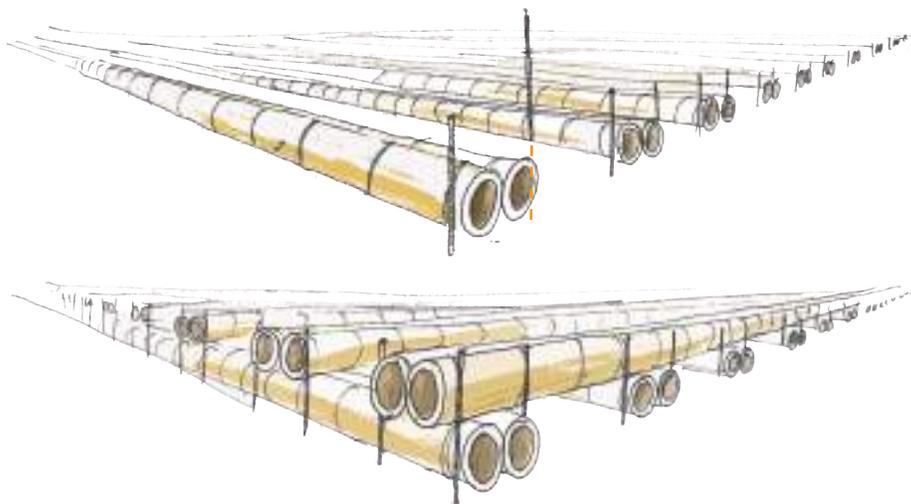


# ENTRAMADO DE CORREAS DOBLES

2. Colocar las correas de bambú en ambos sentidos fijadas con las estacas de la siguiente manera

A) Colocar el primer nivel de correas dobles en un sentido apoyándose en la estaca y fijándola con otra en ambos extremos.

B) Colocar de manera perpendicular el segundo nivel de correas dobles encima de las primeras y fijarlas con otra estaca



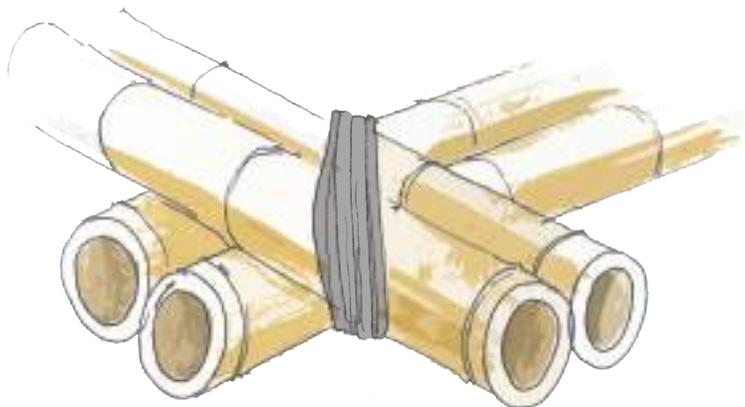
3. Amarrar todas las intersecciones con tiras de caucho reciclado, los amarres deberán de estar en un solo sentido.

- Los amarres deberán ser en un solo sentido en todas las uniones.

- El amarre es provisional y servirá para poder elevar y dar forma a la estructura.

- Es importante utilizar caucho ya que es flexible y facilitara los movimientos.

- El caucho se obtendrá cortando tiras de las camaras de llantas de vehículos.



# PARABOLOIDE HIPERBÓLICO

Se procede a levantar la estructura con ayuda de trípodes, poleas y cuerdas.

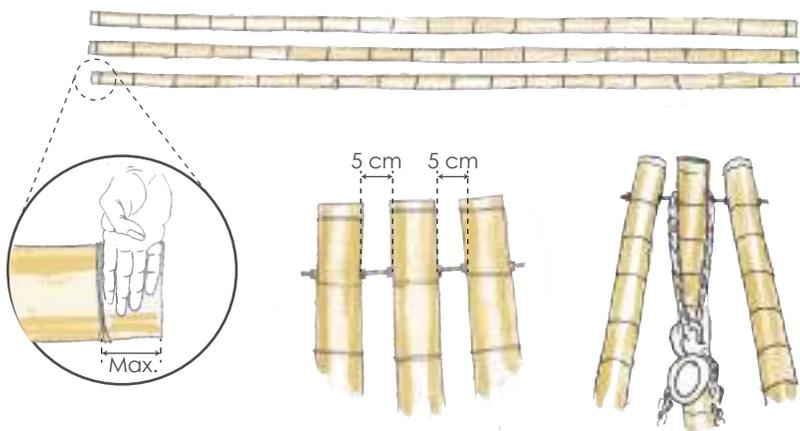
## 1. Fabricar 5 trípodes usando culmos de bambú.

A) Seleccionar 3 culmos clasificados para uso estructural y cortarlos a una longitud aproximadamente de 7 m, dejando nudos en los extremos.

B) Perforar con taladro un extremo de los culmos cerca del penúltimo entrenudo.

C) Pasar un esparrago galvanizado de 7/16" por los culmos dejando un espacio de 5 cm entre cada uno asegurando con tuercas y arandelas.

D) Colgar en el culmo del centro un polipasto manual de cadena



## 2. Elevar la estructura y dar la forma sobre el suelo.

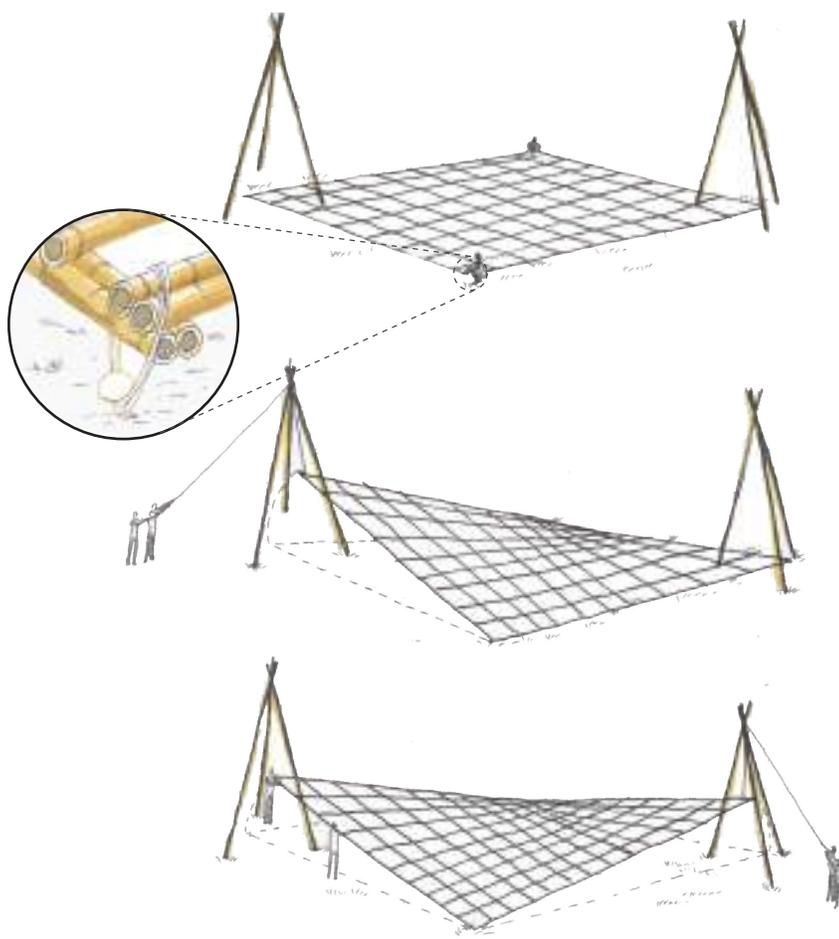
A) Identificar los extremos que serán los puntos bajos del paraboloide y fijarlos al suelo atándolos a una estaca y poner dos trípodes en los puntos que serán los más altos.

B) Levantar los extremos altos jalando hasta la altura calculada.

\* La intención es dar la forma del paraboloide a una altura que facilite a los trabajadores maniobrar la estructura.

\* De ser necesario apuntalar para forzar la geometría.

\* Verificar medidas.



# PARABOLOIDE HIPERBÓLICO

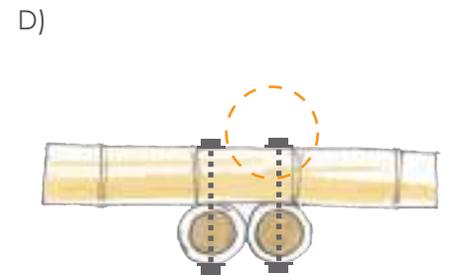
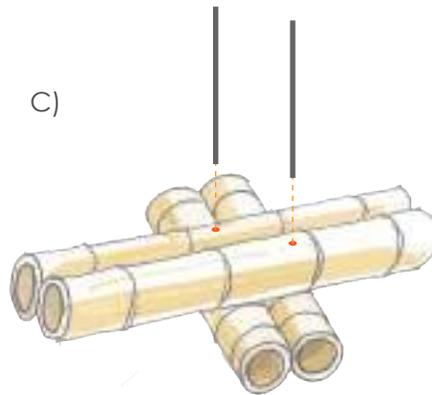
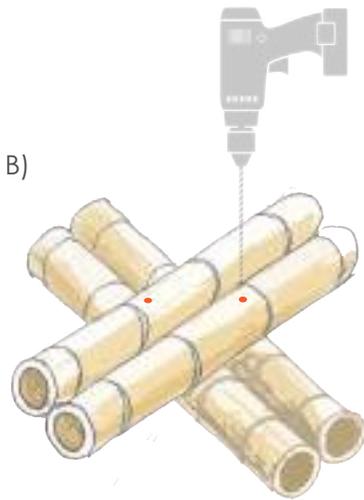
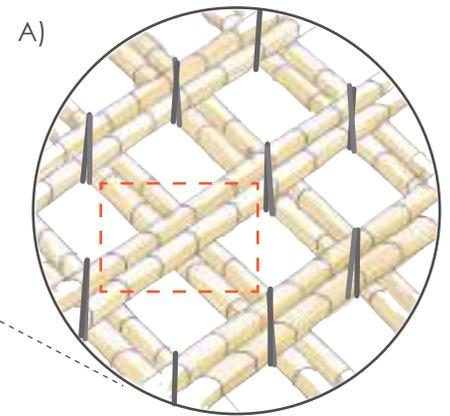
## 3. Unir correas dobles mediante espárragos, bajo las siguientes consideraciones

A) Desatar la unión que se vaya a trabajar

B) Definir dos puntos a perforar de manera tal que se unan los culmos de ambas correas

C) Perforar con taladro verticalmente

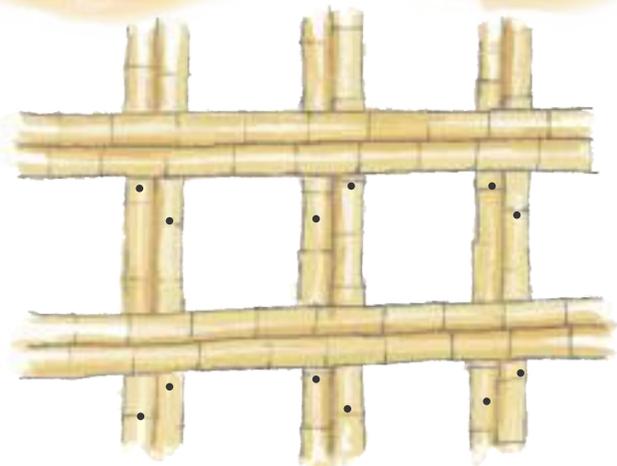
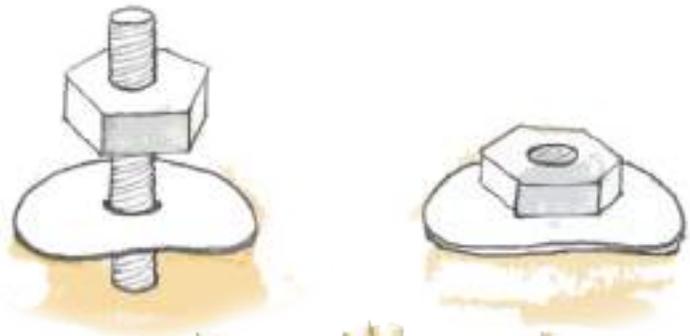
D) Meter un espárrago galvanizado de 7/16" y asegurar con tuerca y arandela



\* La arandela se deberá curvar ligeramente en obra a fin de poder ejercer una presión más uniforme sobre la superficie curva del culmo de bambú.

\* Cortar el espárrago sobrante y afinar con esmeril al nivel de la tuerca.

\* Alternar las perforaciones de las uniones en todas las correas.

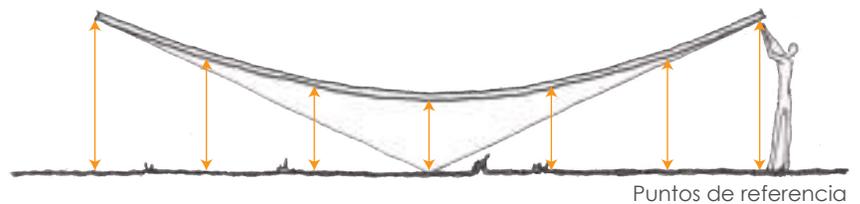


# PARABOLOIDE HIPERBÓLICO

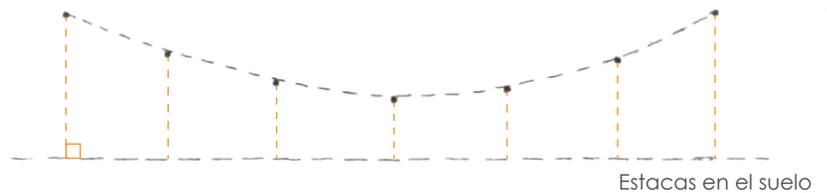
## 4. Colocar correa de refuerzo bajo la estructura de forma tal que una los extremos más altos.

A) Hacer el escantillón de la correa en el suelo.

1. Medir puntos de referencia del nivel del suelo o nivel 0 a la parte inferior de la curvatura del paraboloides.



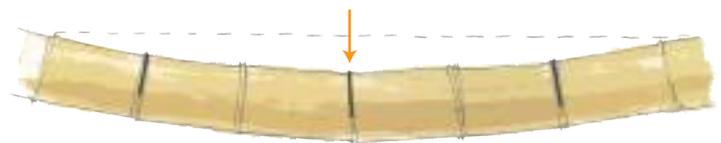
2. Trasladar los puntos al suelo utilizando estacas largas.



B) Curvar el primer culmo realizando ligeros cortes en "v" con segueta o serrucho en los entrenudos a una profundidad de aproximadamente 2/3 del culmo, a este proceso se le llama "sangrado" y se realiza a cada dos entrenudos del culmo o dependiendo de como valla cediendo el culmo.

\* Los culmos deberán ser para uso estructural estar secos y sin rajaduras, y se utilizarán bajo las siguientes consideraciones:

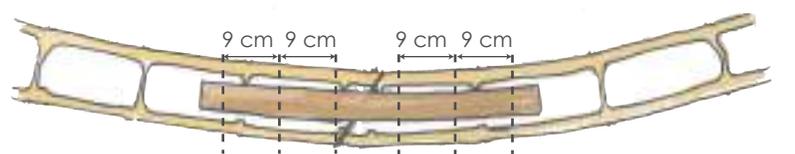
- Diámetro al centro de 10 cm, dejando un margen de variación de 1 cm
- Ancho de pared mínimo de 8 mm.
- Nodos a los extremos a no más de 4 dedos.
- Humedad menor o igual a 15%



C) Poner el culmo apoyado en la primer estaca fijándolo con otra y jalar con ayuda de una cuerda o un cincho para acoplar la curva al escantillón e ir fijando con estacas donde sea requerido.



D) Poner el siguiente culmo repitiendo previamente el proceso de "sangrado" de los entrenudos y unir al primero mediante un pasador de madera o de latas de bambú como se explicó en el proceso de la página 4.



# PARABOLOIDE HIPERBÓLICO

E) Repetir el proceso hasta cubrir la longitud de una correa.

\* Se pondrán las estacas necesarias para forzar los culmos a la curvatura del escantillón, medir los puntos de referencias necesarios del paraboloides para más estacas.

F) Hacer una segunda correa encima de la primera siguiendo el mismo procedimiento.

G) Unir las correas clavando pasadores de bambú a cada 60 cm con una inclinación de aproximadamente 60° como se explicó en la página 2.

H) Levantar y presentar la correa en la estructura y amarrarla con cuerdas en su posición.

I) Unir la correa a la estructura mediante espárragos galvanizados de 7/16" y asegurar con tuerca y arandela puestos en las intersecciones con el primer nivel de correas.

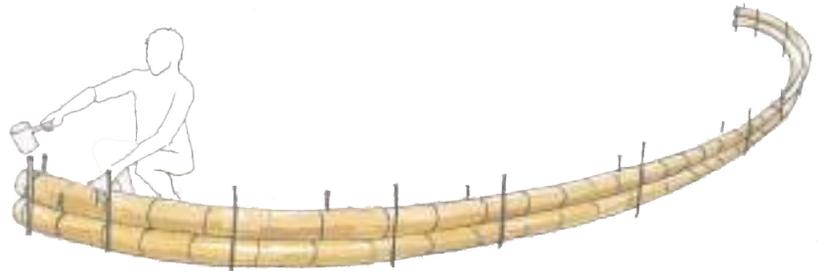
\* La arandela se deberá curvar ligeramente en obra a fin de poder ejercer una presión más uniforme sobre la superficie curva del culmo de bambú.

\* Cortar el espárrago sobrante y afinar con esmeril al nivel de la tuerca.

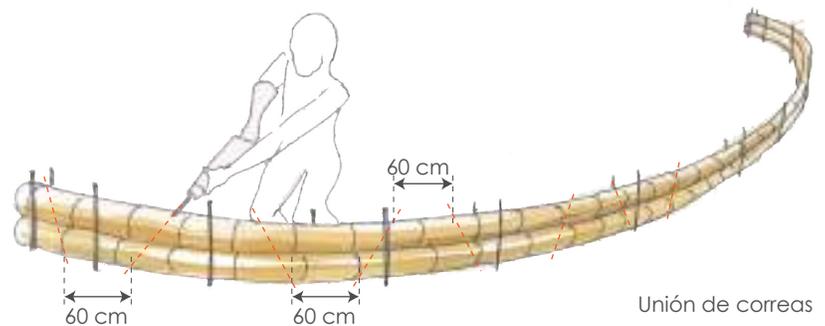
\* Cada espárrago deberá atravesar dos culmos diferentes



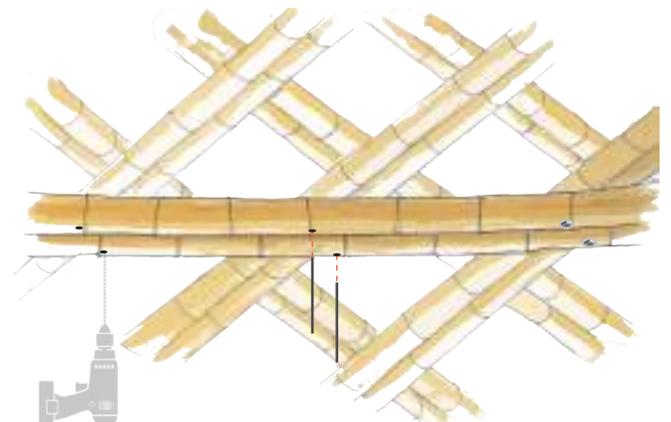
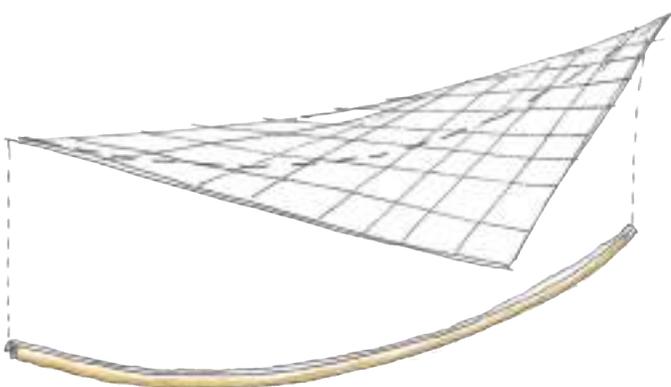
Correa en escantillón  
Vista en planta



Segunda correa encima de la primera



Unión de correas



Unión de correa doble a estructura del paraboloides

# PARABOLOIDE HIPERBÓLICO

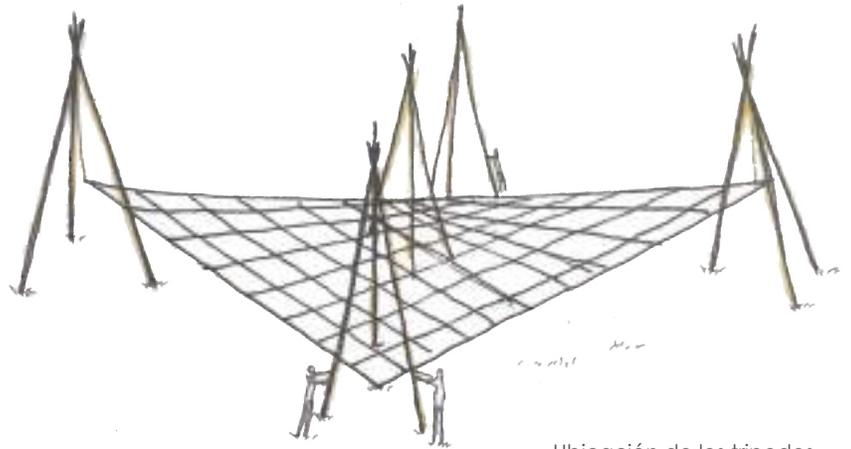
## 4. Elevar la estructura a su posición final.

A) Colocar un trípode con polipasto en los dos extremos restantes y en el centro.

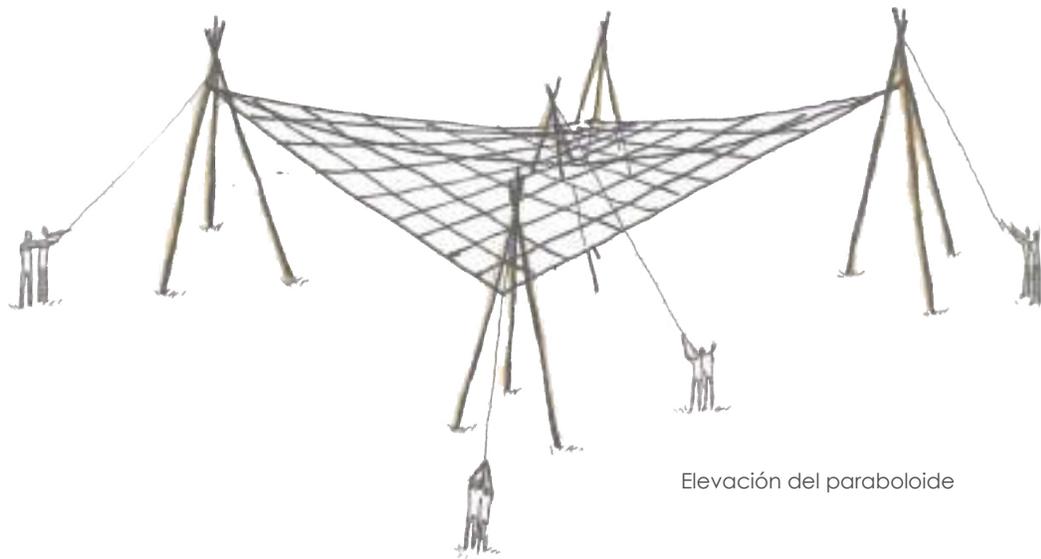
B) Levantar la estructura jalando de manera sincronizada hasta la altura calculada.

C) Apuntalar y tensar en donde sea necesario a fin de forzar la estructura a la geometría calculada.

D) Verificar medidas.

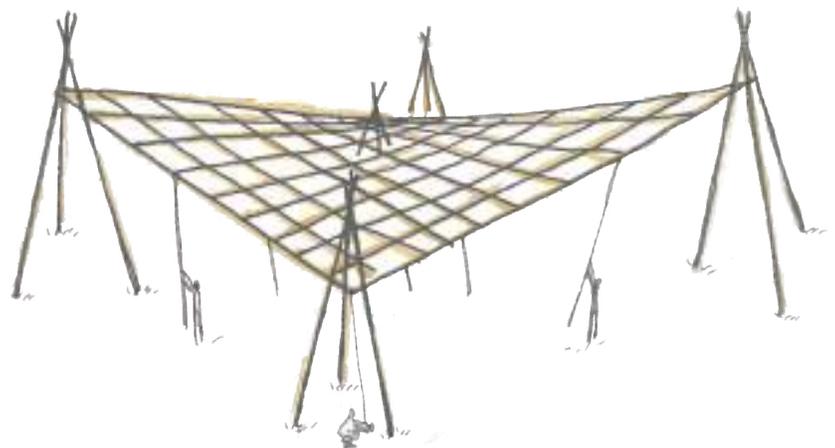


Ubicación de los trípodes



Elevación del paraboloides

5. Una vez suspendida la estructura del paraboloides en su posición final se procede a poner los apoyos.



Apuntalamiento

# APOYOS

---

Proceso para construir los apoyos que soportarán la estructura del paraboloides hiperbólico a base de culmos de bambú agrupados para formar columnas y alineados a manera de celosía perimetral.



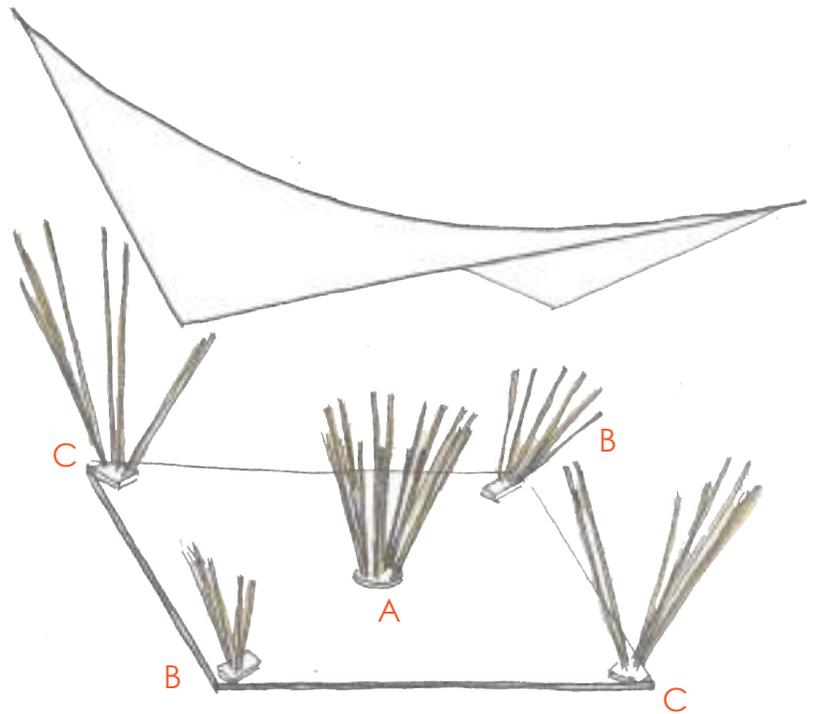
# TIPOS DE APOYOS

---

La cubierta del paraboloide es sostenida por dos tipos de apoyos:

## 1. Columnas

- A. Columna central
- B. Columnas de extremos bajos
- C. Columnas de extremos altos



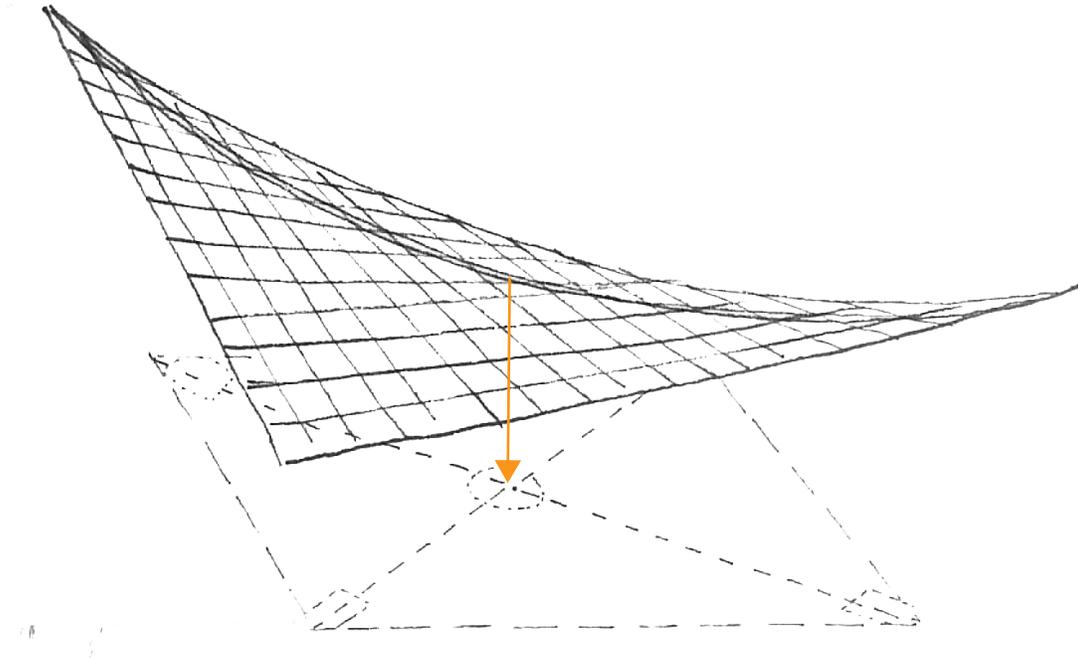
## 2. Celosía perimetral

- A. Celosía con boca de pescado
- B. Celosía con viga de bambú

# COLUMNAS

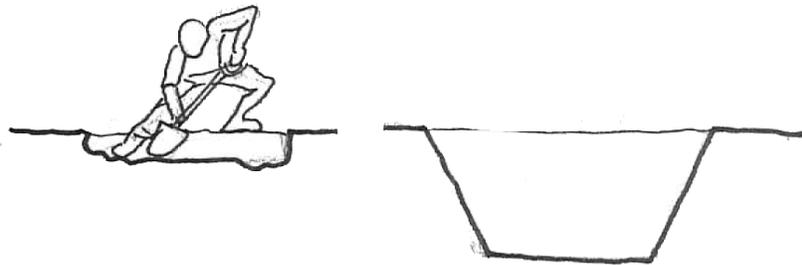
---

1. Ubicar el punto central de la estructura de cubierta y con ayuda de un plomo referenciarlo al suelo a partir de este punto ubicar los cimientos según el plano estructural del proyecto.



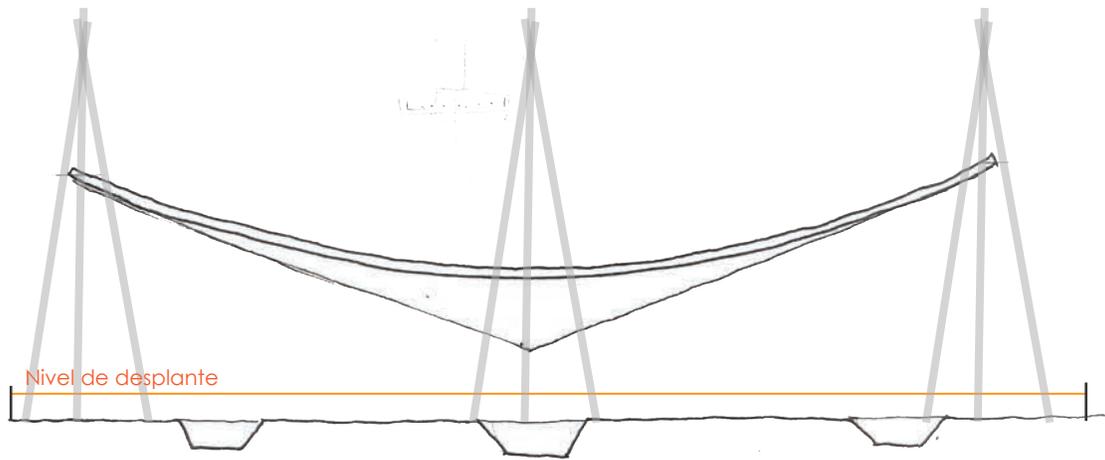
Trazo de cimientos

2. Realizar las excavaciones de los cimiento según el plano estructural

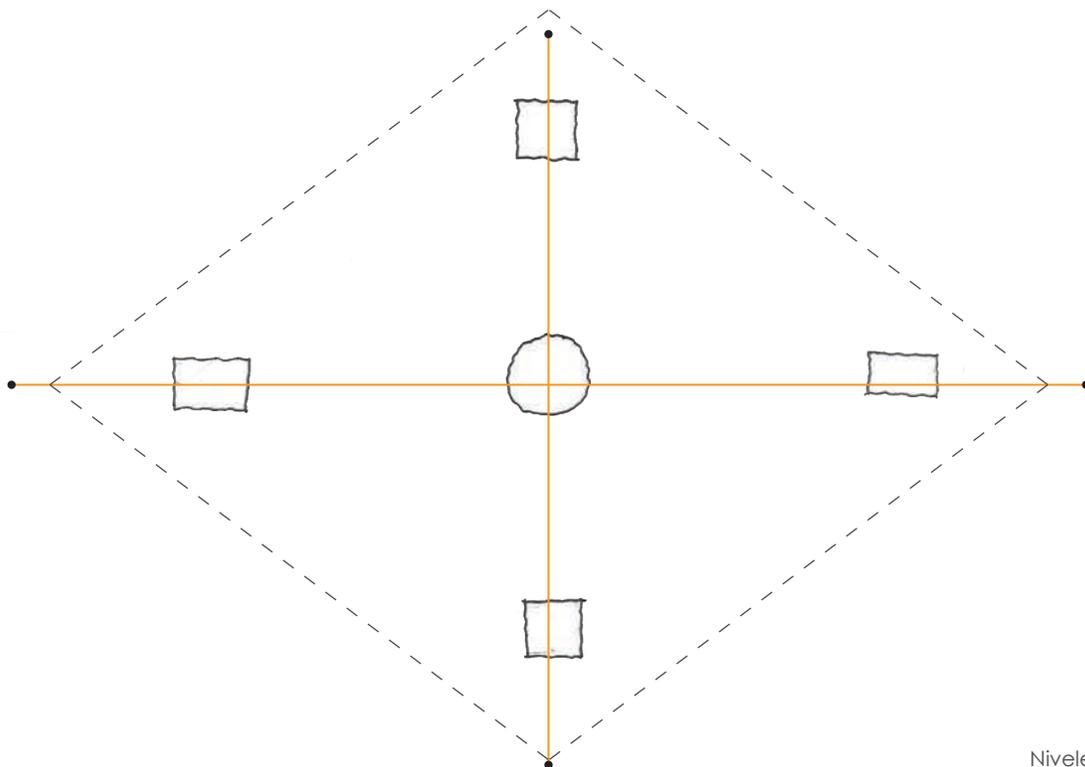


# COLUMNAS

3. Poner con hilo y estacas el nivel de desplante de los culmos de las columnas según el proyecto.



Hilo en alzado

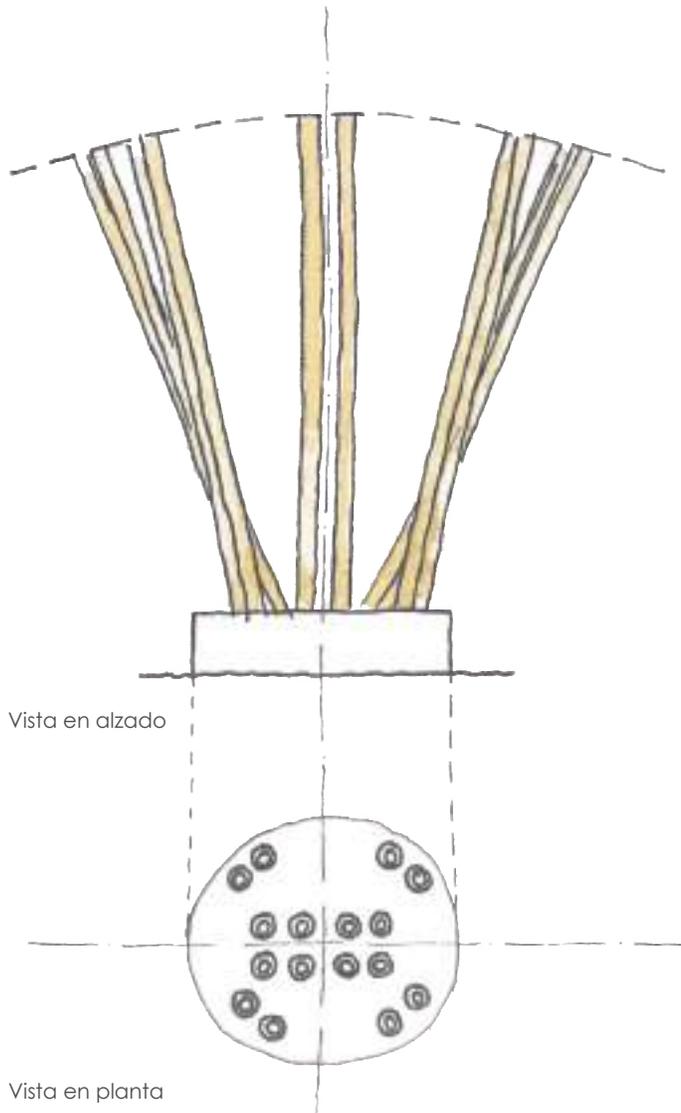


Niveles en ambos ejes  
Vista en planta

# COLUMNA CENTRAL

Se compone de 16 culmos dispuestos en 8 parejas que se abren radialmente hacia la cubierta, las dimensiones y distribución de desplante varían según la dimensión del proyecto.

## 1. Componentes de columna.



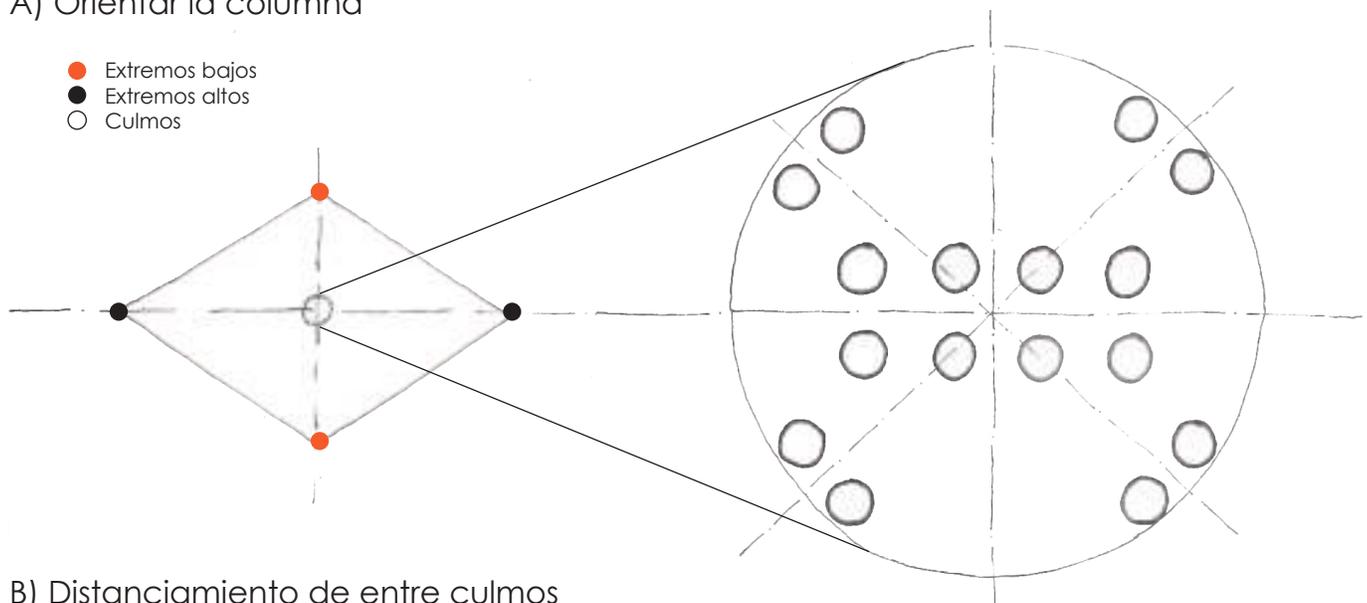
Vista en isométrico

Las longitudes de los culmos no son simétricas, cada culmo tiene una longitud que depende de la curvatura de la cubierta, la ubicación y dimensión de las correas dobles a las que llega, por tanto será necesario obtener la medida in situ de esta manera se obtiene una mayor precisión.

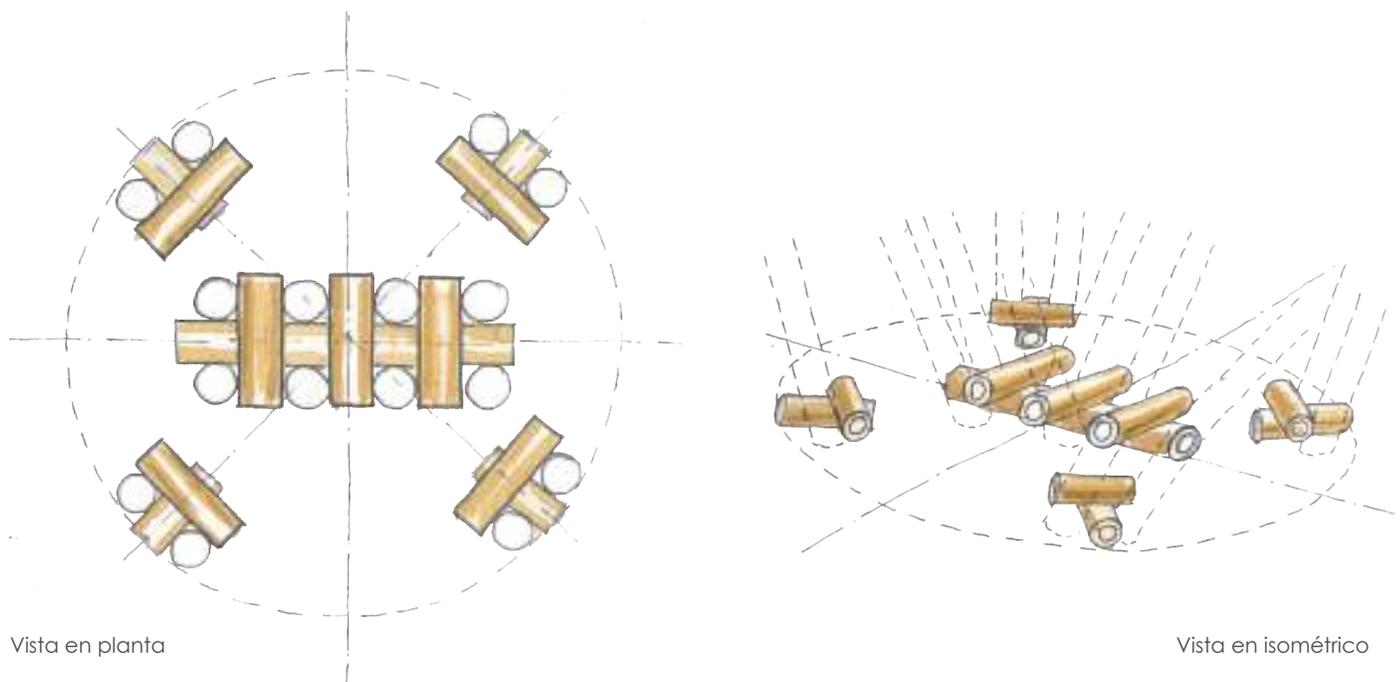
# COLUMNA CENTRAL

2. Ubicar los puntos de apoyo en la base de la columna.

A) Orientar la columna



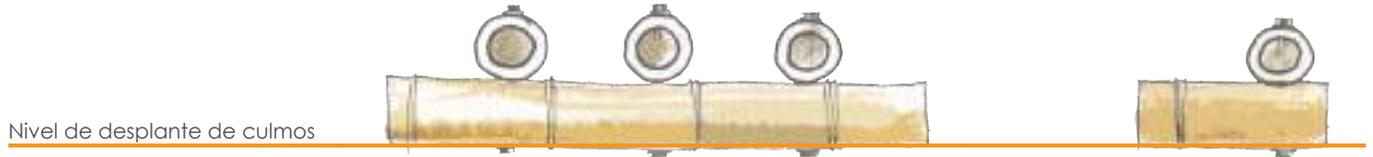
B) Distanciamiento de entre culmos



La separación entre culmos será de igual al diámetro de un culmo, para lo cual se deberán hacer separadores que funcionen como guías para el desplante.

# COLUMNA CENTRAL

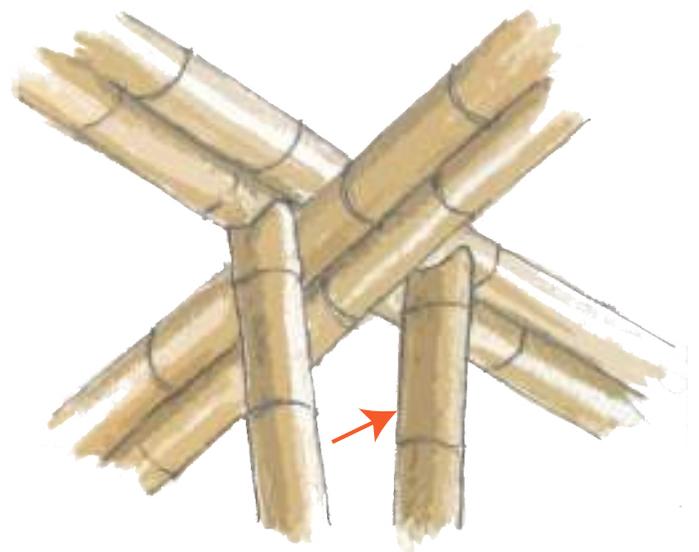
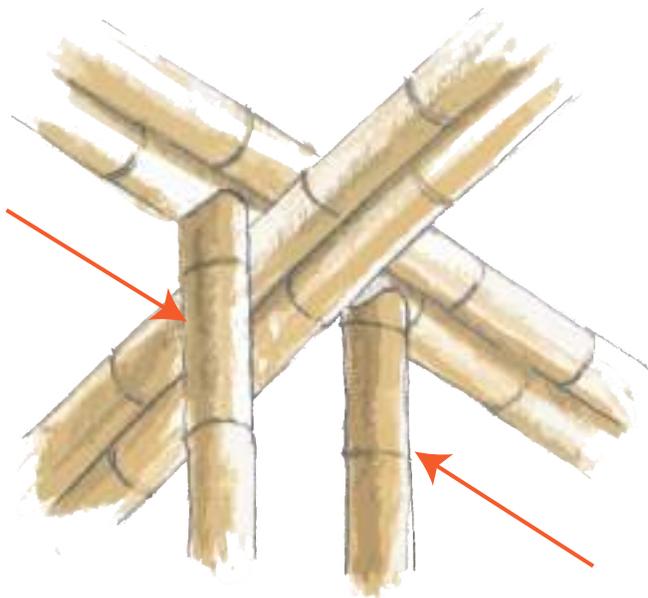
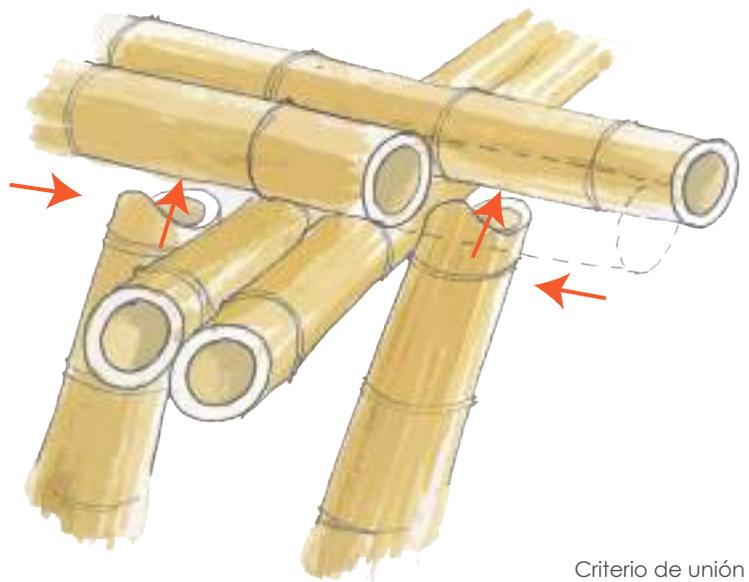
C) Hacer los escantillones con los separadores y fijarlos provisionalmente en su posición y al nivel de desplante de los culmos



3. Ubicar los puntos de apoyo en la estructura del paraboloide.

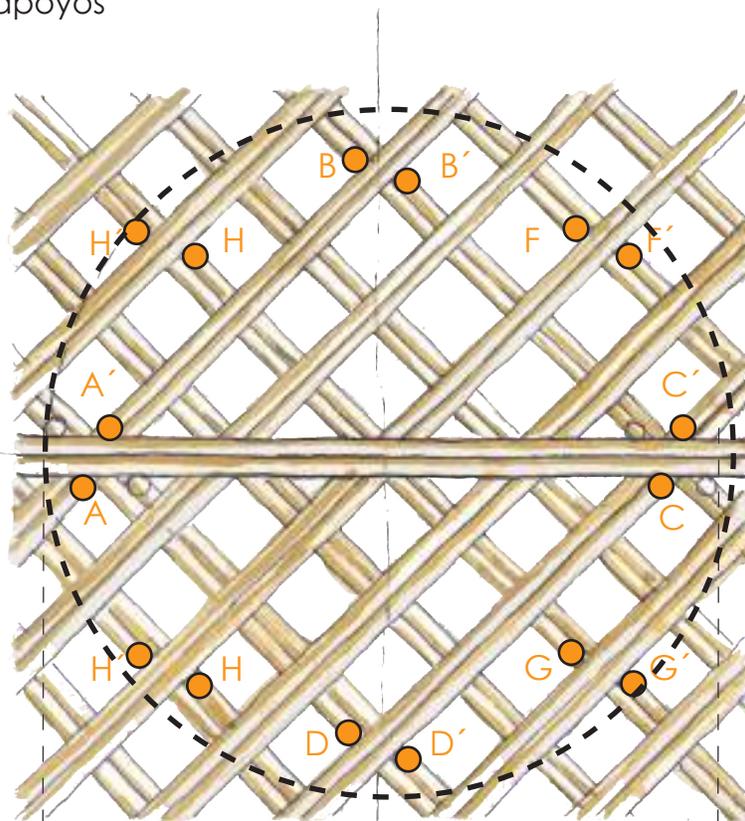
A) Criterio de unión de los culmos a la estructura del paraboloide.

Cada par de culmos deberá abrazar el primer nivel de correas dobles y deberán sostener con boca de pescado un culmo diferente del segundo nivel de correas dobles.

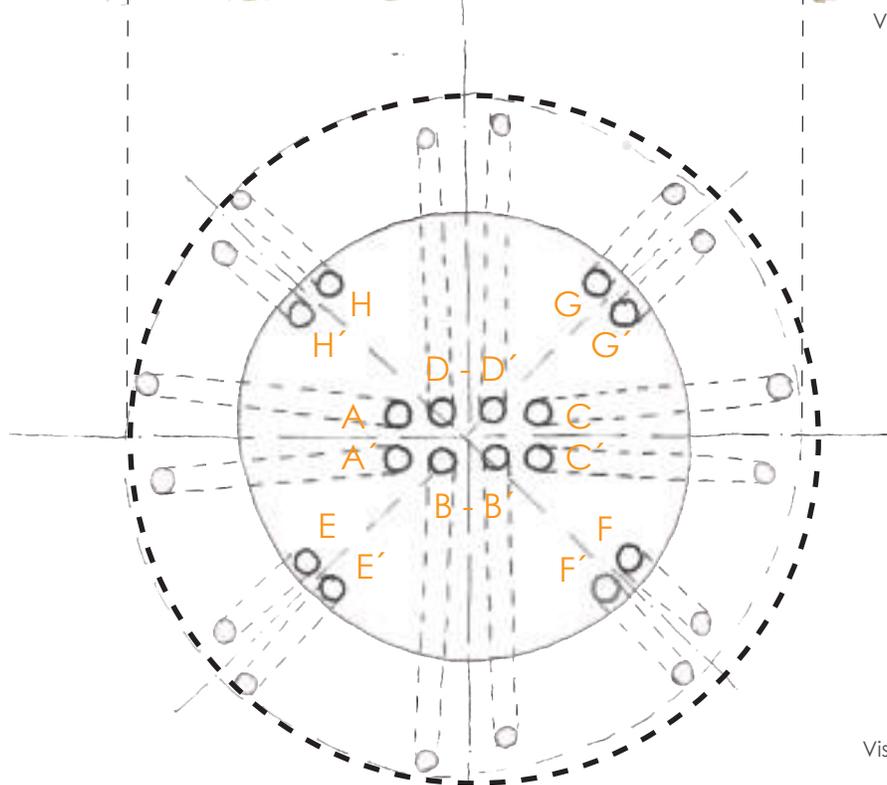


# COLUMNA CENTRAL

## B) Referencias de apoyos



Vista de abajo hacia arriba



Vista en planta

Se organizan en pares según su dirección y se proyectan en la cubierta los puntos de apoyo siguiendo el criterio de unión.

# COLUMNA CENTRAL

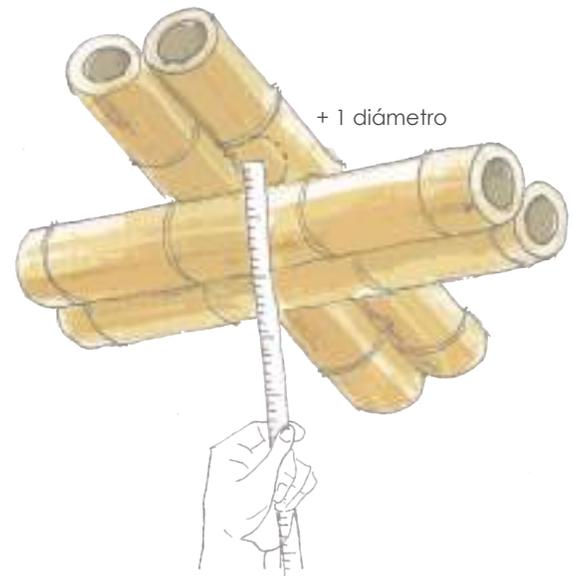
## 4. Preparar apoyos

### A) Medir la longitud que ocupará cada culmo sobre los puntos referenciados

\*Agregar un diámetro adicional al extremo superior para hacer la boca de pescado.



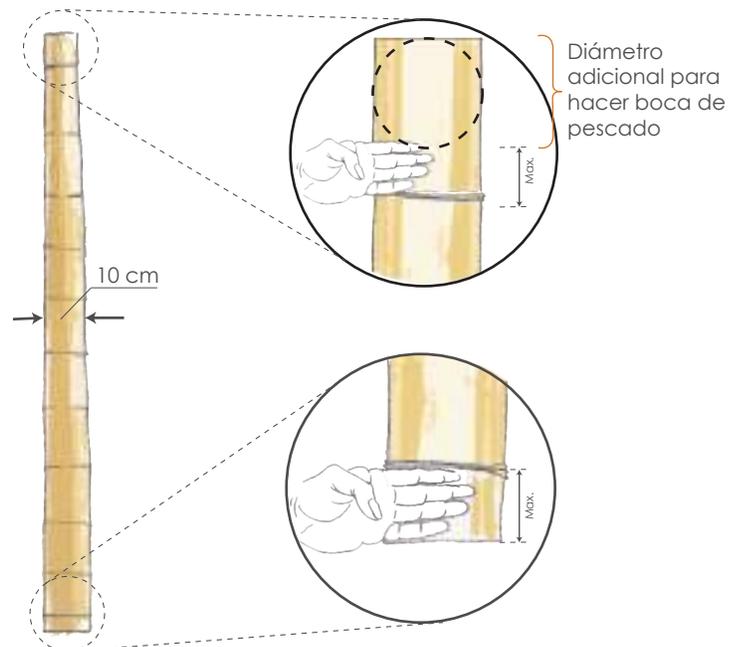
Medida desde el escantillón sobre el nivel de desplante



Medida en correas del paraboloid

### B) Cortar los culmos según la medida obtenida bajo las siguientes consideraciones:

- Diámetro al centro de 10 cm, dejar un margen de variación de 1 cm.
- Ancho de pared mínimo de 8 mm.
- La sección más ancha será la base del apoyo.
- Dejar un nudo en la base a no más de 4 dedos.
- En la parte superior dejar el diámetro adicional por encima de un nudo con una variación de máximo 4 dedos.

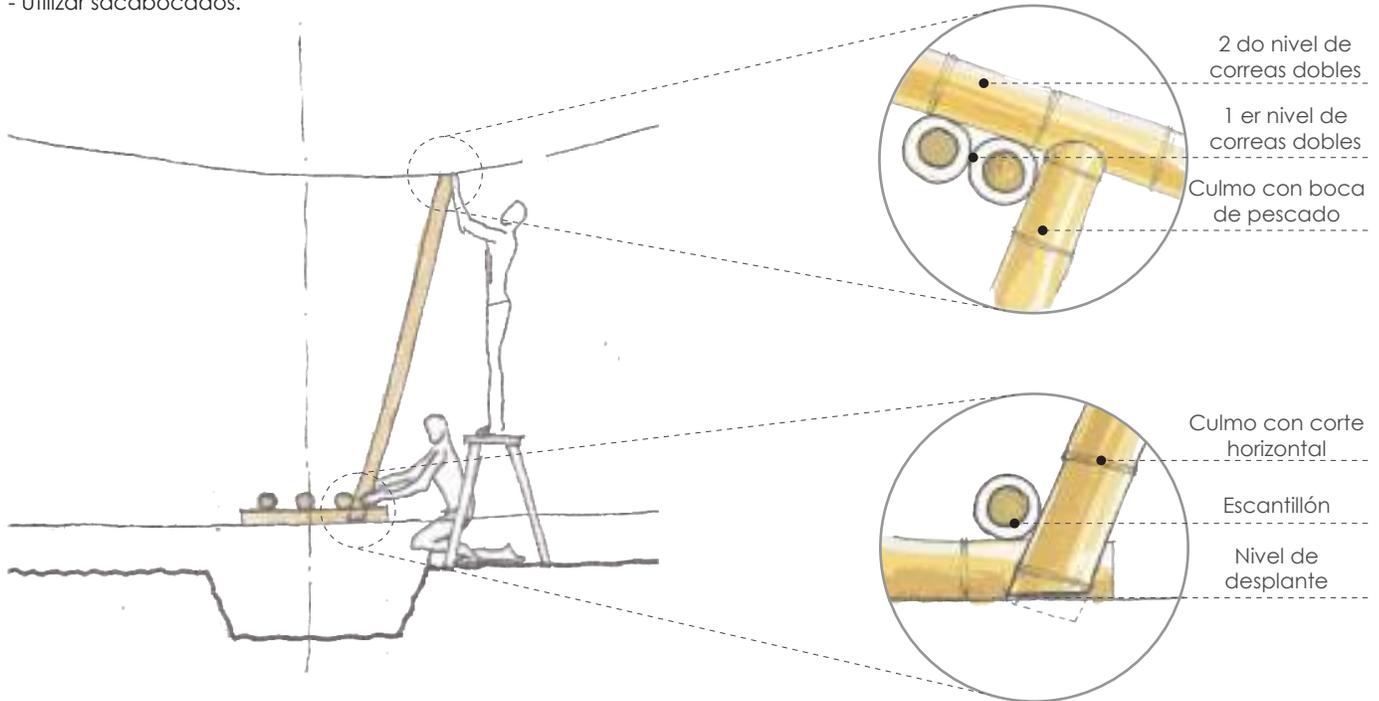


# COLUMNA CENTRAL

C) Cortar los extremos del culmo:

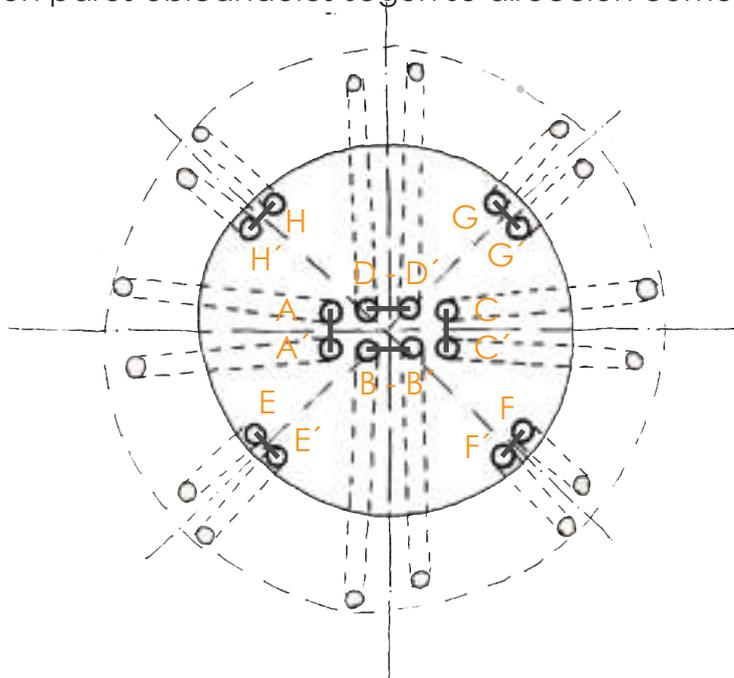
1. Boca de pescado en el extremo superior
2. Corte horizontal en la base a un centímetro por encima del nivel de desplante

- Presentar el culmo para hacer boca de pescado según sea su inclinación.
- Utilizar sacabocados.



D) Colocar varilla en la base del culmo

1. Se trabajarán en pares ubicándolos según su dirección como se ilustra.

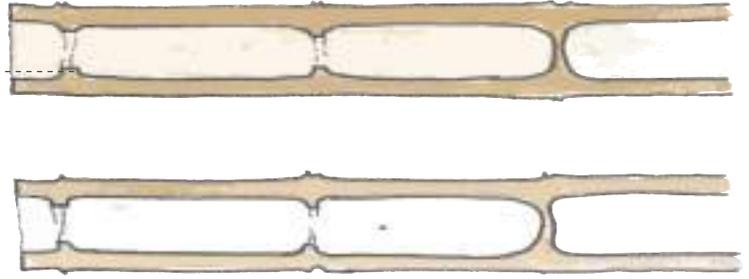


# COLUMNA CENTRAL

## 2) Romper los diafragmas de dos entrenudos en las bases de los culmos.

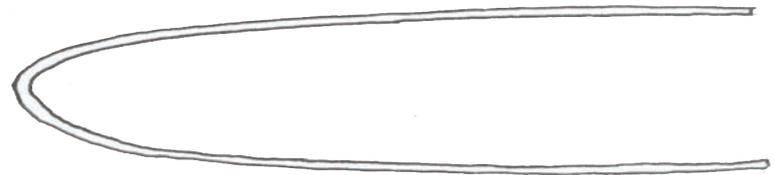
- No retirar por completo el diafragma, dejar un borde ya que este es el que le confiere resistencia al culmo.

- La perforación debe permitir el paso de la varilla y el grout o concreto.



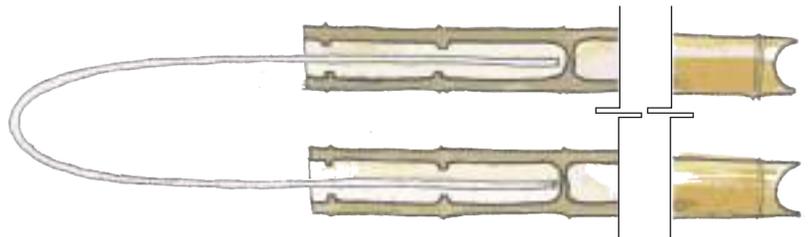
## 3) Cortar una sección de varilla y curvar por la mitad generando una "U".

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



## 4) Meter los extremos de la varilla en los culmos.

- Mantener la dirección de las bocas de pescado de los culmos.

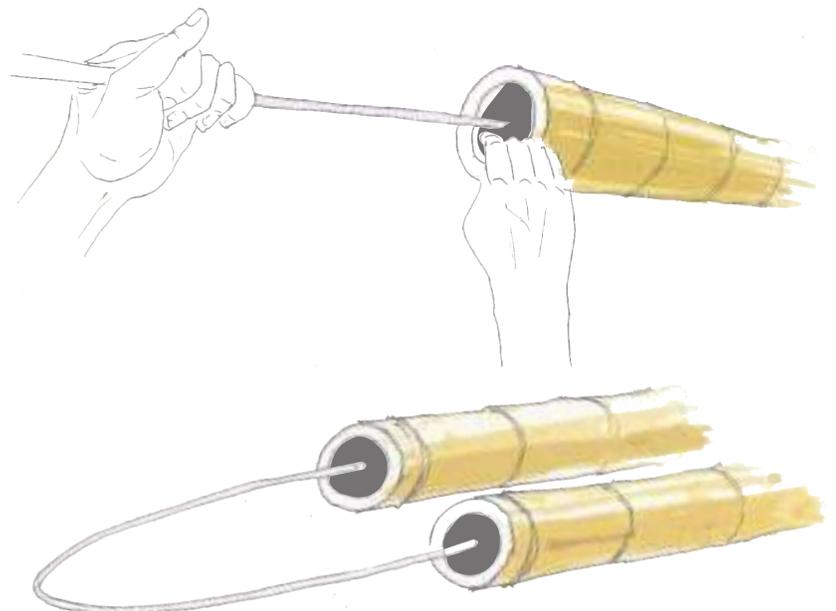


## 5) Preparar el concreto o grout y rellenar las bases de los culmos.

- Hacer presión para que el concreto ingrese hasta el fondo.

- Mantener la varilla al centro del culmo.

- Dejar secar por lo menos 2 días.

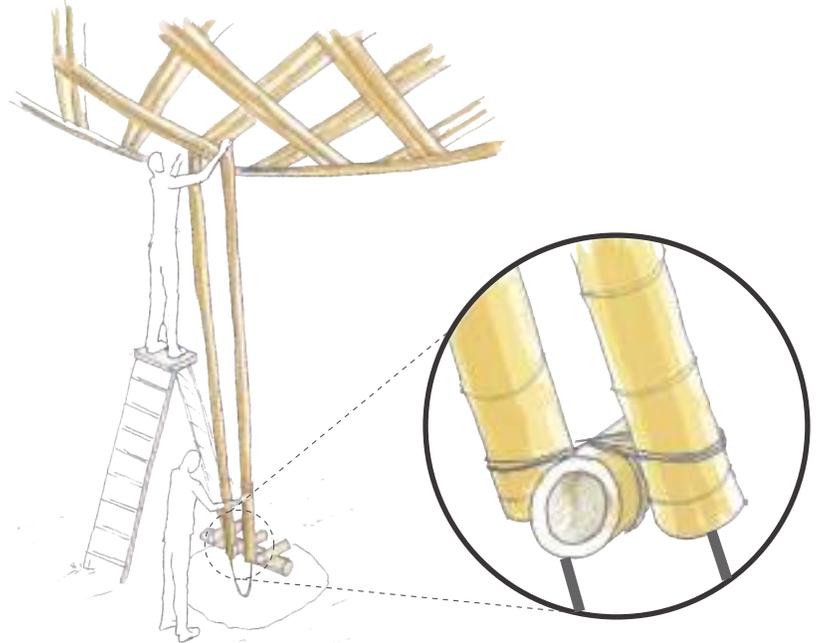


# COLUMNA CENTRAL

## 5) Colocar apoyos.

1. Se colocarán primero lo culmos del centro y posteriormente los de las esquinas.
2. Levantar los pares de culmos y presentarlos en su posición final.

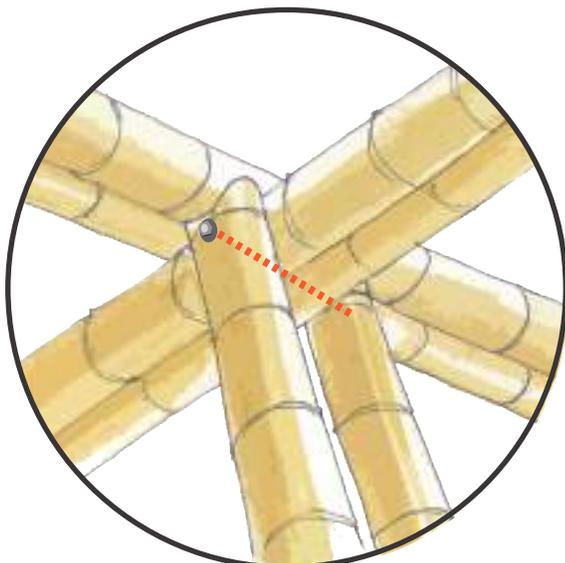
- Amarrar la base al escantillón para mantener su estabilidad



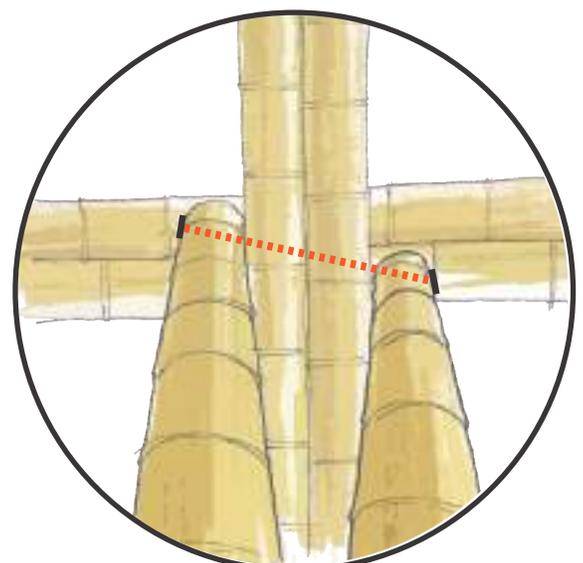
## 3. Fijar los culmos a la estructura del paraboloide.

A) Pasar un espárrago por los culmos y las correas dobles como se ilustra.

4. Meter un espárrago galvanizado de 7/16" y asegurar con tuerca y arandela
5. La arandela se deberá curvar ligeramente en obra a fin de poder ejercer una presión más uniforme sobre la superficie curva del culmo de bambú.
6. Cortar el espárrago sobrante y afinar con esmeril al nivel de la tuerca.
7. Repetir el proceso con todos los culmos.



Unión Culmos con correas dobles  
Vista en perspectiva

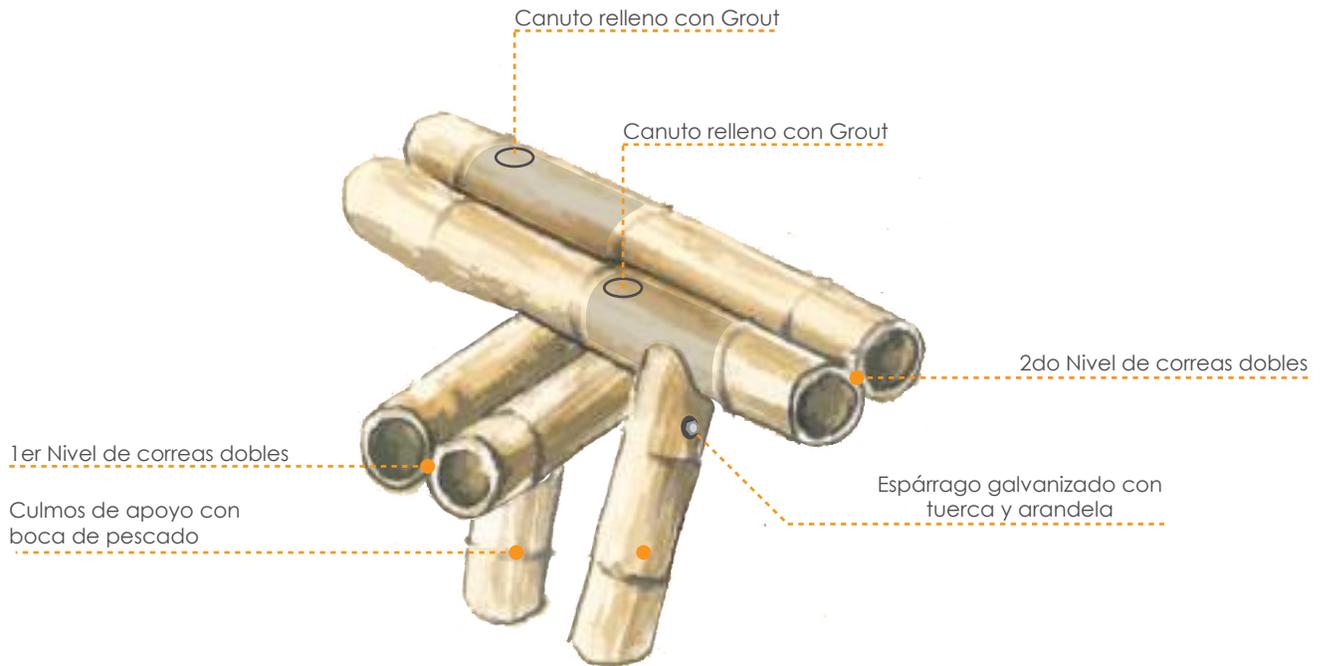


Unión Culmos con correas dobles  
Vista desde abajo

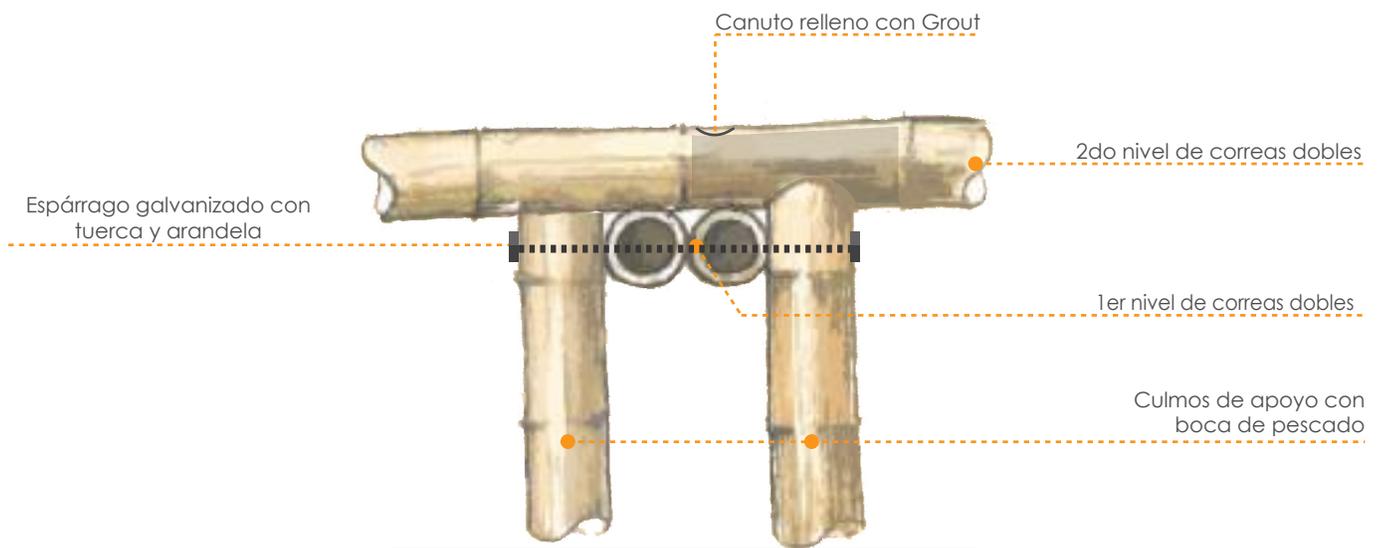
# COLUMNA CENTRAL

4. Rellenar con grout el canuto de la correa que hace contacto con las bocas de pescado.

\* Dejar secar al menos 2 días.



Unión Culmos con correas dobles  
Vista Frontal



Unión Culmos con correas dobles  
Vista Frontal









## Ficha Técnica:

**Nombre del Proyecto:** Manual para Baños y Vestidores / La Ceiba

**Nombre Oficina de Arquitectura:** Lucila Aguilar Arquitectos

**Sitio Web oficina:** [www.lucilaaguilar.com](http://www.lucilaaguilar.com)

**E-mail contacto oficina:** [info@lucilaaguilar.com](mailto:info@lucilaaguilar.com)

**Arquitectos autores de la obra:** Lucila Aguilar Arquitectos

**Ubicación (calle, comuna, ciudad, país):** Chiapas, México

**Año término construcción:** 2016

**Fotógrafo / Sitio web:** Lucila Aguilar / [www.lucilaaguilar.com](http://www.lucilaaguilar.com)

## Otros Participantes:

**Bambú:** Jörg Stamm

**Equipo de Diseño:** Arq. Daniela Luján, Arq. Miguel Vargas,  
Arq. Bolívar Epigmenio.

**Manuales e Ilustraciones Bambú:** Bolívar Epigmenio