CONTENIDO

01 EL BAMBÚ

02 PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

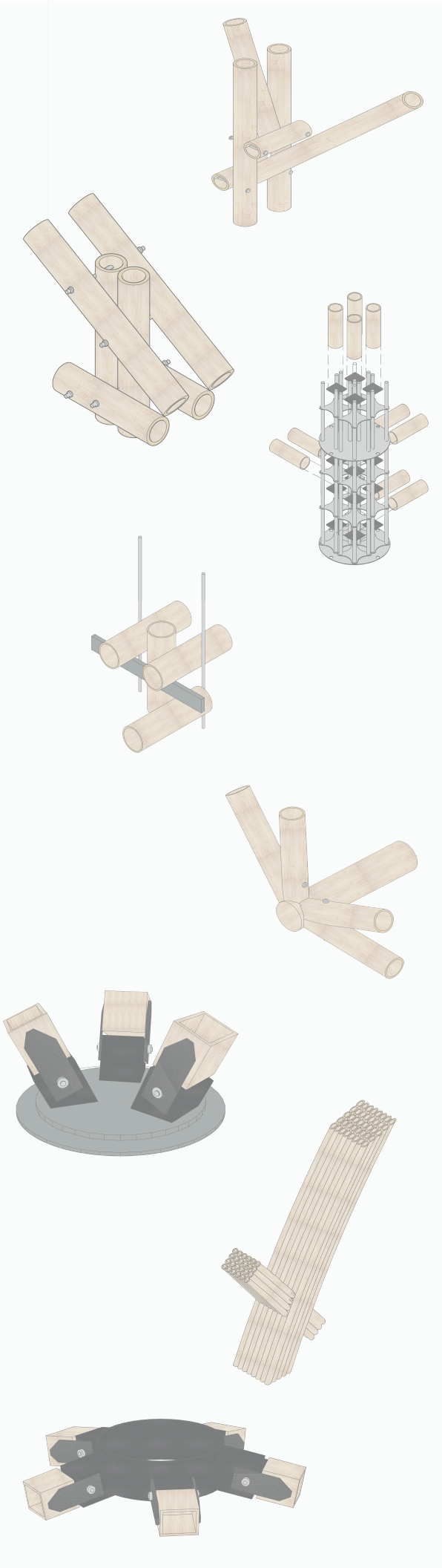
05 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

07 CONFIGURACIONES ESTRUCTURALES

11 PROYECTOS OBJETO DE ESTUDIO

54 CONCLUSIONES

58 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS





¿QUÉ ES EL BAMBÚ?

Planta gramínea de tallo leñoso, ligero y resistente". El uso culto prefiere el plural ***bambúes***, pero también es correcta la forma ***bambús.*** (RAE,2010, parr.2).



COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

El bambú en la construcción se ha desarrollado como fuente de diversidad en materiales ecológicos, dentro de estos se implementan las guaduas, brindando funciones de resistencia estructural y múltiples usos.



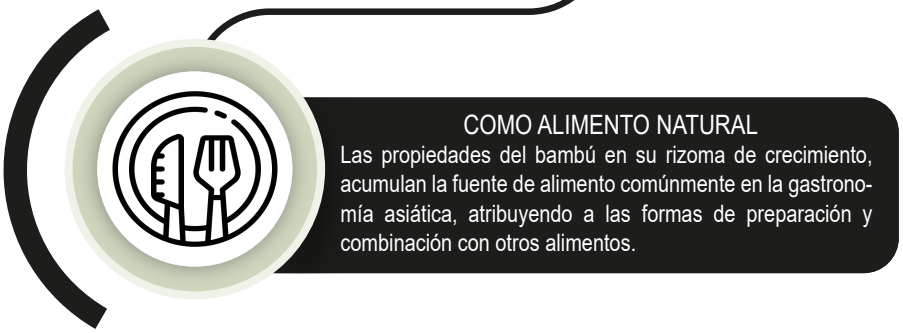
COMO MEDIO DECORATIVO

Algunas especies mantienen un tamaño promedio a la escala de habitabilidad humana en donde brindan la función de purificar el ambiente y absorben la humedad de mayor o menor grado, dependiendo de su especie.



COMO MEDIO ARTESANAL

A partir del bambú como material amaderado, permite la fabricación de distintos productos de uso cotidiano, donde se combina la innovación junto a las tradiciones artesanales en remplazo de materiales contaminantes.

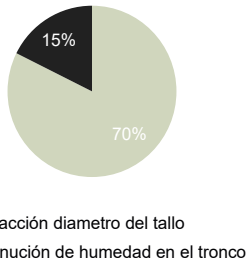


COMO ALIMENTO NATURAL

Las propiedades del bambú en su rizoma de crecimiento, acumulan la fuente de alimento comúnmente en la gastronomía asiática, atribuyendo a las formas de preparación y combinación con otros alimentos.

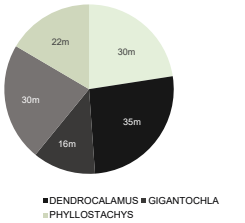
PROPIEDADES FÍSICAS

Contenido de humedad en la guadua Angustifolia Kuth



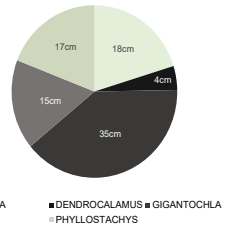
Adaptado de "Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia con fines estructurales " por F. Darwin.2014. (https://bit.ly/3DxGtl4)

Altura de bambúes



Adaptado de "Uso del bambú en la arquitecturacontemporánea" por P. Soler.2017. (https://bit.ly/3fgpoBL)

Diámetro de bambúes



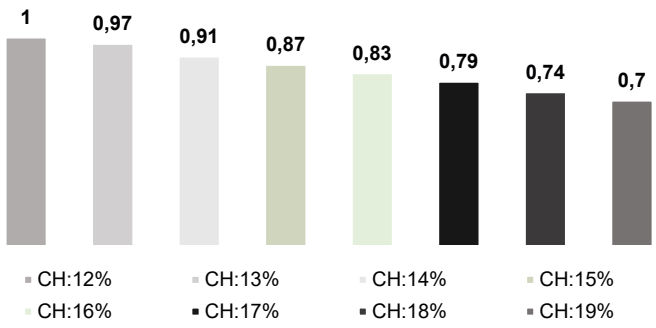
Adaptado de "Uso del bambú en la arquitecturacontemporánea" por P. Soler.2017. (https://bit.ly/3fgpoBL)

Dentro del comportamiento físico se identifica que el bambú es un material que es susceptible a los cambios de humedad por las condiciones ambientales del lugar, ya que el material a menor humedad contrae su tronco afectando así la tracción y flexión de este, siendo más susceptible en troncos verdes y jóvenes esto aun en la planta viva. Además, se recomienda que dentro de la implementación del bambú en la construcción se debe tener en cuenta la humedad y la temperatura del lugar, porque esto puede afectar al material específicamente.

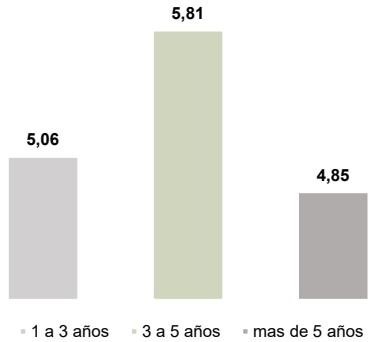
Soler (2017), predominan claramente dos zonas en el mundo en lo que a uso de bambú estructural se refiere. Por un lado, tenemos los países del Sur-Este Asiático, y por otro, la zona de América del Sur. En la zona Asiática, el principal género del bambú utilizado con fin estructural es el Dendrocalamus, dentro del cual, la principal especie es Dendrocalamus giganteus. Se trata de una de las especies más grande que existe. Al otro lado del Pacifico, en el continente americano, el género predominante es la Guadua, concretamente la especie Guadua angustifolia. Esta planta puede alcanzar el 80% de su tamaño final a los 3 meses, característica que la hace muy idónea para explotaciones forestales (p. 18).

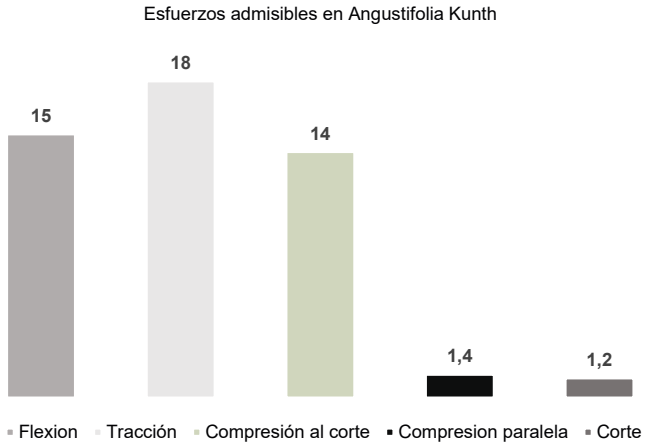
PROPIEDADES MECÁNICAS

Modificación por contenido de humedad compresión paralela en Angustifolia Kunth



Crecimiento y resistividad por contenido de humedad Kg/cm2 en Angustifolia Kunth





Adaptado de "Estudio de conexiones en guadua solicitadas a momento flector" por V. Manue, et.al. 2002. (https://bit.ly/3vNPqC9)

Las propiedades mecánicas del bambú se analizan por medio de los esfuerzos como: tracción, compresión, flexión y cizallamiento, los cuales presentan deformaciones que evidencian donde se aplica la fuerza. En términos de resistencia, se tiene en cuenta la cantidad de presión aplicada, arrojando sus resultados en mega pascal (MPa), estos resultados son tomados de muestras de una sección de nudo a nudo, demostrando puntos máximos comparables a materiales como acero o concreto, a su vez, la resistencia del material depende de la variable de su altura e implica priorizar la resistencia a la dirección de mayor carga de forma que se halle una solución estructural del proyecto.

PROCESAMIENTO


1

SELECCIÓN DEL BAMBÚ

Por medio de la selección de guaduas cuyas condiciones cumplan un tamaño, madurez y condicionamiento del tamaño, además se debe tener en cuenta la adición natural del liquen indicando que a mayor cantidad mejor condición tendrá.



2

PROCESO DE CORTADO

El método inicia por corte, ubicándose a partir del suelo hacia el bambú por encima de su primer nudo, este se recomienda el uso de sierras de forma que forme un sellado del nudo para posterior renovación hacia un nuevo bambú, según Bambuksa, (2022). para esta recolección es importante tener en cuenta la fase lunar en cuarto menguante debido a que la sabia se encuentra en un estado descendente, permitiendo correcta recolección y conservación de los azucares. Por último, se recomienda tener un corte con mayor distancia debido a la rectificación posterior a utilizar en la construcción.


3

PROCESO DE TRASLADO

Tener en planteamiento un recorrido para el trasporte que incluya posición, recorrido, espacio de permitido de carga y anchura del camino, desde la recolección hasta su descargue, su proceso puede variar en el trasporte, siendo estos: entre varias personas, por medios de trasporte de mediano (tractores o carretillas), finalizando con un sistema de trasporte de mayor capacidad.


4

PROCESO DE LIMPIEZA

Por medio de lavado a presión o manipulación manual con utilización de esponjas permite la limpieza de agentes externos como hoja caulinar, liquen, insectos y hongos añadidos a él bambú.



5

PROCESO DE PRE-SECADO

Posterior al lavado del bambú se debe realizar el secado manual el cual no añada humedad al bambú, a su vez permite los siguientes pasos de inmunización.



6

PROCESO DE PRESERVADO NATURAL

Su reforzamiento se realiza por medio de aplicación interna de diésel con reposo de 11 días por recomendación, esto tendrá la función de contaminar el bambú creando una capa interna el cual evite patologías que debiliten la duración del material, a su vez se observará la pérdida del color verde para convertirse a un color amarillo presentado por la función de la fotosíntesis.



7

PROCESO DE INMUNIZADO QUÍMICO

Su proceso se basa en la inyección por compresor en baño de bórax y ácido bórico, los cuales se basa en sales que sustituyen los cristales de azúcar, pasando por un proceso de marinado en sistemas de bóvedas, condicionadas a una inclinación del 1% que permita la entrada del químico en las fibras del bambú. Según Montoya (2008, p. 445), afirma que su dosificación se basa que por cada 100 L de agua se debe agregar 2/5 Kg de bórax y 2,5 Kg de ácido bórico, a su vez la representación en referencia es de una utilización del 2% en acedo bórico y 2% en sales de bórax estos se diluyen por medio del proceso de calentamiento en un base seguido de una aplicación a la pila de lavado, su marinado no debe superarse los 5 días.

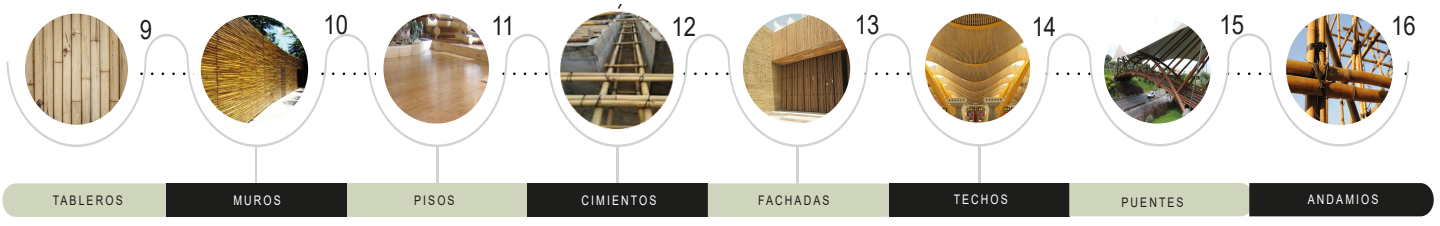


8

PROCESO DE POS-SECADO

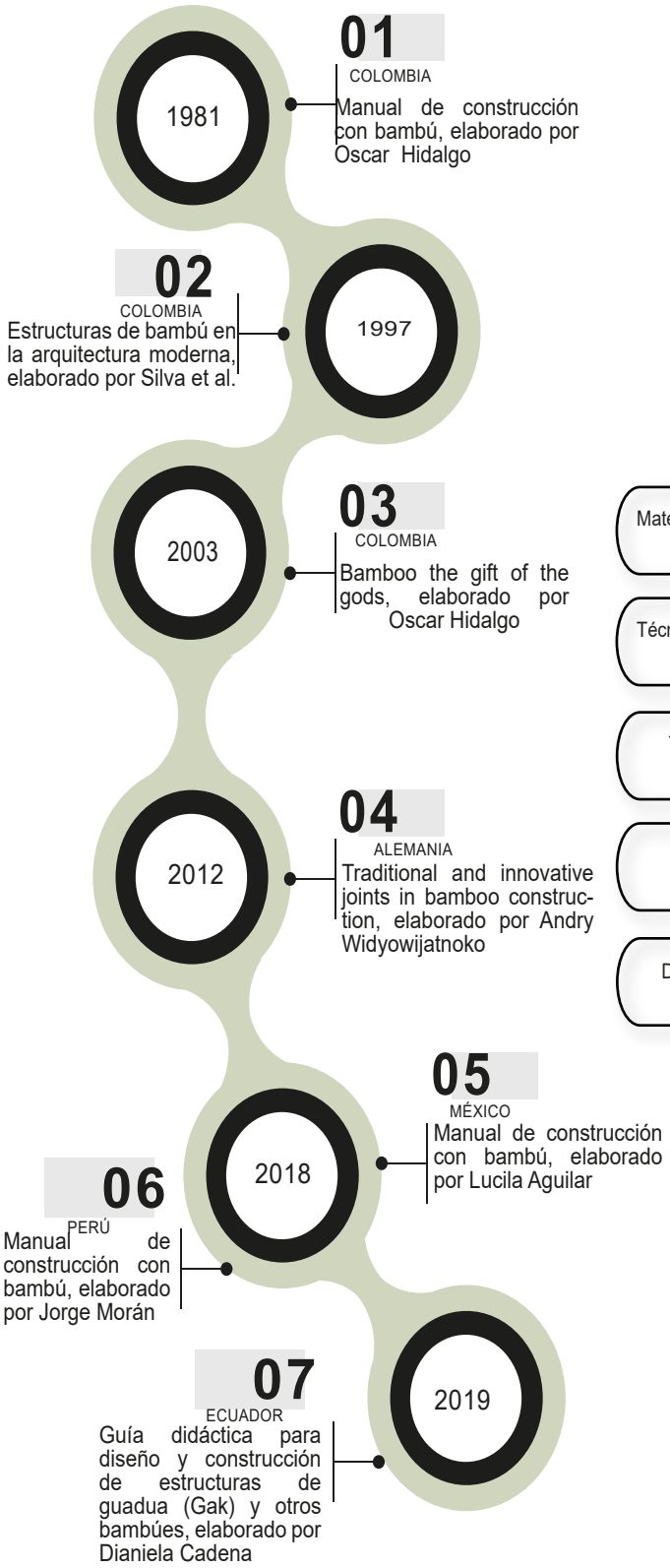
El proceso se inicia por asolación en el que no debe ser mayor a siete días, con un giro constante en la cara iluminad el quebrantamiento, además de, secado del regular y en partículas por evaporación de manera natural. Según Montoya (2008, p. 445), existen dos procesos siendo este por procesado en horno vertical y horizontal a temperaturas entre 45°C y 55°C durante 15 días, el segundo método con mayor tiempo en el almacenado debe ser bajo techo para que el aire fluya permitiendo el secado final, la cubierta de almacenaje debe tener una separación promedio a la entrada de aire permitiendo un secado final.

APLICABILIDAD DEL BAMBÚ EN LA CONSTRUCCIÓN



Según Widyowijatnoko (2012). El bambú se puede utilizar en todas las partes del edificio como elementos estructurales, este puede estar solo en combinación con otros materiales como madera, mortero y acero. El bambú también puede transformarse con alta tecnología para formar nuevos materiales con sus especificaciones como tableros, cimientos, pisos, andamios, estructuras, fachadas, techos, puentes y muros, mostrando la versatilidad del material. De manera que, se logra construir propuestas de manera sencilla y rápida, dando como resultado estructuras no convencionales.

ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL



RESULTADOS INVESTIGATIVOS



ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS DE CONCEPTUALIZACIÓN NORMATIVA

1995

01
CHINA
Comparación de dos métodos de prueba para las propiedades físicas y mecámicas del bambú, elaborado Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial

1996

02
MÉXICO
NOM-008-SEMARNAT-Procedimeintos, criterios y especificaciones, para realizar el aprovechamiento, transporte y alamacenamiento de cogollos

2010

03
COLOMBIA
Reglamento colombianode construcción sismo resistente, elaborado por Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial

2012

04
PERÚ
Análisis de casos de estudio para el diseño estructural de edificaciones en guadua angustifolia kunth (NSR-10, titulo G.12), elaborado por The international coference on Non-Conventional materials an technologies

2021

05
COLOMBIA
Estrategias para el uso alternativo del bambú como material sustentable para la construcción de viviendas verdes en Colombia, elaborado por la Fundación universitaria de América

RESULTADOS INVESTIGATIVOS

Lo que se encuentra	Lo que falta
Capacidades del bambú en condiciones y mantenimiento	Falta en la descripción del uso e implementación constructiva del material
Consideraciones básicas sobre el cuidado con técnicas de sellado	Especificación para configuraciones estructuras (convencionales, no convencionales)
Estándares de técnicas básicas estructurales con el bambú	Sistemas de trasporte y manipulación en obras
Configuración sobre las propiedades físico - mecanicas	Códigos estándares del corte y utensilios
Uso y manejo con otros materiales	Regulación en la recolección del bambú por empresa

ING.MIKE SCHLAICH


17

Compresión lineal


18

Compresión traslación


19

Compresión rotación


20

Flexión


21

Flexión del eje de reflejo


22

Tracción esfuerzo


23

Tracción de forma libre


24

Tracción neumáticas

ARQ.HENIO ENGEL

Forma activa


25

Superficie activa


26

Vector activo


27

Altura activa


28

Sección activa


29

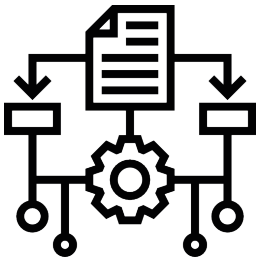
La clasificación estructural de Arq. Henio Engel, Ing. Mike Schlaich y Arq. Melisa Gálvez, exponen puntos como los esfuerzos, sistema de cargas, forma, entre otros. Se selecciona como criterio metodológico, la clasificación de sistemas estructurales del Arq. Henio Engel ya que se explica de manera completa en cuanto a su forma, función y transmisión de cargas. Considerando lo anterior, los proyectos aquí analizados a nivel internacional en bambú, se apoyan en la clasificación propuesta por el Arq. Henio Engel donde se encuentra una relación con lo establecido anteriormente.

Dentro de las configuraciones estructurales también se consideró analizar el diseño paramétrico,debido que algunos proyectos implementan este concepto de diseño en sus formas, lo cual permite comprender mejor su estructura, desarrollo, construcción y transmisión de cargas de cada elemento estructural.

DISEÑO PARAMÉTRICO

Es la abtracción de una idea o concepto relacionados con los procesos geométricos y matemáticos, que permiten mainipular con mayor precisión el proyecto de diseño para llegar a resultados óptimos,

ALGORÍTMO



"Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema" (Universidad de la empresa, s.f. párr. 1).



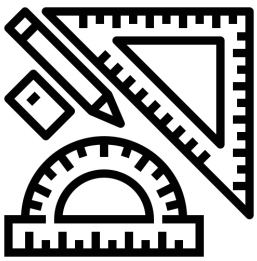
EXPLORACIÓN DE DISEÑO

"Abstracción de una idea o concepto, relacionado con los procesos geométricos y matemáticos, que nos permiten manipular con mayor precisión nuestro diseño para llegar a resultados óptimos" (Arch Daily, 2011, párr. 1).

FASE DE DISEÑO



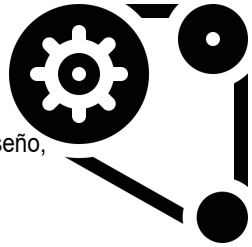
1. Aplicabilidad de la normativa.
2. Modelización tridimensional de la estructura.
3. Verificación de resultados.
4. Simulación estructural del objeto.



GEOMETRÍA

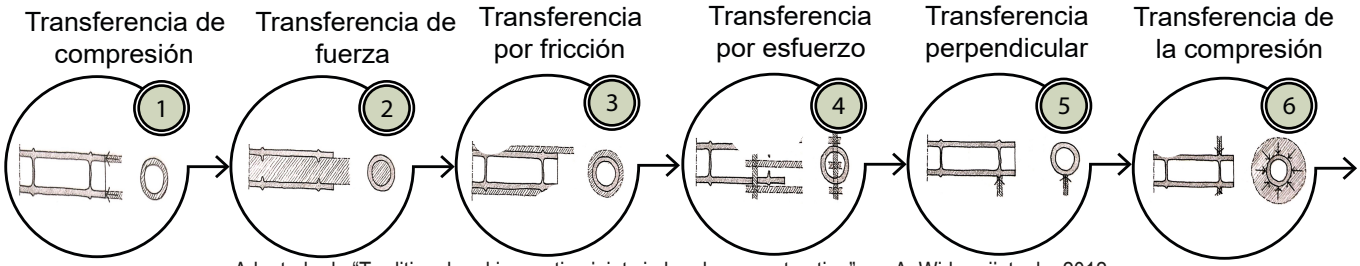
"Estudio de las propiedades y de las medidas de las figuras en el plano o en el espacio" (Diccionario de la lengua española, 2001, párr 1).

FUNCIÓN MECÁNICA



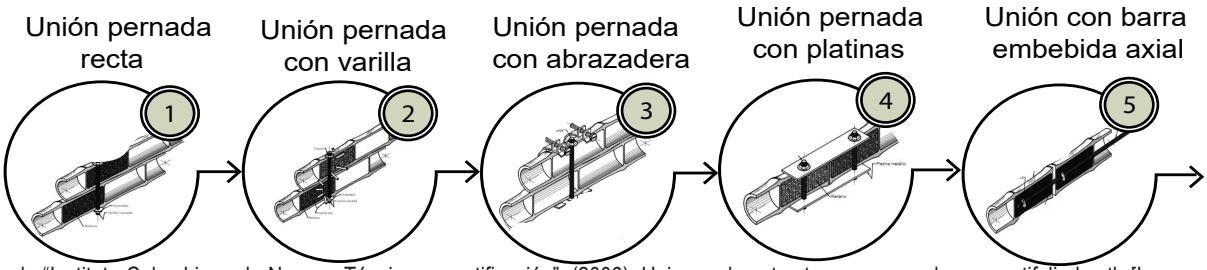
Debido a las múltiples variaciones del tejido se requiere amortiguación mecánica en la resistencia de soporte y antideslizamiento para la forma obtenida por medio de una composición volumétrica de multicapa por diseño, para el desarrollo de las construciones no convencionales.

COMPRESIÓN RADIAL DE ANDRY WIDYOWIJATNOKO



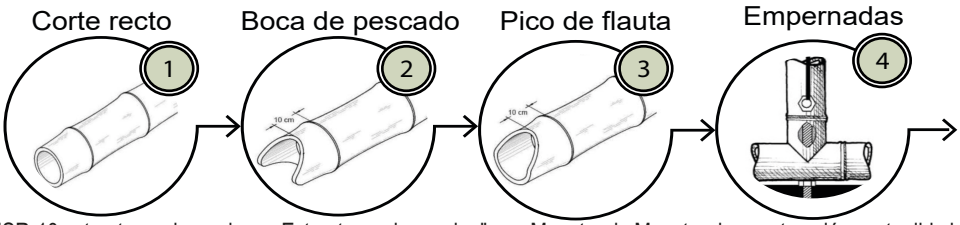
Adaptado de "Traditional and innovative joints in bamboo construction" por A. Widyowijatnoko.2012

NTC-5407



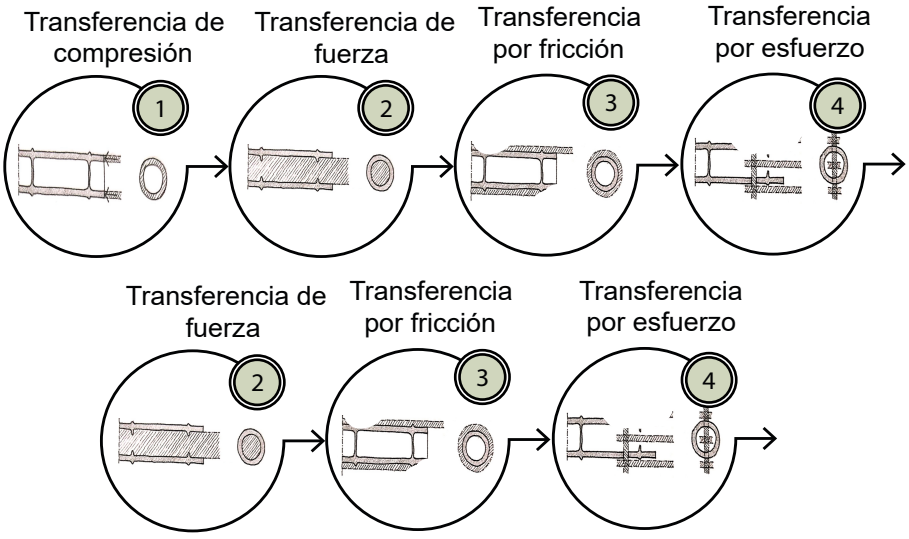
Adaptado de "Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación". (2006). Uniones de estructuras con guadua angustifolia kunth [Imagen digital]. Colombia. (https://bit.ly/37X1ZSJ)

NSR-10



Adaptado de "Titulo G NSR-10 estructuras de madera y Estructuras de guadua" por Muestra de Muestra de construcción sostenible biocasa 2010, Hábitat y Desarrollo Sostenible, 2014. (https://bit.ly/3PDlsb0)

UNIONES HÍBRIDAS



En la implementación de la unión se debe tener en cuenta, el esfuerzo de tracción que va a recibir y así mismo a transmitir, por los elementos estructurales de la edificación. Gran parte de esta información se encuentra en la normatividad (NSR-10 y NTC 5407), donde se tienen estándares en la implementación y uso adecuado de las mismas para garantizar la eficiencia estructural de las construcciones. En cuanto a la unión con amarre se recomienda utilizar en barandas, pasamanos, cubiertas o andamios; las uniones con pasadores para estructuras temporales; uniones con centro de madera para estructuras tridimensionales y uniones mixtas para reforzar o facilitar otras uniones.

La siguiente información presentada de manera grafica es tomada a partir de las paginas web oficiales de cada uno de los proyectos y fotografías encontradas en los diferentes medios de publicación. Por lo tanto, se conto con poca información planimétrica precisa y completa, el proceso de elaboración de esquemas y modelos base se da a partir de la reconstrucción de la información antes mencionada.

GREEN SCHOOL

DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Arquitectos: IBUKU

Kecamatan Abiansemal, Indonesia

Arquitecto encargado: Rowland Sauls

2021

Fot. Tommaso Riva

760 m2

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uso
Escuela

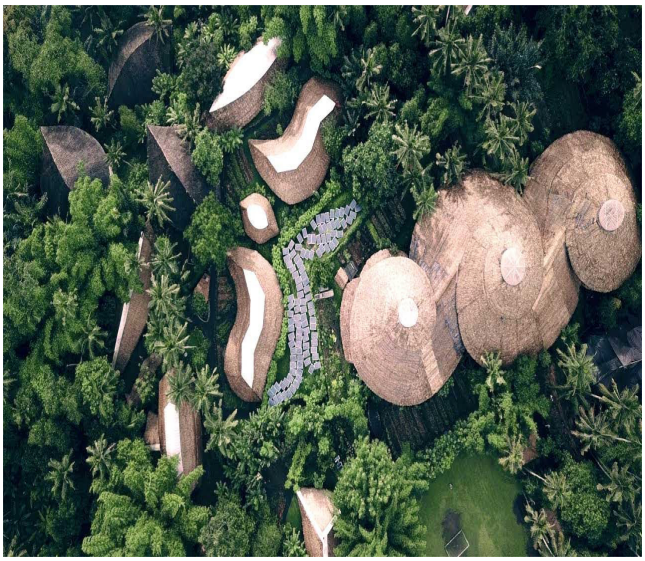
Contexto
Ubicado en un campus que se extiende a ambos lados del río Ayung en Sibang Kaja, Bali, dentro de una jungla

Forma general
Solido de revolución

Materiales
Bambú

Adapatado de “El Arco en Green School/IBUKU” por ArchiDaily. 2022. https://bit.ly/3RQCALD

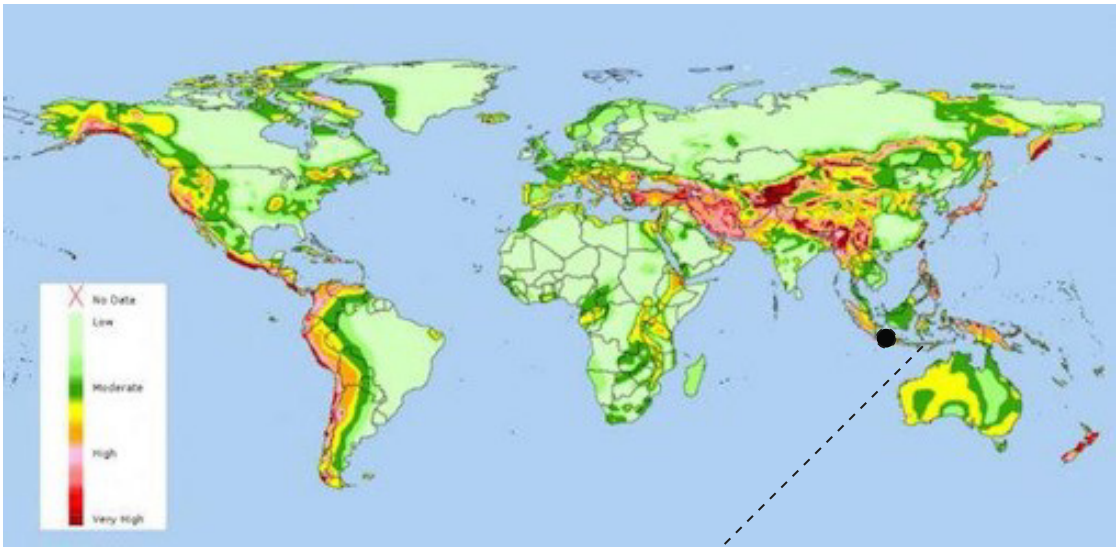






Nota. Las imagenes son tomadas de Arch Daily.(2010). The Green Shool/ PT Bambu.https://bit.ly/3PncTB4

AMENAZA SÍSMICA



30

Green School

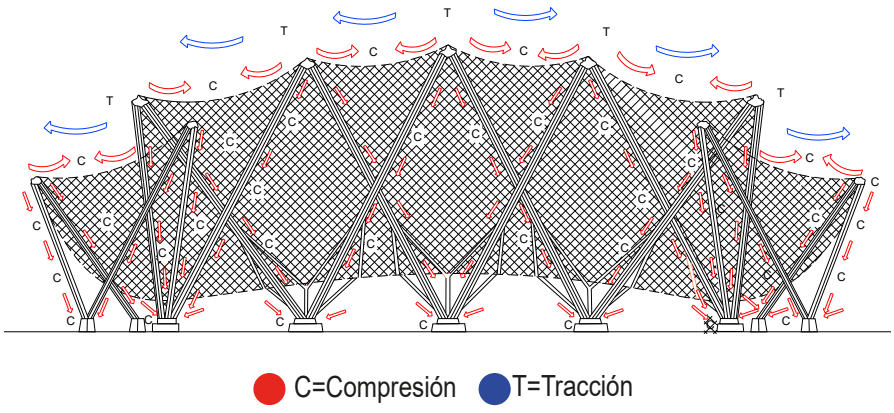
Ubicado en Bali (Indonesia), donde se presenta una amenza sísmica media u modera.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y TRANSMISIÓN DE CARGAS

La clasificación se cataloga como superficie activa. Conformado por arcos parabólicos que sostienen una malla anticlastica, estos dos elementos están sometidos a cargas de compresión y tracción.

Diagrama de recorrido de cargas

Vista lateral



Elaboración propia

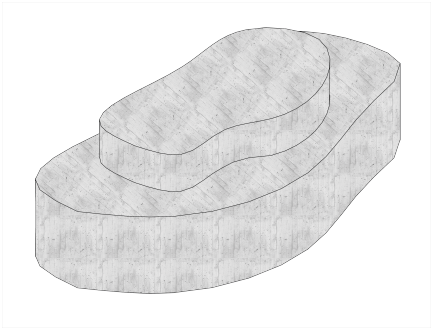
CIMENTACIÓN

Conformado por dos tipos de cimientos no uniformes de pedestal blanco con patrón bidireccional.

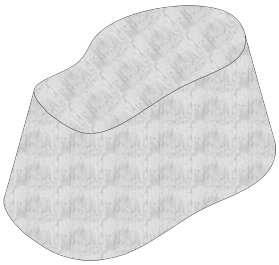


Tomado de “El Arco en Green School/IBUKU” por ArchiDaily. 2022. https://bit.ly/3RQCALD

Cimentación tipo No.1



Cimentación tipo No.2

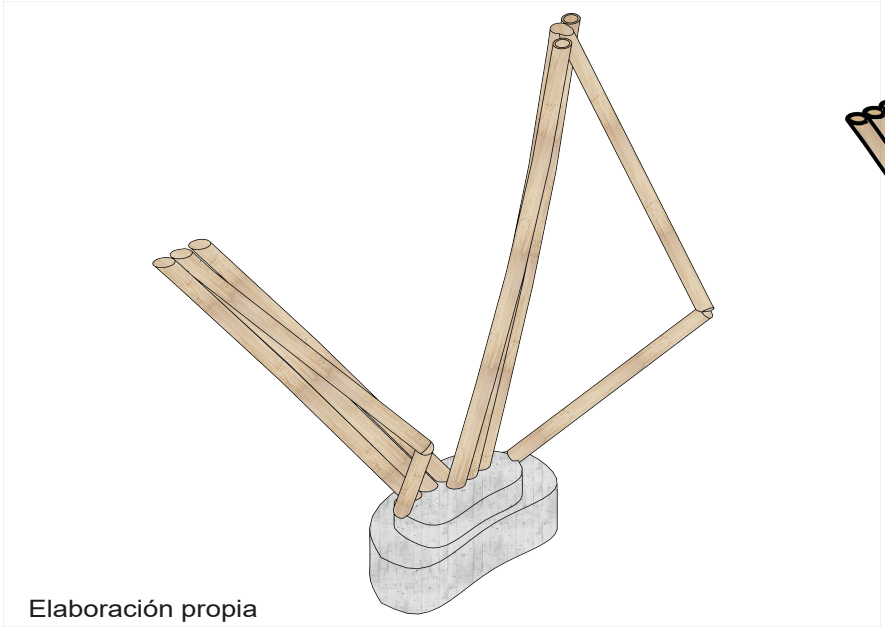


Elaboración propia

UNIONES

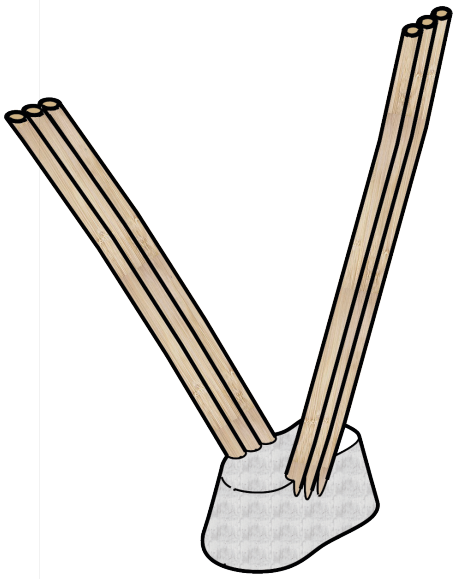
Uniones rígidas conformadas por bambú, pernos y amarres.

Unión No.1



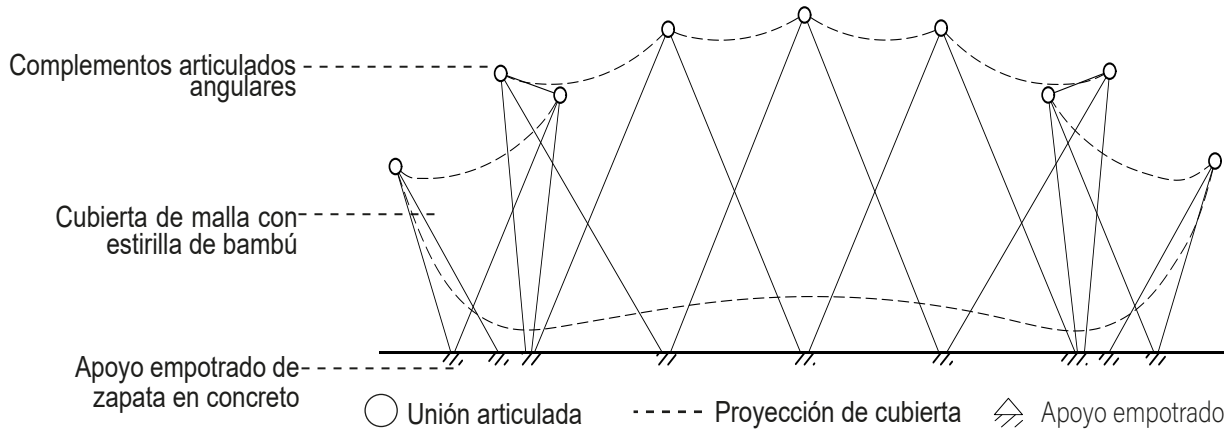
Elaboración propia

Unión No.2



Esquema de aproximación tipos de uniones y apoyos.

Vista lateral



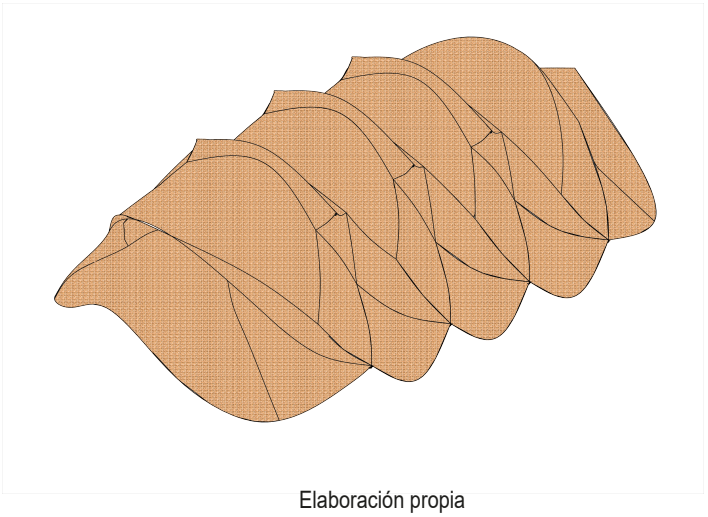
Elaboración propia

CUBIERTA

Conformada por una teja plana de bambú que descansan en las viguetas están apoyadas en las columnas de manera pernada, con formando varios paraboloides hiperbólicos.



Tomado de "El Arco en Green School/IBUKU" por ArchiDaily. 2022. https://bit.ly/3RQCALD



Elaboración propia

CONCEPTO DE LA CONFORMACIÓN ESTRUCTURAL

SUPERFICIE ACTIVA

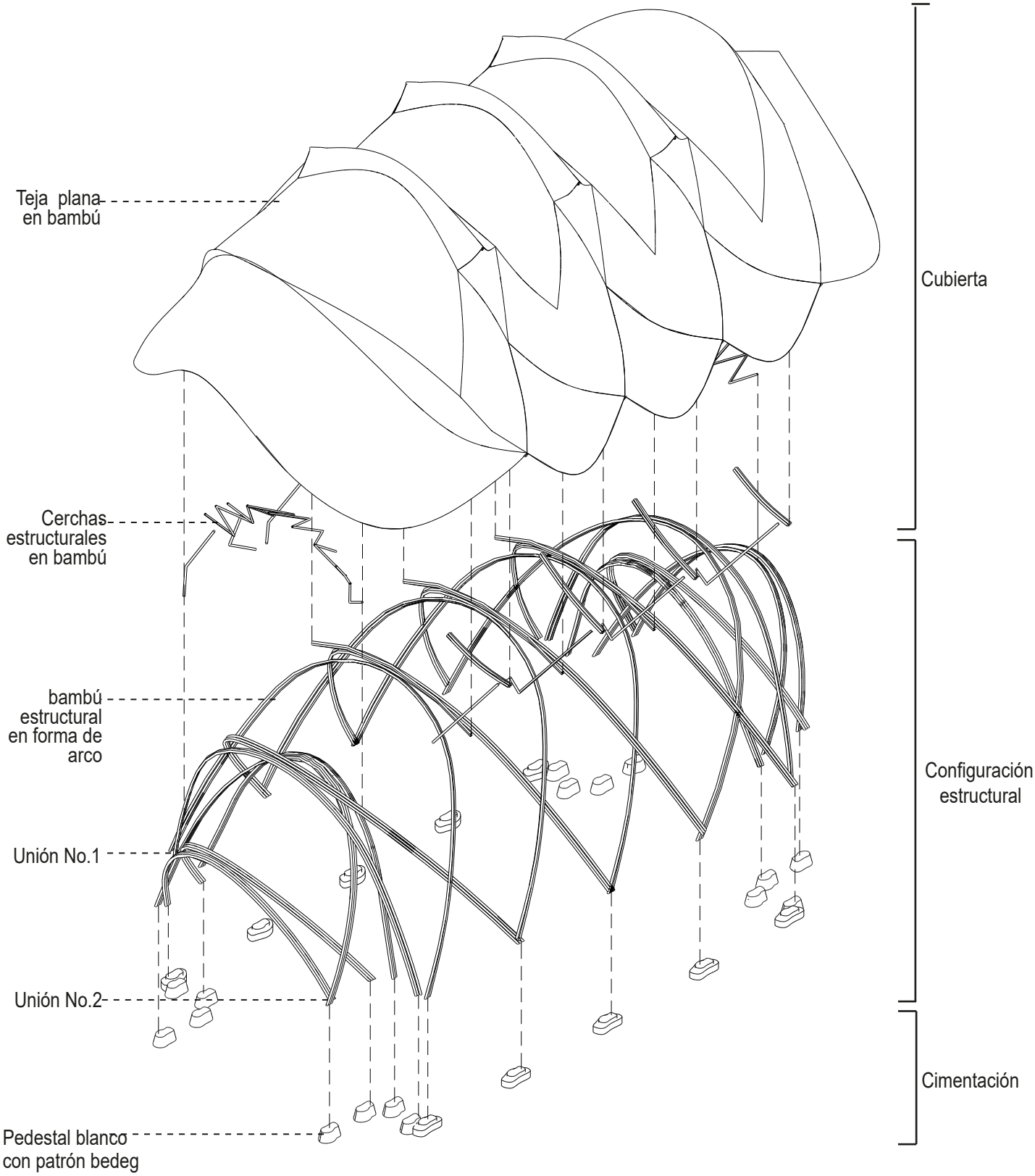


En este tipo de estructuras, los elementos que lo componen son flexibles resisten esfuerzos de cortante, actúan como losa y como elemento soportante de un mismo elemento, los elementos verticales (soportantes) crece la capacidad de carga al aumentar el claro de la losa. La carga se distribuye en partes pequeñas. El perímetro debe estar rigidizado para que no se caiga. La solución que dan estas estructuras es completa, teniendo unidad en forma y estructura.

Sistemas de estructuras: Estructura de láminas, estructura de láminas plegadas, bóvedas y cascaras.

Esfuerzos:Compresión, cortante y flexión.

Está ubicado en Kaja Bali, (Indonesia), donde se presenta una actividad sísmica media u moderada. El proyecto se desarrollar a partir de una superficie activa conformada por una serie de arcos parabólicos de doble altura, siendo estos la estructura de apoyo para una cubierta en malla anticlásica formada por bambúes tejidos en dos direcciones proyectados bajo el diseño paramétrico estos con una doble curvatura con direcciones opuestas conformando varios paraboloides hiperbólicos entre los arcos. Los arcos y la malla funcionan como uno solo, los cuales están sometidos a cargas de tracción y comprensión que son trasmitidas a las diferentes uniones rígidas, continuando así por cimientos de piedra.



Elaboración propia

SHARMA SPRINGS

DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Arquitectos: IBUKU

Abiansemal, Indonesia

Fot.Rio Helmi, Errol Vaes

2012

750 m2

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uso
Hotel

Contexto
Ubicado a lo largo del valle del río Ayung, en medio de la selva

Forma general
Paraboloides hiperbólicos

Materiales
Bambú

Programa arquitectónico
Habitaciones, sala de estar, piscina, cocina, oficina privada, biblioteca, cuarto de almacenamiento, pabellón de yoga, spa y un mirador

Adapatado de "A bamboo villa overlooking the Sacred River of Bali" por Green Village. s.f.https://bit.ly/3M6sNzC

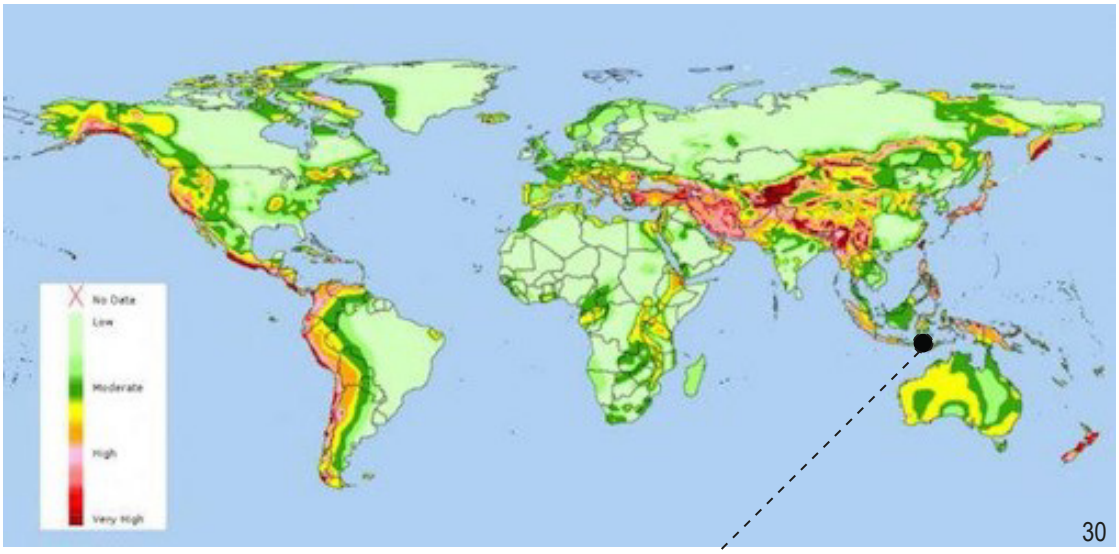






Nota. Las imagenes son tomadas de Arch Daily.(2019). Sharma Springs/IBUKU. https://bit.ly/3Qrup8m

AMENAZA SÍSMICA



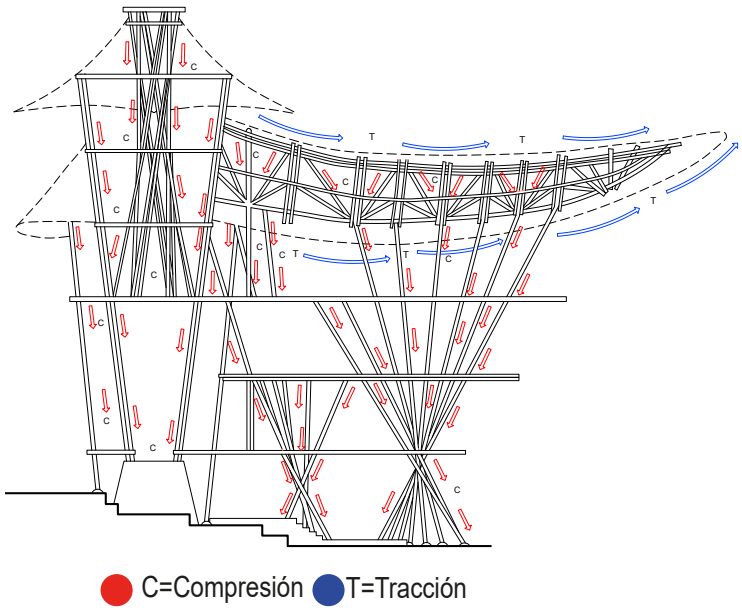
Sharma Springs
Ubicado en Bali (Indonesia), donde se presenta una amenza sísmica media u modera.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y TRANSMISIÓN DE CARGAS

La clasificación estructural se cataloga como altura activa, conformada por una estructura central con forma de paraboloide hiperbólico, desplegando un sistema espacial secundario sometidos a cargas de compresión, cubiertos por pórticos sucesivos sometidos a tracción, alcanzando los seis niveles de altura.

Diagrama de recorrido de cargas

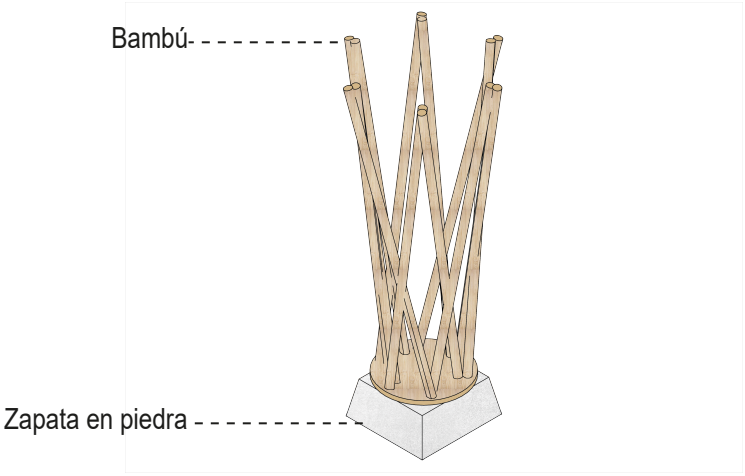
Vista lateral



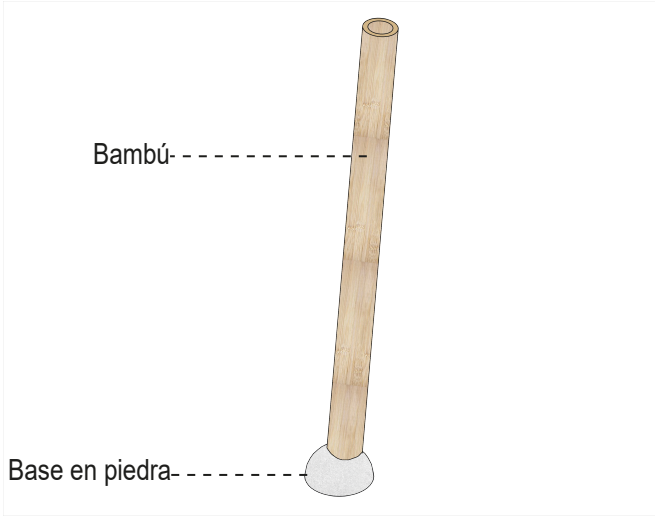
Elaboración propia

CIMENTACIÓN

Zapatas de piedras, indicadas para construcciones ligeras y estructuralmente al ser más pesadas, tiene mayor resistencia al volteo y estabilidad.



Elaboración propia

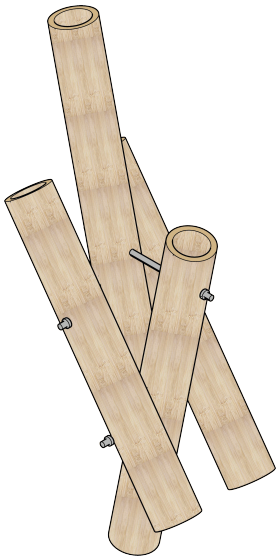


Elaboración propia

UNIONES

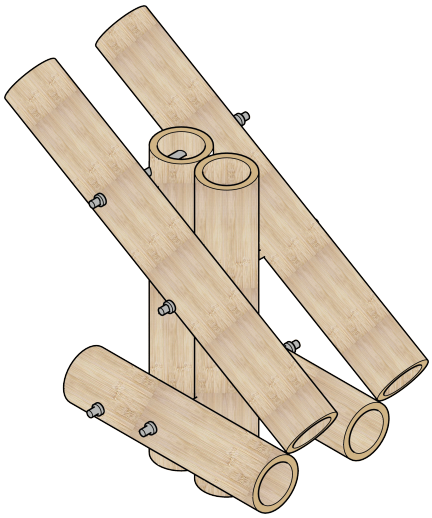
Uniones rígidas conformadas por bambú, pernos y amarres

Unión No.1



Elaboración propia

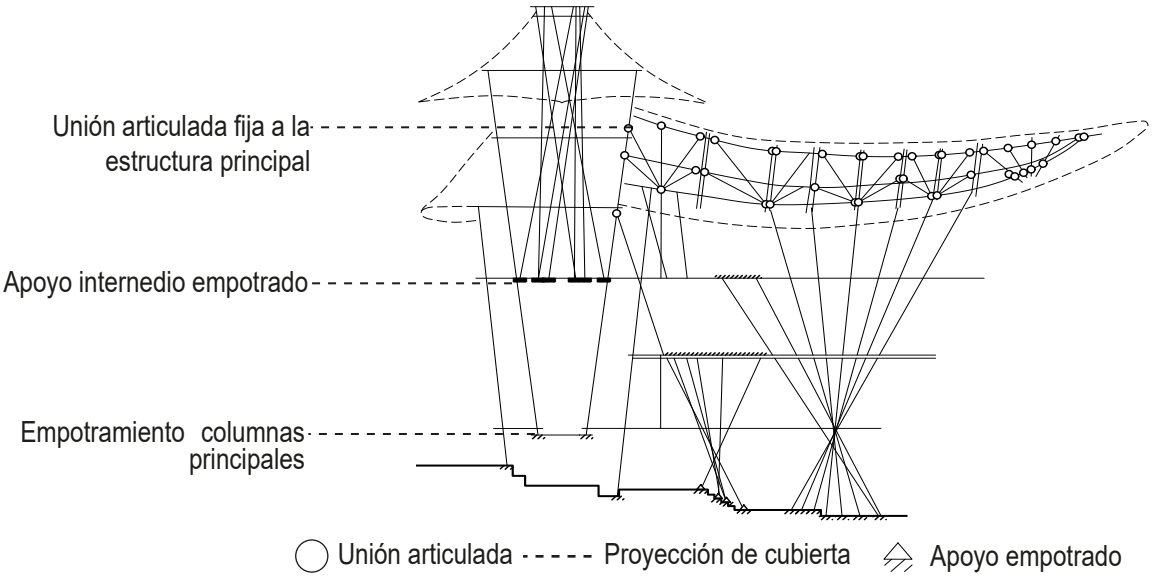
Unión No.2



Elaboración propia

Esquema de aproximación tipos de uniones y apoyos

Vista lateral



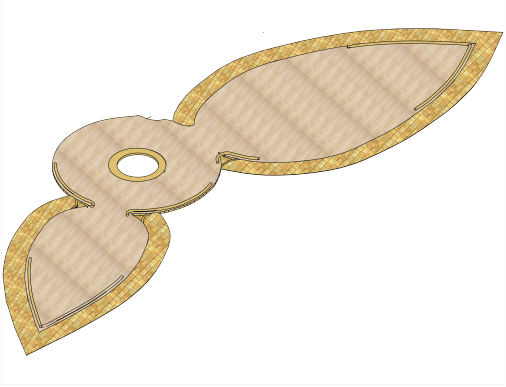
Elaboración propia

ENTREPISO

Compuesto por dos bambúes y uno intermedio conformado por una unión pernada, sujeta por una correa de bambú.



Adapatado de “Apple TV+:’Home’ es la nueva serie estelar sobre las casas más vanguardistas del mundo” por AD. s.f.https://bit.ly/3f8kSWm

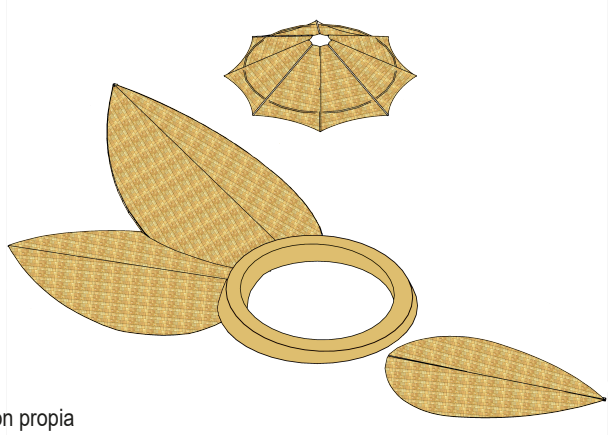


Elaboración propia

CUBIERTA

Es a dos aguas que consta de tejas planas de bambú, apoyadas en las viguetas que sostienen las columnas de manera diagonal.





Elaboración propia

Adapatado de “Materiales de Sharma/IBUKU” por Arch Daily. 2019. https://bit.ly/3Qrup8m

ALTURA ACTIVA

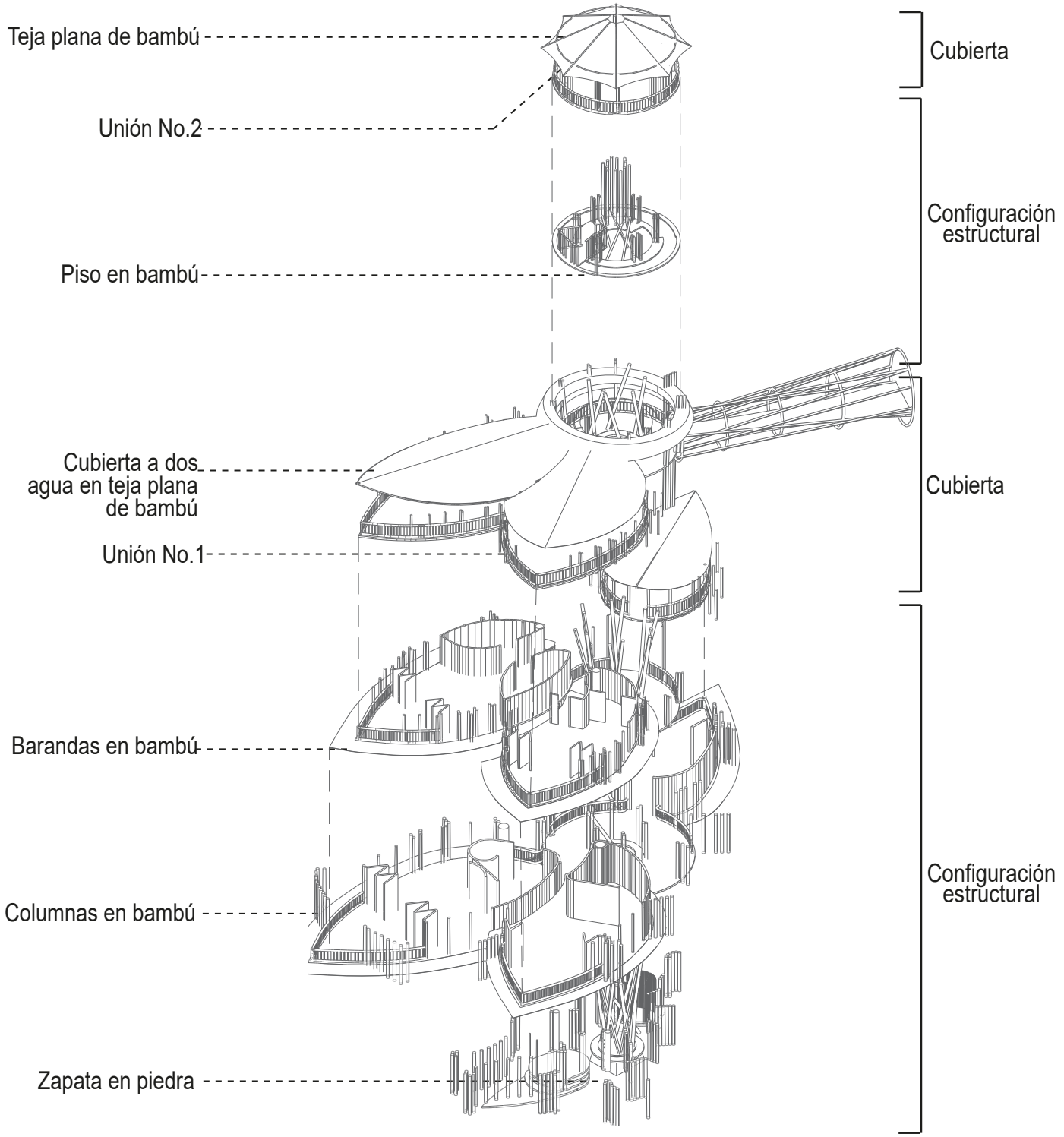


Son estructuras encontradas en edificios altos como los rascacielos, en estas estructuras la carga se reparte en todo el edificio y sumándose en cada nivel hasta el inferior el cual debe de transmitir toda la carga sumada al suelo y así que el edificio se mantenga. La carga final puede ser transmitida en un punto con un núcleo, en perímetro, en varios puntos o en retícula, la cimentación debe de ser la que reparta la carga al suelo.

Sistemas de estructuras:Deformación y rigidización.

Esfuerzos: Compresión y rigidización.

Se encuentra ubicado en Bali (Indonesia), donde se presenta una actividad sísmica media o moderada. Esta edificación se clasifica como una estructura de altura activa, ya que alcanza los seis niveles. Está conformada por un núcleo central estructural que consiste en un hiperboloide, desde donde se despliega un sistema espacial como estructura general de la edificación. Iniciando en una base de sección circular, conformada por bambúes rectos que se despliegan de manera excéntrica hacia la fachada, estos a su vez tienen un radio de giro conformando el hiperboloide, que inicia en el primer piso y continúan su extensión hasta los últimos niveles. Las cubiertas están conformadas por bambúes inclinados que se apoyan en la estructura principal, que constan de tejas planas de bambú, que hace las veces de envolvente.



Elaboración propia

HOTEL EXTENSIÓN AMPLIACIÓN DE HOTEL



DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Arquitecto:
Bambusa Espinosa

México,
Palenque

Arquitecto encargado:
Benito Espinosa

2016

Fot.Grupo Bambusa

120 m2



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uso
Hotel

Contexto
Situado en el valle de la ciudad de palenque

Forma general
Cercha plana

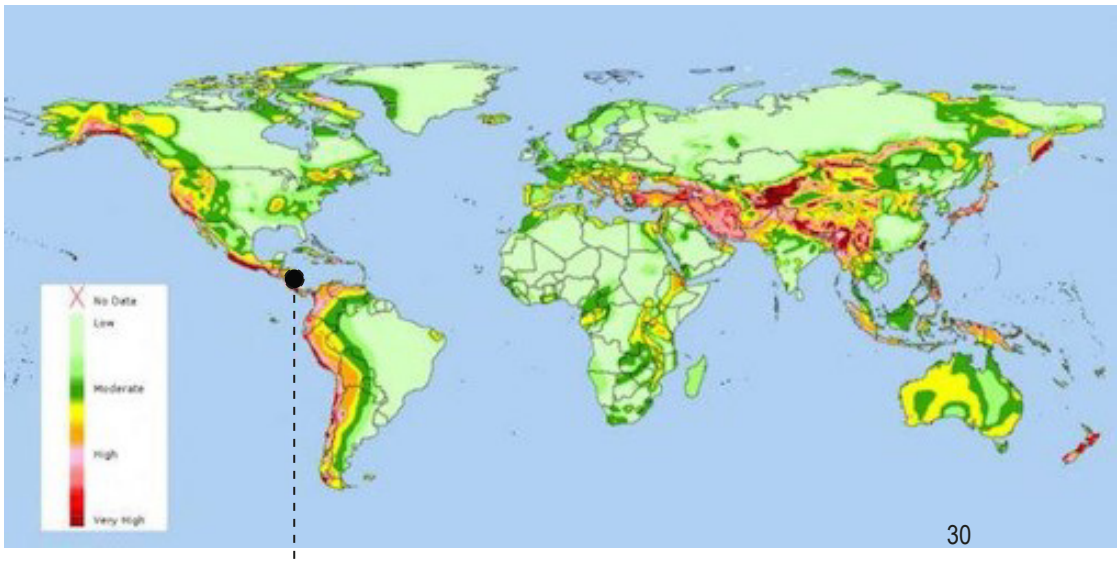
Materiales
Bambú



Adapatado de “Hotel extension / Ampliación del hotel” por Bambusa Espinosa. 2016. https://bit.ly/3SA5xMM

Nota. Las imagenes son tomadas de Bambusa Espinosa.(2016). 2016_Pañenque,Mexico Hotel extension/Ampliacion de hotel. https://bit.ly/3QLLsSe

AMENAZA SÍSMICA



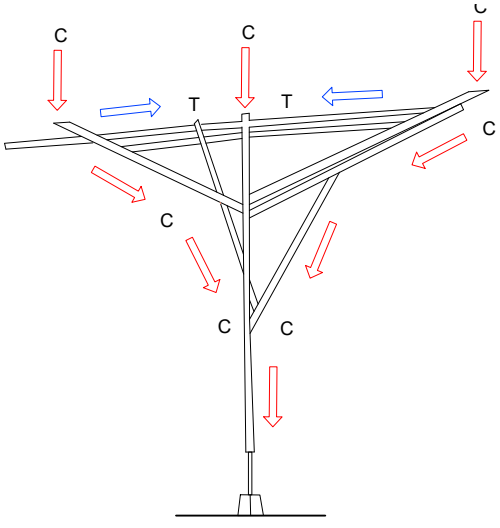
Hotel extensión ampliación de hotel
Ubicado en Palenque (México), donde se presenta una amenza sísmica media.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y TRANSMISIÓN DE CARGAS

La clasificación estructural se cataloga como vector activo. conformada por una cercha plana, sometida a cargas de compresión desde su punto más alto, llegando a una centralidad con cargas de tracción, que por medio de las uniones se articula la base que soporta cargas de compresión hacia el cimiento.

Diagrama de recorrido de cargas

Vista lateral

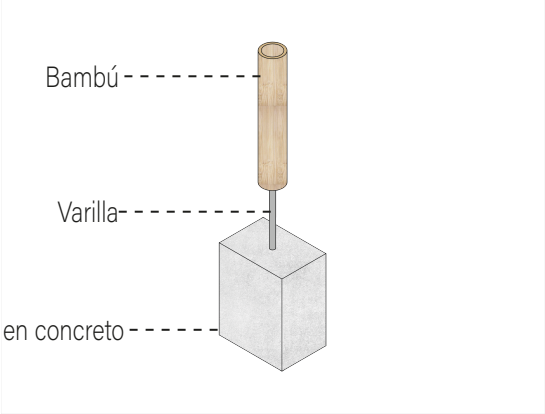


Elaboración propia

C=Compresión T=Tracción

CIMENTACIÓN

Conformado por un bambú y una varilla metálica que se encuentran separados del cimiento, evitando el deterioro del material.



UNIONES

Utilización de la unión pernada (bambúes y pernos), cortados de manera transversal, boca de pescado y pico de flauta, obteniendo una articulación entre sí.

Unión No.1



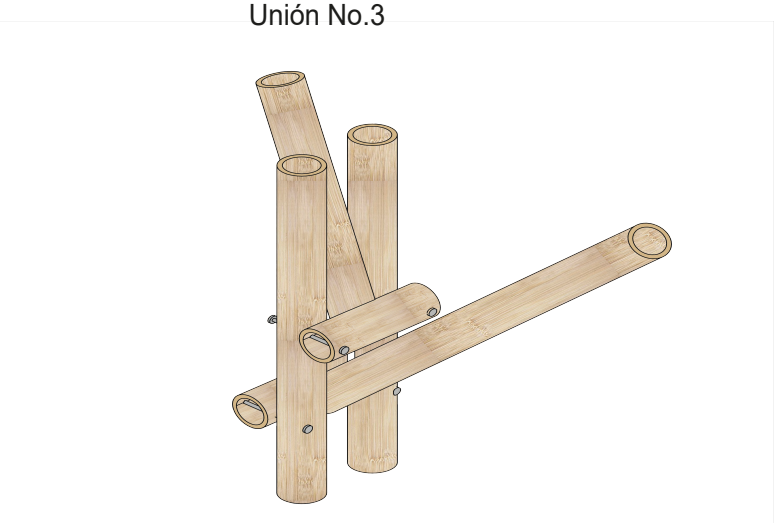
Elaboración propia

Unión No.2



Elaboración propia

Unión No.3



Elaboración propia

Unión No.4

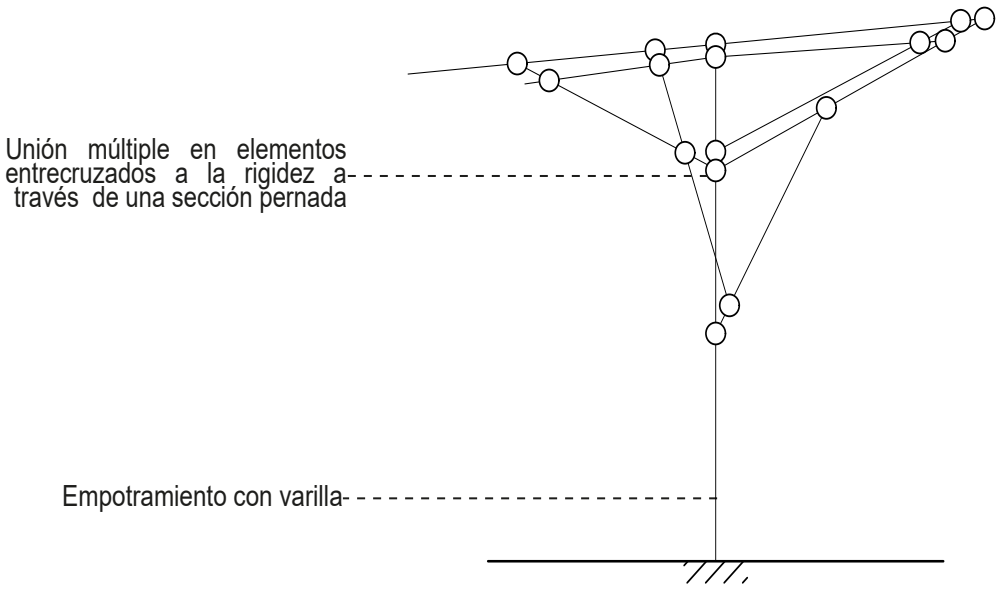


Elaboración propia

Nota. Todas la uniones fueron realizadas con bambues y pernos

Esquema de aproximación tipos de uniones y apoyos

Vista lateral

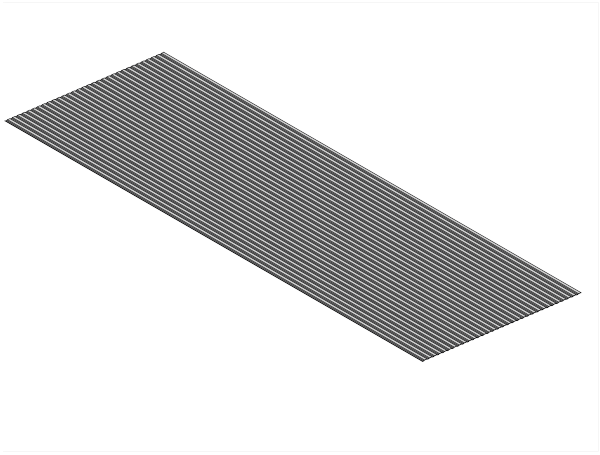


Elaboración propia

◯ Unión articulada Apoyo empotrado

CUBIERTA

Teja de zinc laminada, apoyada en viguetas de bambú que logran cubrir la totalidad del área.



Elaboración propia

CONCEPTO DE LA CONFORMACIÓN ESTRUCTURAL



VECTOR ACTIVO

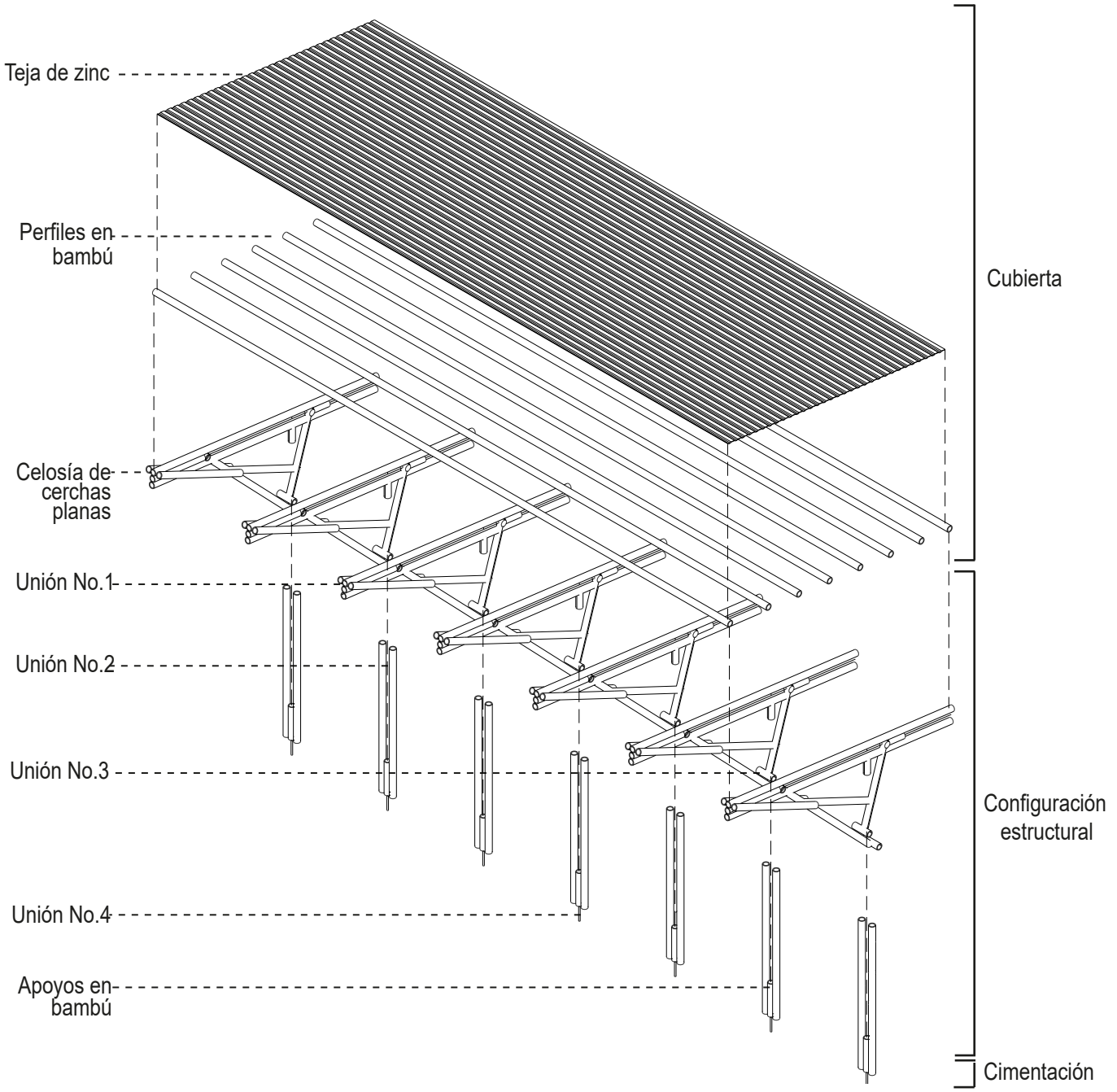
Las cargas son transmitidas con ayuda de barras que trabajan a compresión y tensión, formando nodos y ángulos que dependiendo su posición en el sistema será su forma de trabajo. Se basan en una triangulación, puede haber sistemas que trabajen en ambos sentidos.

Sistemas de estructuras: Cerchas planas, cerchas planas combinadas, cerchas curvas y mallas espaciales.

Esfuerzos: Tracción y flexión

El proyecto está ubicado en Palenque (México), donde se presenta una actividad sísmica baja. Es una extensión de la cubierta que se muestra como vector activo “consiste en una secuencia estructural de 7 cerchas de bambú en paralelo que se van adaptando a la pendiente del terreno en el que se apoyan y que cubren una superficie de unos 20 x 6 metros, 120 metros cuadrados” (Bambusa Espinosa, 2016, párr. 4).

Cubierta de teja de zinc y aluminio, apoyada en una estructura de cerchas y a su vez en columnas de dos bambúes, con uniones rígidas conformadas por pernos y bambúes sometidos a cargas de tracción y compresión, que son trasmitidas a la cimentación aislada de placas y varillas que funcionan como aislamiento entre el suelo natural y el bambú.



Elaboración propia

CASA SOSTENIBLE EN BAMBÚ

DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Arquitecto encargado:
Mauricio Cardenas

China, Lishui

Arquitectos:
Studio Cárdenas
Conscious Desing

2016

Supervición constructiva:
Kangye Architecture

320 m2

Fot.LIB- Longquan International Bamboo Commune

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uso
Casa

Contexto
Zona rural

Forma general
Cuadrada (Sistema de pórticos)

Materiales
Bambú

Programa arquitectónico
Comedor, sala, habitaciones, baños, cocina, patio y sala técnica

Adapatado de "Casa de bambú bajo consumo" por Archello. s.f. https://bit.ly/3e9eUnJ

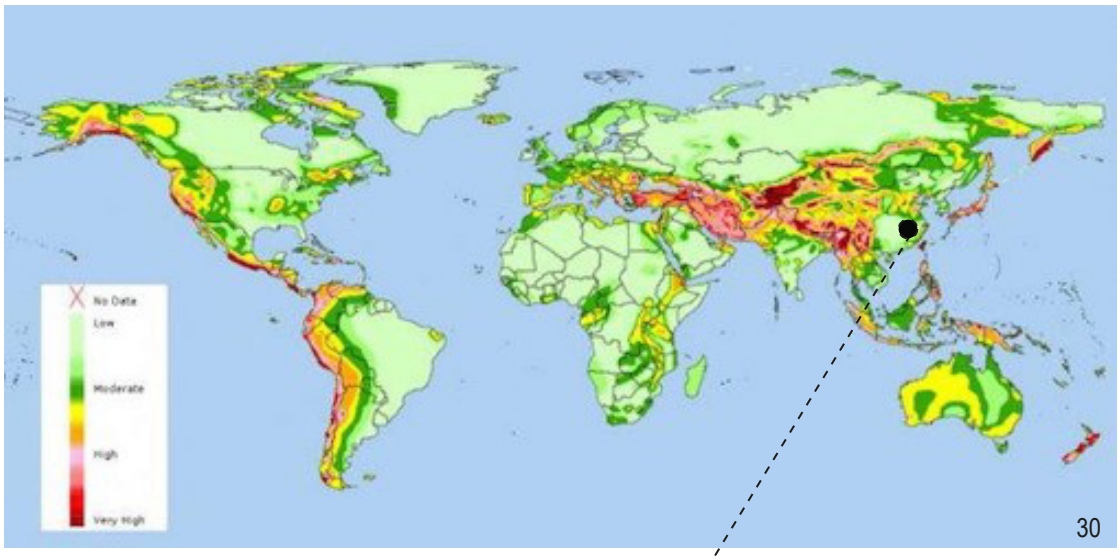






Nota. Las imagenes son tomadas de Arch Daily.(2017). Energy Efficient Bamboo House/Studio Cardenas Conscious Desing. https://bit.ly/3yIclRu

AMENAZA SÍSMICA



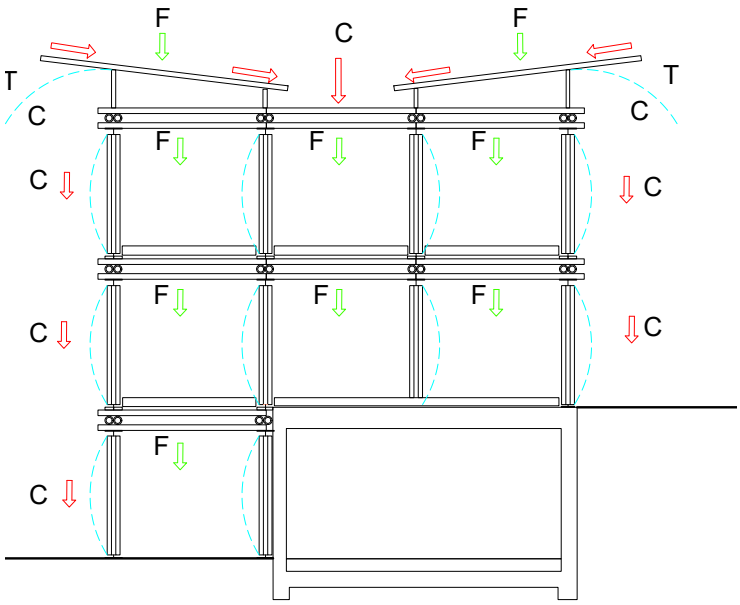
Casa sostenible de bambú
Ubicado en Boxi, Longquan (China), donde se presenta una amenza sísmica baja.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y TRANSMISIÓN DE CARGAS

La configuración estructural está conformada por una sección activa de la cual se deriva un sistema de pórticos, de dos niveles en este caso está compuesto por columnas y vigas, que resisten a cargas de compresión, flexión y tracción, transmitiendo las hasta la cimentación.

Diagrama de recorrido de cagas

Vista lateral

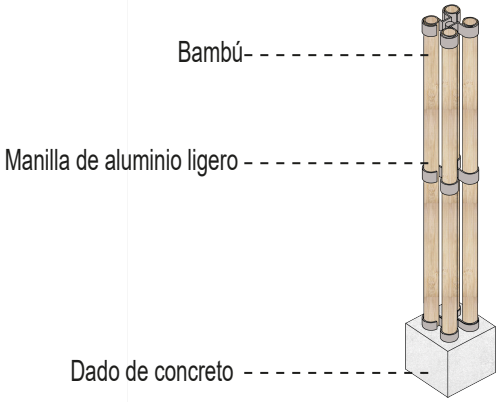


C=Compresión T=Tracción F=Flexión

Elaboración propia

CIMENTACIÓN

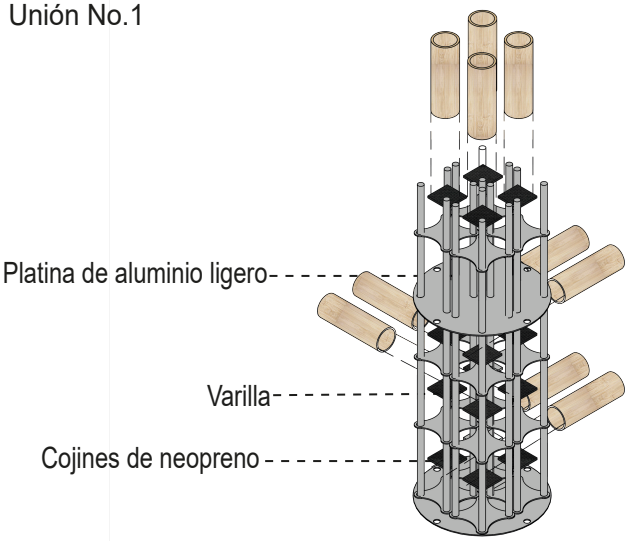
Sistema de dados de concreto, evitando el contacto directo del bambú con el suelo natural y asi mismo el deterioro del material.



UNIONES

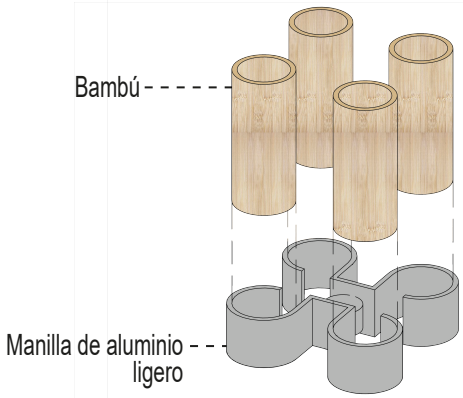
El tipo de unión que se presenta es rígida, conformada por bambúes, cojines de neopreno, platinas de aluminio ligero, placas de acero, manillas de aluminio ligero y varillas.

Unión No.1



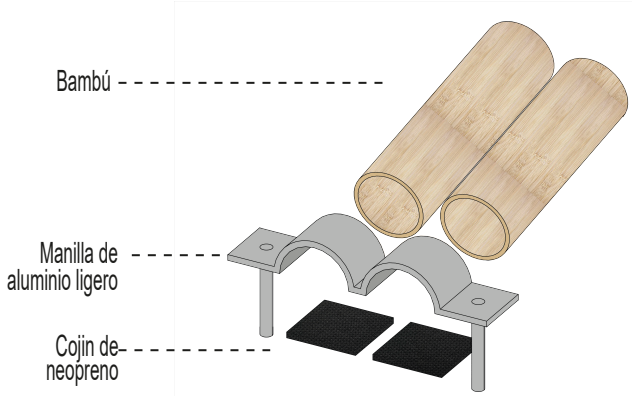
Elaboración propia

Unión No.2



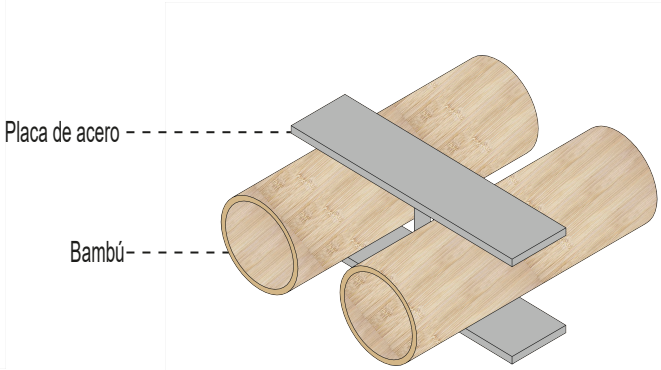
Elaboración propia

Unión No.3



Elaboración propia

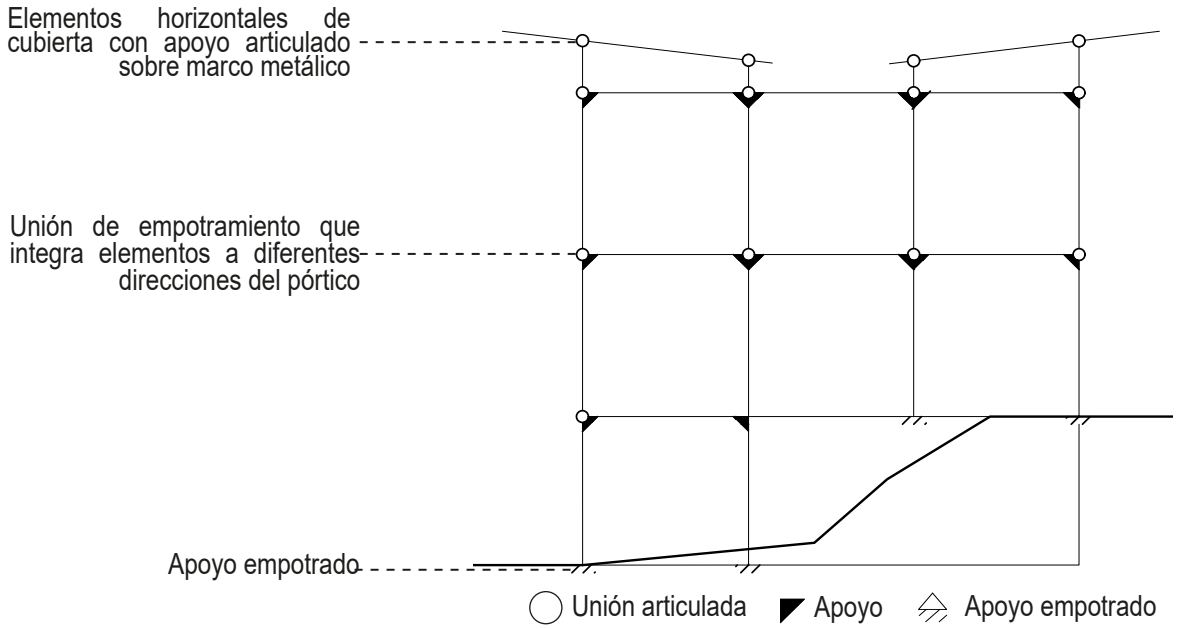
Unión No.4



Elaboración propia

Esquema de aproximación tipos de uniones y apoyos

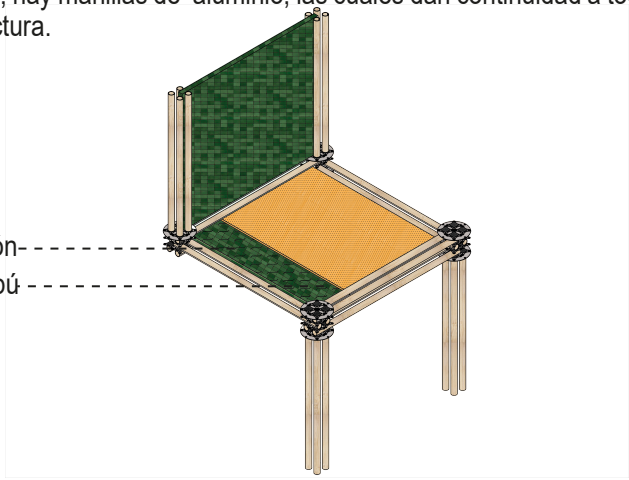
Vista lateral



Elaboración propia

ENTREPISO

Compuesto por seis bambúes colocados de manera vertical y entrecruzados, conectados por medio de platinas de aluminio las cuales funcionan como uniones. Ademas, hay manillas de aluminio, las cuales dan continuidad a todo el entrepiso, asegurando así parte de la estabilidad de la estructura.



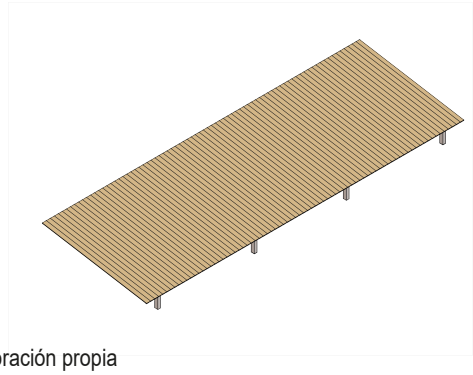
Elaboración propia

CUBIERTA

La cubierta es a dos aguas compuesta por una teja de zinc inclinada en dirección opuesta. Dado que los bambúes se apoyan en la unión principal de aluminio, lo cual ayuda a la inclinación de esta, permitiendo la recolección de agua.



Adapatado de "Casa de bambú de bajo consumo I Mauricio Cárdenas Laverde Estudio Cárdenas Diseño Consciente" por Archilovers. 2017. https://bit.ly/3zjrsjV



Elaboración propia

CONCEPTO DE LA CONFORMACIÓN ESTRUCTURAL



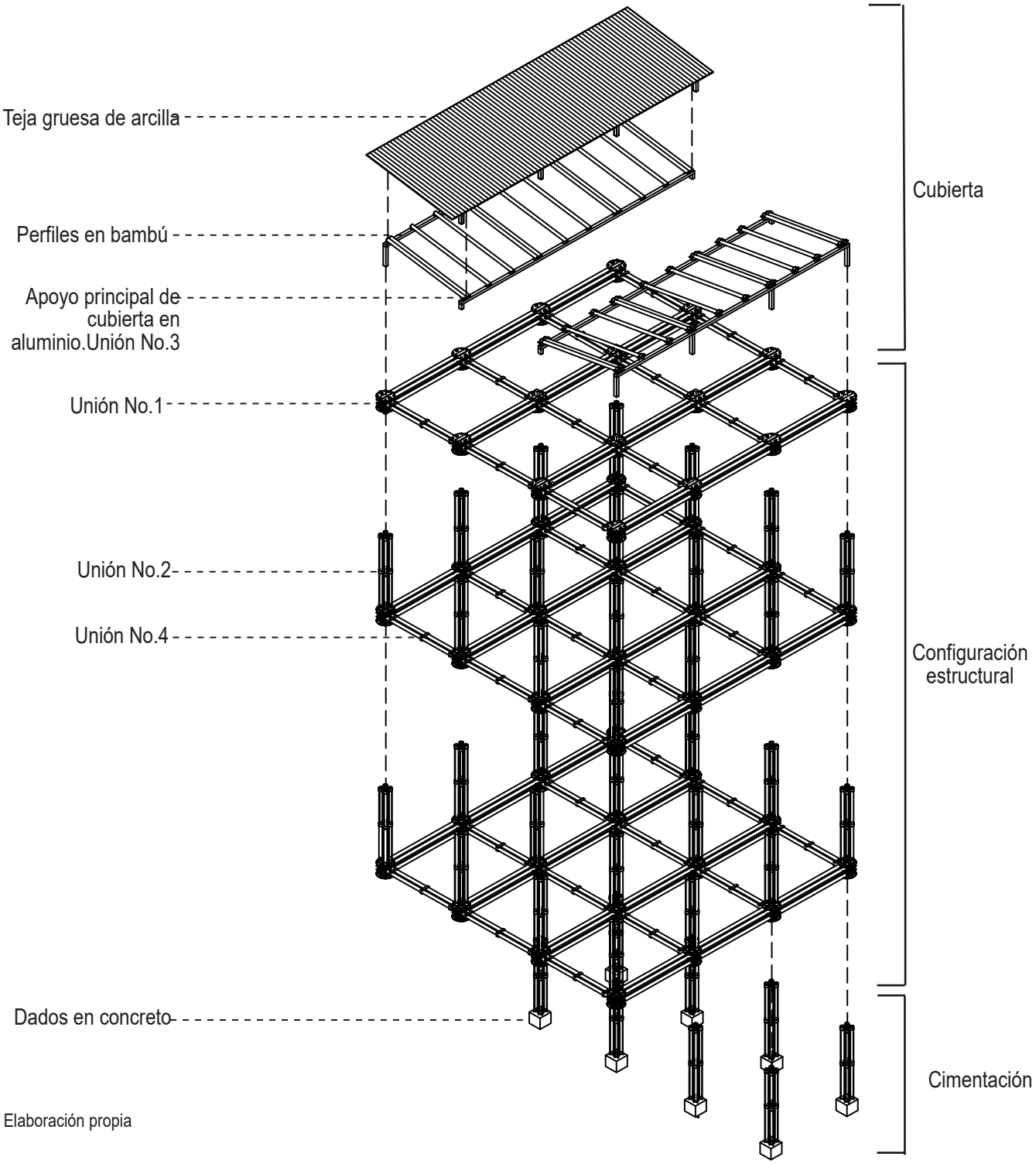
SECCIÓN ACTIVA

Este tipo de estructuras son rígidas y la transmisión de carga es de forma seccionada, es decir, con ayuda de otros elementos se reparten las cargas. Están sometidas a esfuerzos de compresión flexión y cortantes. Las fuerzas se transmiten.

Sistemas de estructuras: Estructura de vigas, estructura de pórticos, estructura de retícula de vigas y estructuras de losas.

Esfuerzos: Compresión y flexión.

El proyecto está ubicado en Boxi, Longquan (China), donde se presenta una actividad sísmica baja, que favorece la altura y el uso del material en la edificación. Esta se clasifica como sección activa conformada por un sistema de pórticos, constituido por columnas y vigas que por medio de la unión No.1 de platinas de aluminio ligero, varillas y cojines de neopreno, funciona como empotramiento para los diferentes elementos que se entrecruzan. Las vigas constan de cuatro bambúes sujetos cada uno a 1.50m por manillas de acero, que también conforman el entrepiso que soporta a cargas de flexión, compresión y tracción. Las columnas están conformadas también por cuatro bambúes que tienen uniones cada 1.50m para evitar el pandeo y dar soporte en las vigas permitiendo la transmisión de cargas a la cimentación la cual está conformada por dados de concreto los cuales evitan el contacto directo del bambú con el suelo natural y el deterioro del material.



Elaboración propia

GALERÍA LA CEIBA

DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Arquitectos:
Lucia Aguilar
Arquitectos

México,
Palenque

Supervición de la
construcción:
Jorg Stamm

2016

Arquitecto encargado:
Lucia Aguilar

250 m2

Fot. Lucia Aguilar

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uso
Dormitorio

Contexto
Circundante con una selva

Forma general
Cerchas

Materiales
Bambú, bloques de tierra comprimida y capa vegetal

Adapatado de "Lucila Aguilar Arquitectos" por L. Aguilar. 2018. https://bit.ly/3Cy9coQ

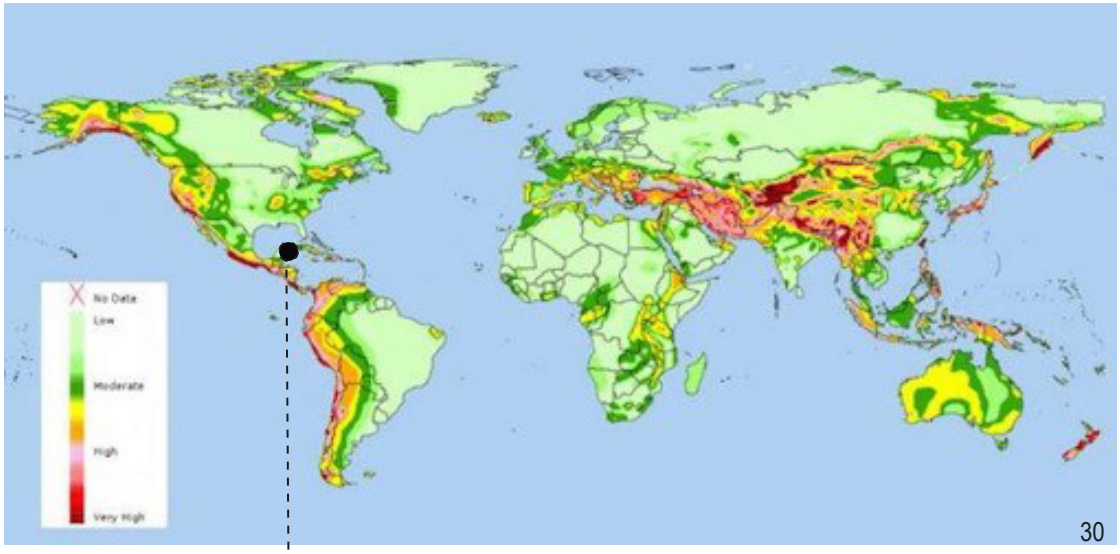






Nota. La descripción del proyecto e imagenes son tomados de Arch Daily.(2018). La Ceiba/ Lucila Aguilar Arquitectos.https://bit.ly/3sL1X7A

AMENAZA SÍSMICA



Galería La Ceiba

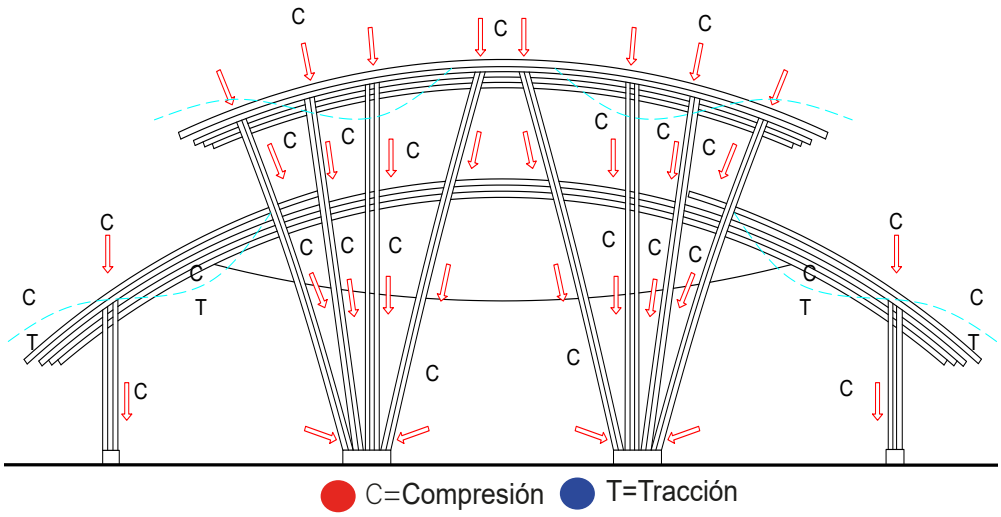
Ubicado en Palenque (México), donde se presenta una amenza sísmica baja.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y TRANSMISIÓN DE CARGAS

La clasificación estructural se cataloga como vector activo y sección activa, conformado por cerchas planas con cierta de seis bambúes rectos unidos desde la base curvándose hacia sus extremos terminando en la cubierta, como estructura principal están las columnas de nueve secciones desplegables, sometidas a cargas de compresión y tracción.

Diagrama de recorrido de cargas

Vista frontal



Elaboración propia

CIMENTACIÓN

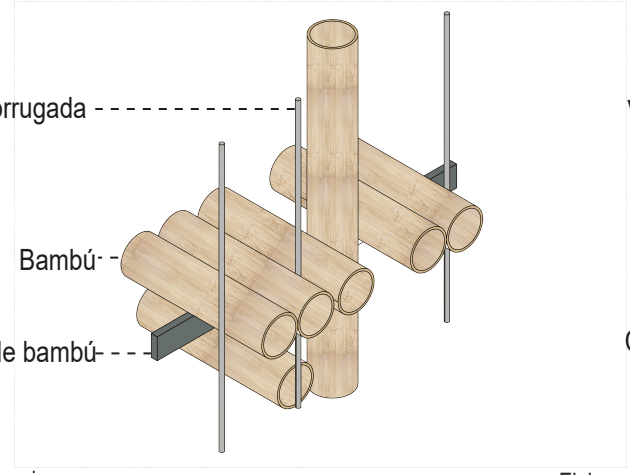
Cimientos de bloques de tierra rectangulares, donde los bambúes están incrustados en este.



UNIONES

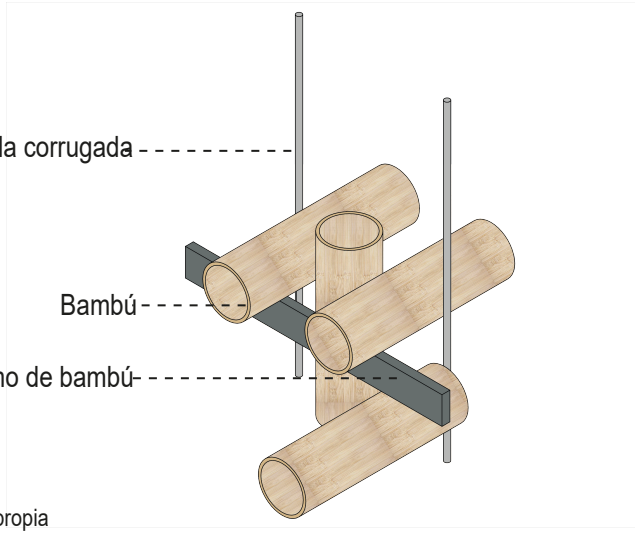
Uniones rígidas conformadas por bambú, varillas corrugadas y culmos de bambú, las cuales tienen perforaciones de manera perpendicular con el sentido de la fibra del bambú, con el objetivo de evitar el agrietamiento del material.

Unión No.1



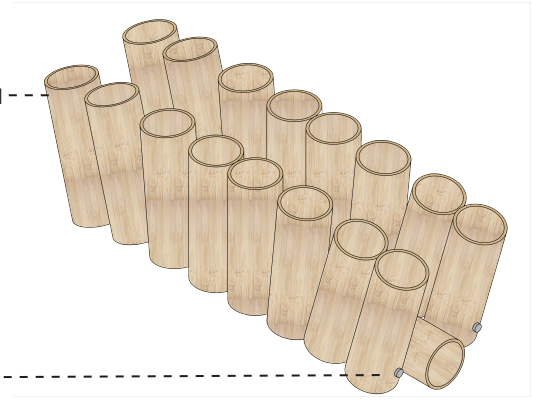
Elaboración propia

Unión No.2



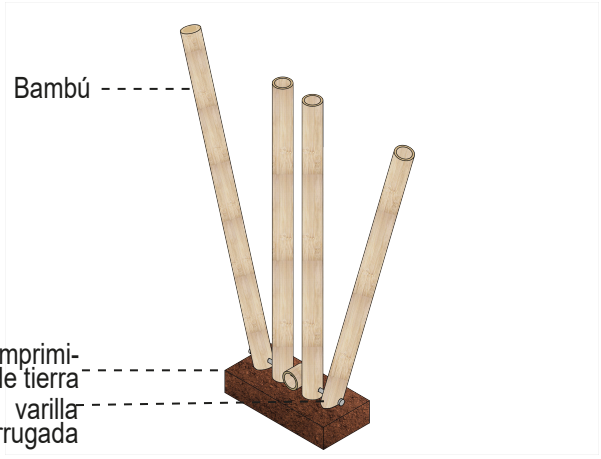
Elaboración propia

Unión No.3



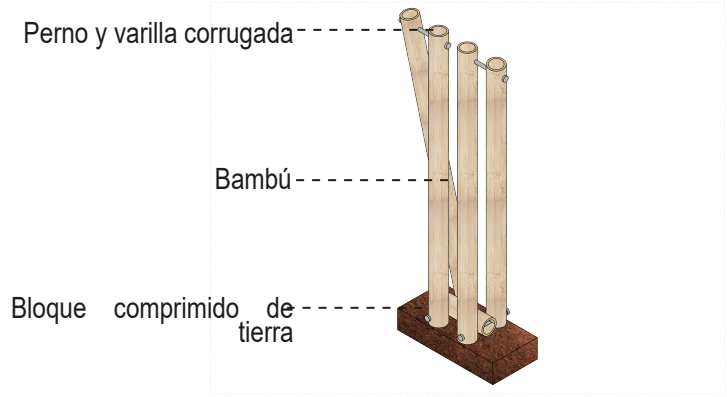
Elaboración propia

Unión No.4



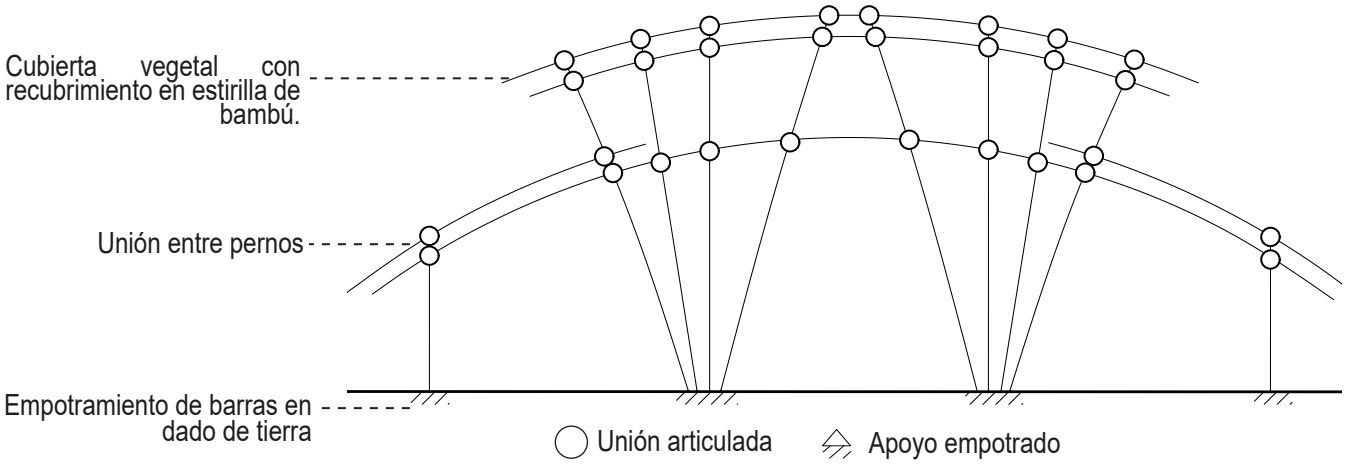
Elaboración propia

Unión No.5



Elaboración propia

Esquema de aproximación tipos de uniones y apoyos
Vista frontal



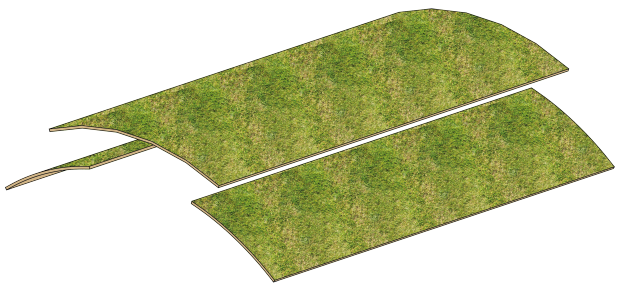
Elaboración propia

CUBIERTA

La cubierta tiene forma cónica, considerando el diseño bioclimático en cuanto a la circulación de ventilación natural de la edificación. Así mismo, su materialidad de fibras de bambú, piedra granulada, tierra tipo arcillosa y semillas de sedum los cuales retienen humedad, la cual permite que el espacio sea freso.



Adapatado de "La Ceiba/ Lucila Aguilar Arquitectos" por Arch Daily. 2018.https://bit.ly/3sL1X7A



Elaboración propia

CONCEPTO DE LA CONFORMACIÓN ESTRUCTURAL



VECTOR ACTIVO

Las cargas son transmitidas con ayuda de barras que trabajan a compresión y tensión, formando nodos y ángulos que dependiendo su posición en el sistema será su forma de trabajo. Se basan en una triangulación, puede haber sistemas que trabajen en ambos sentidos.

Sistemas de estructuras: Cerchas planas, cerchas planas combinadas, cerchas curvas y mallas espaciales.

Esfuerzos: Tracción y flexión



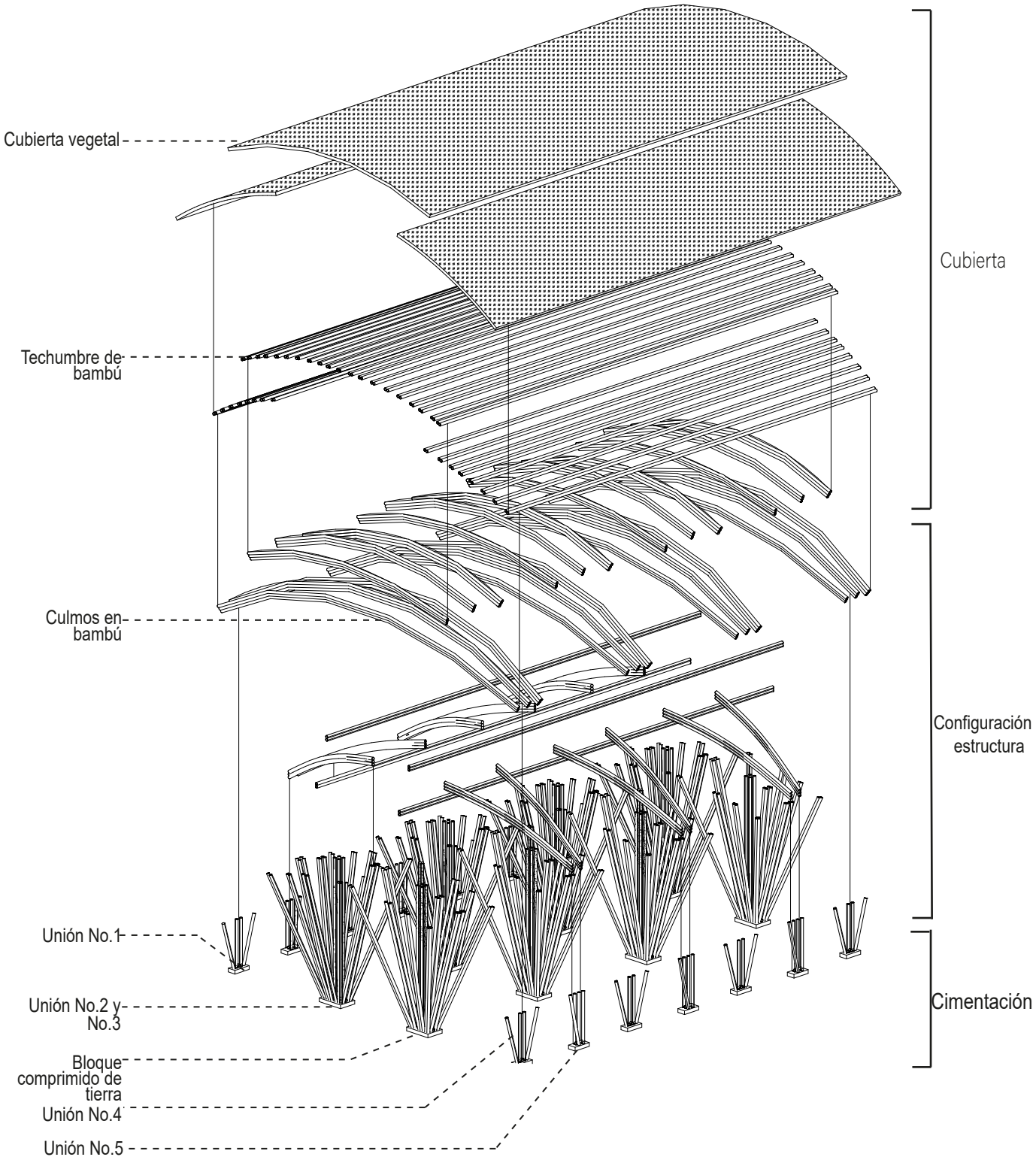
SECCIÓN ACTIVA

Este tipo de estructuras son rígidas y la transmisión de carga es de forma seccionada, es decir, con ayuda de otros elementos se reparten las cargas. Están sometidas a esfuerzos de compresión flexión y cortantes. Las fuerzas se transmiten.

Sistemas de estructuras: Estructura de vigas, estructura de pórticos, estructura de retícula de vigas y estructuras de losas.

Esfuerzos: Compresión y flexión.

Ubicado en México donde se presenta una actividad sísmica baja. El proyecto se clasifica como vector activo y sección activa conformado por una cubierta de cerchas planas que funcionan como marcos rígidos inclinados los cuales se ubican de manera central y lateral, apoyados en las columnas que se componen de nueve secciones desplegables y las vigas se juntan en dos partes, en diferente altura, que trabajan a compresión y tracción, continuando así la trasmisión de cargas por la cimentación con un sistema de anclajes de varillas lateral junto con el culmo principal.



Elaboración propia

TEMPLO DE LUUM

DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Ingeniero encargado:
Esteban Morales

México,
Tulum

Arquitectos:
CO-LAB
Desing Office

2019

Supervición constructiva:
Arquitectura Mixtas

350 m2

Fot.CesarBéjar,
Pakal Egger y
Tonatiuh Egger

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uso
Lugar para meditar

Contexto
Rodeado por una selva nativa

Forma general
Arcos

Materiales
Bambú y zacate (paja)

Adapatado de “Templo de Luum / CO - LAB Desing office” por Arch Daily. 2019. https://bit.ly/3EhGEBp

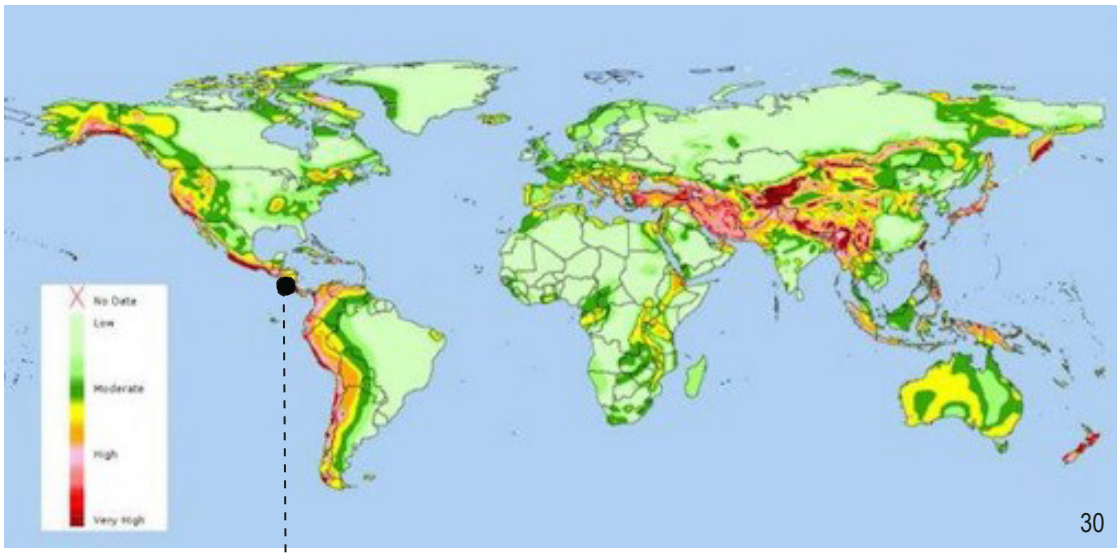






Nota. La descripción del proyecto e imagenes son tomados de Arch Daily.(2019).Templo luum/CO-LAB Desing Office. https://bit.ly/3zW0EWh

AMENAZA SÍSMICA



Templo de Luum

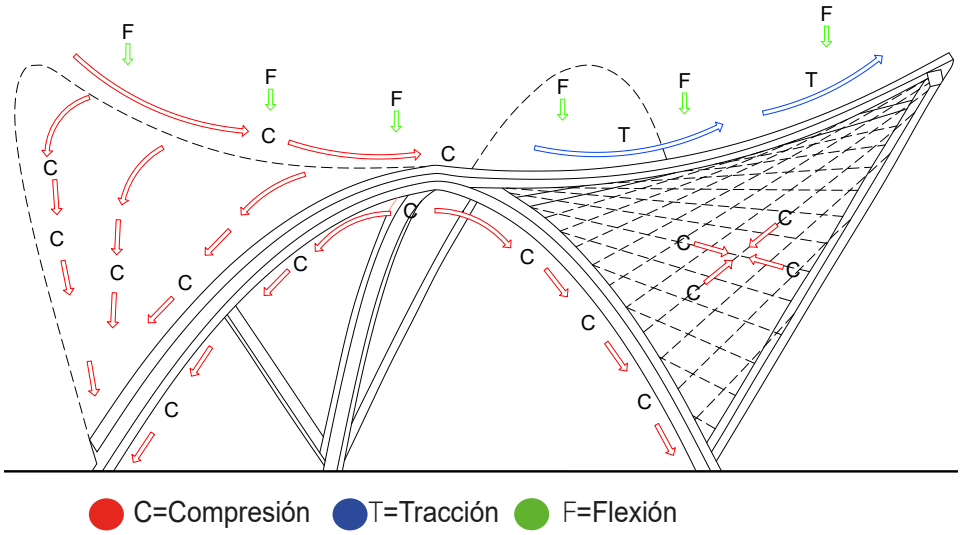
Ubicado en Tulum (México), donde se presenta una amenza sísmica baja.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y TRANSMISIÓN DE CARGAS

La clasificación estructural se cataloga como una superficie activa, conformado por un tejido y trabes estructurales, los cuales se ajustan al sistemas de arcos y estos están sometidos a cargas de compresión, tracción y flexión.

Diagrama de recorrido de cargas

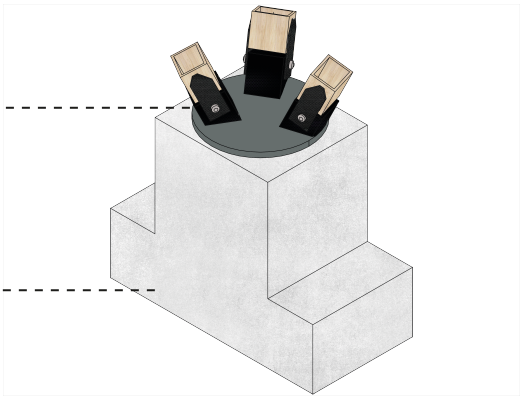
Vista frontal



Elaboración propia

CIMENTACIÓN

La cimentación está constituida por zapatas aisladas que reciben las cargas de compresión, tracción y flexión y las distribuyen en el terreno.



Elaboración propia

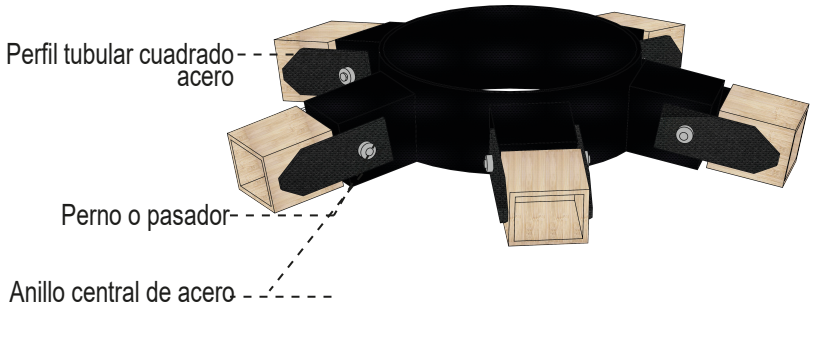
UNIONES

Los tipos de uniones que se presentan son rígidas, las cuáles están compuestas por:

Tipo 1: Ubicada en la parte central de la cubierta, es diseñada para unir los arcos de la estructura, está compuesta por:

Platina de acero de 13mm, perfil tubular 2 espesor de 13 mm y lado 180 mm, arandelas y barras roscadas de Ø 5mm, bambú de 15cm X 15cm, anillo de acero Ø 600 mm, altura h 250 mm y espesor =19mm, perfil tubular cuadrado 1 espesor de 13mm y de lado 180mm.

Unión No.1

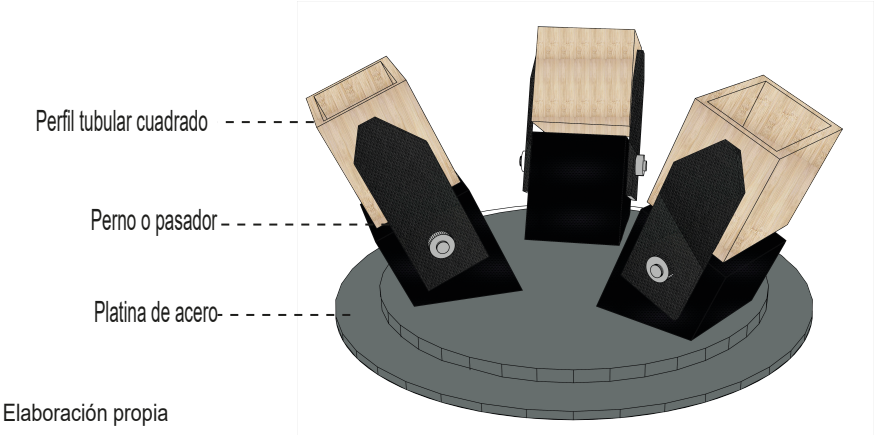


Elaboración propia

Tipo 2: Utilizada para la cimentación, está compuesta por:

Platina de acero de 13mm, perfil tubular 1 espesor de 13 mm y lado 180 mm, barras rocadas de Ø 5 mm, pernos y pasadores de Ø 25,4 mm, bambú de 15cm X 15cm, placa de acero de Ø 700 mm y espesor de 25,4 mm, perfil tubular cuadrado 2 espesor de 13 mm y de lado 180 mm.

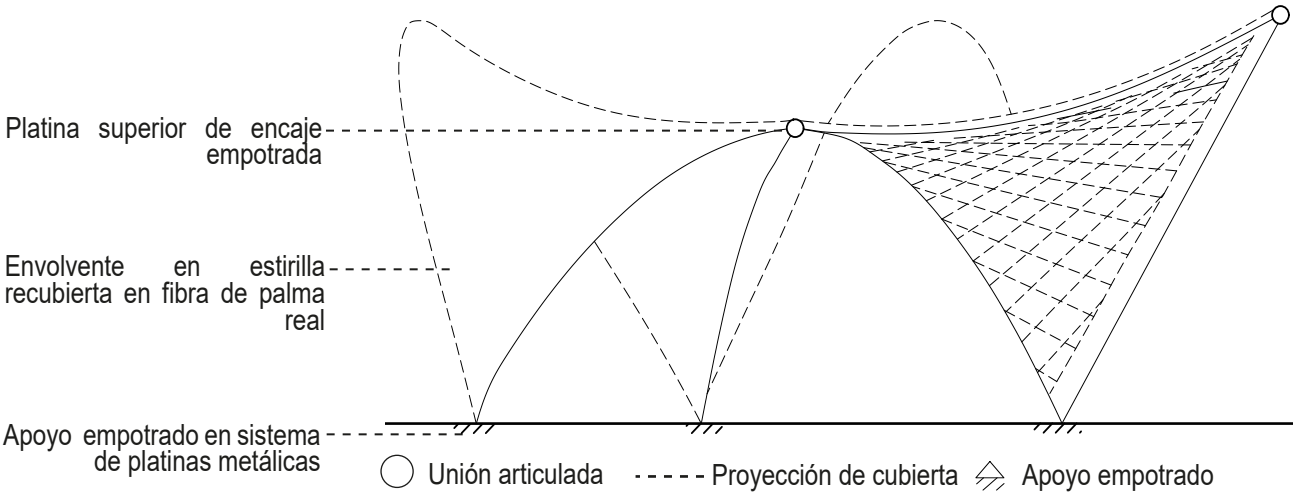
Unión No.2



Elaboración propia

Esquema de aproximación tipos de uniones y apoyos

Vista frontal



Elaboración propia

CUBIERTA

Se compone en el exterior de una capa de zacate (paja), la cual protege la estructura de la lluvia y permite que respire en clima tropical húmedo.



Tomado de "Templo de Luum / CO - LAB Desing office" por Arch Daily. 2019. https://bit.ly/3EhGEBp



Elaboración propia

CONCEPTO DE LA CONFORMACIÓN ESTRUCTURAL

SUPERFICIE ACTIVA

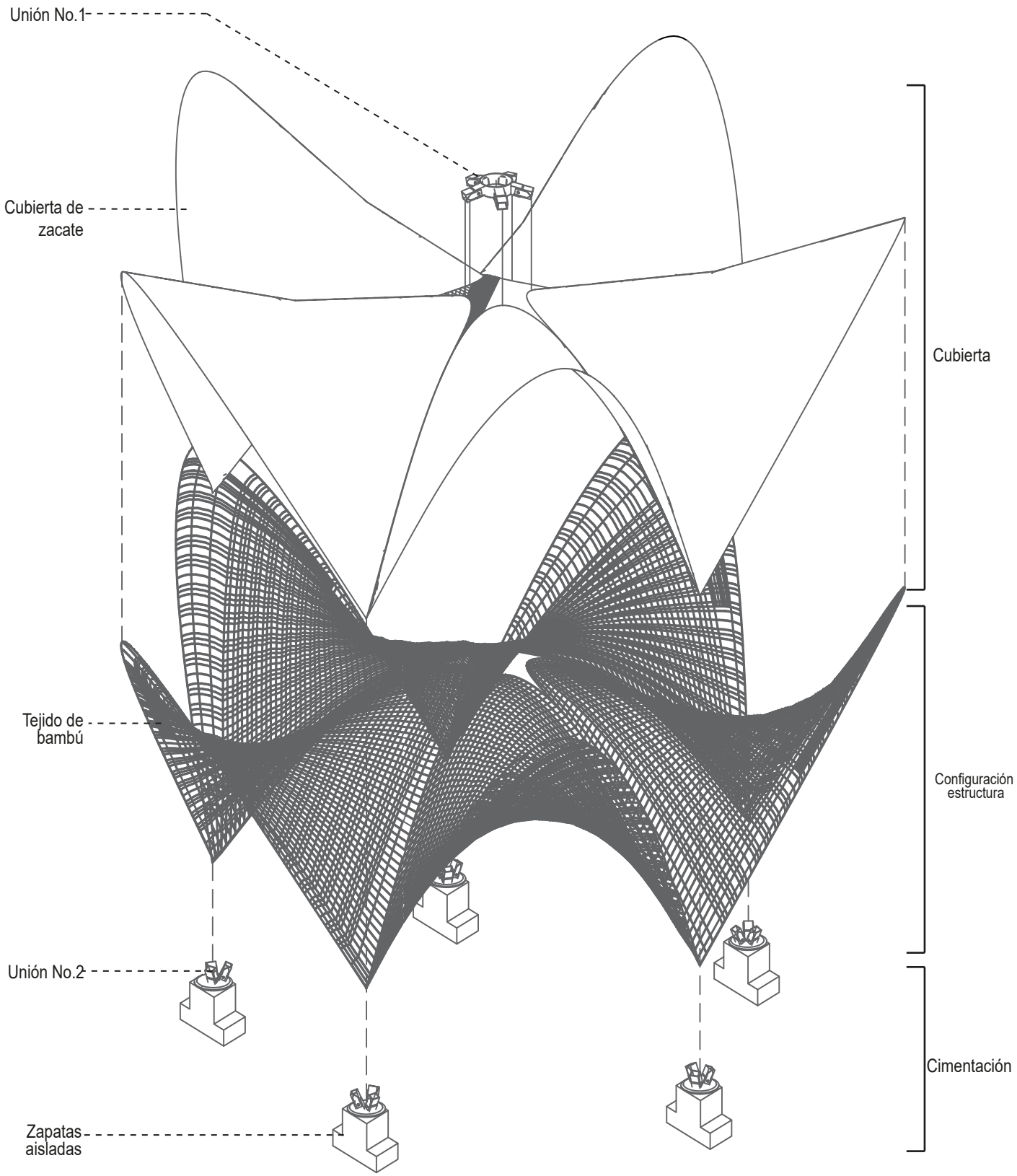


En este tipo de estructuras, los elementos que lo componen son flexibles resisten esfuerzos de cortante, actúan como losa y como elemento soportante de un mismo elemento, los elementos verticales (soportantes) crece la capacidad de carga al aumentar el claro de la losa. La carga se distribuye en partes pequeñas. El perímetro debe estar rigidizado para que no se caiga. La solución que dan estas estructuras es completa, teniendo unidad en forma y estructura.

Sistemas de estructuras: Estructura de láminas, estructura de láminas plegadas, bóvedas y cascaras.

Esfuerzos:Compresión, cortante y flexión.

El proyecto está ubicado en Tulum (México), donde se presenta una actividad sísmica baja. El proyecto se clasifica como superficie activa conformado por una serie de arcos, siendo estos la estructura de apoyo para la malla estructural tejida en doble capa, continuo y entrelazado en direcciones opuestas. Estos están sometidos a cargas de compresión, tracción y flexión, que son trasmitidas por las uniones No.1 y No.2 hasta la cimentación de zapatas aisladas.



Elaboración propia

KIM BOI BAMBOO RESTAURANT



DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Arquitectos:
Tran Ba Tiep

Vietnam

Arquitecto encargado:
Tran Ba Tiep

2016

Fot.Hoang Le
Photography

700 m2



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uso
Restaurante

Contexto
Rodeado por una selva

Forma general
Poligono

Materiales
Bambú, hormigón y tubos de metal

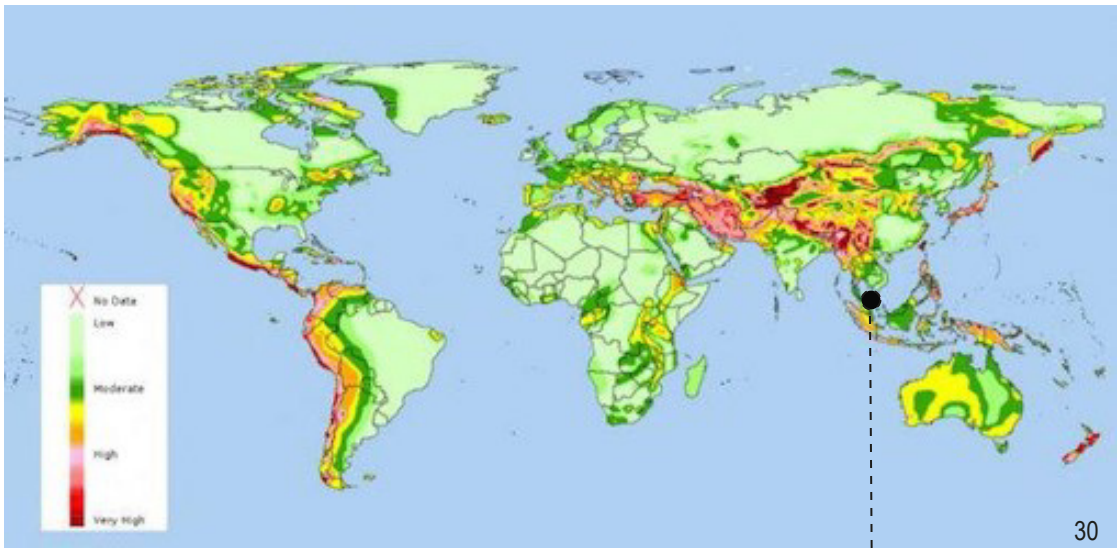
Programa arquitectonico
Comedor y cocina



Adapatado de “Restaurant Kim Boi Bamboo” por Arch Daily. 2016. https://bit.ly/3Cu5MU1

Nota. La descripción del proyecto e imagenes son tomados de Arch Daily.(2016).Restaurant Kim Boi Bamboo/Tran Ba Tiep. https://bit.ly/3C6oPnN

AMENAZA SÍSMICA



Kim Boi Bamboo Restaurant

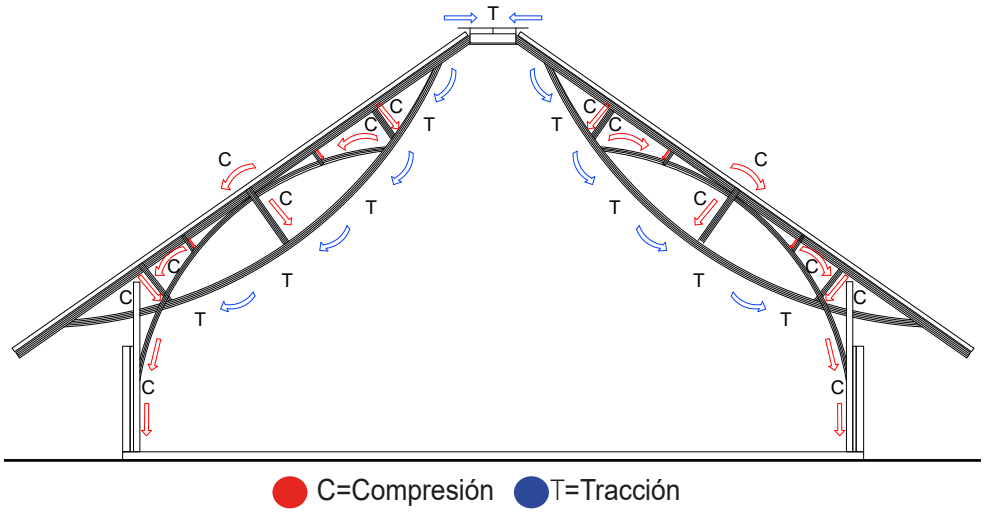
Ubicado en Vietnam, donde se presenta una amenza sísmica baja.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y TRASNMISIÓN DE CARGAS

La clasificación estructural se cataloga como vector activo. En cuanto a su estructura central se conforma por pórticos de concreto sometidos a cargas de compresión, que se unen a un sistema de cerchas en bambú como sistema secundario sometido a cargas de compresión y tracción.

Diagrama de recorrido de cargas

Vista frontal



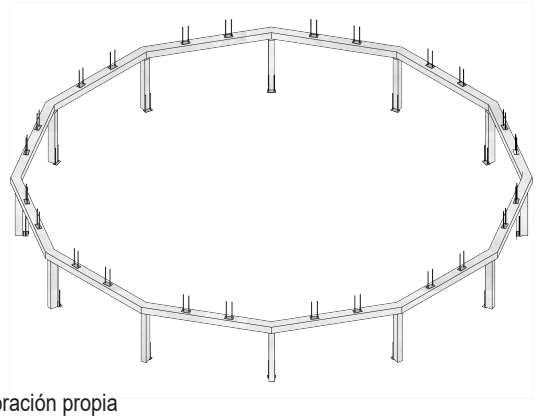
Elaboración propia

CIMENTACIÓN

Sus cimientos se componen de bases rígidas en la cual se incrustan platinas con dos varillas en posición de encaje hacia los bambúes.



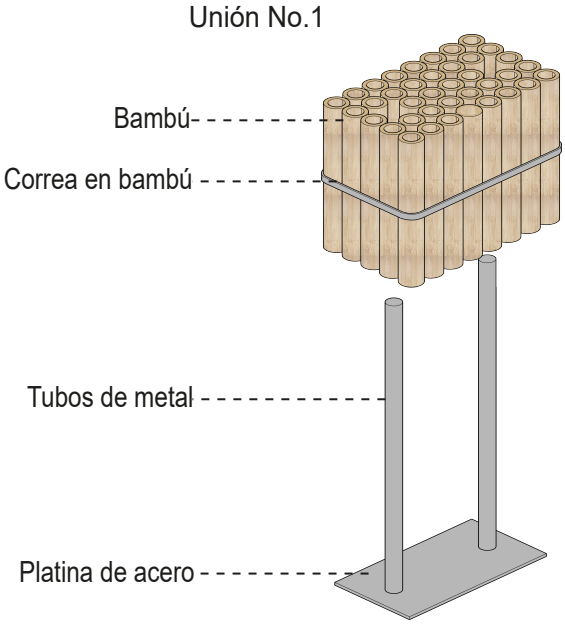
Tomado de “Restaurant Kim Boi Bamboo” por Arch Daily. 2016. https://bit.ly/3Cu5MU1



Elaboración propia

UNIONES

En la implementación de la platina de acero y las varillas se funde la unión a un grupo de bambúes de encaje.



Elaboración propia



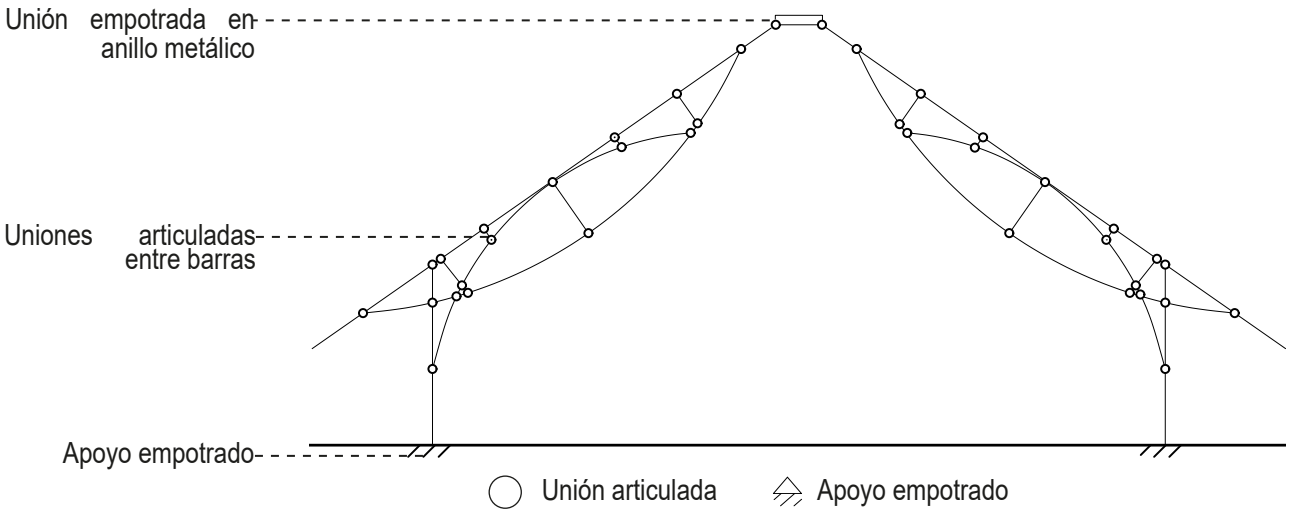
Elaboración propia



Tomado de “Restaurant Kim Boi Bamboo” por Arch Daily. 2016. https://bit.ly/3Cu5MU1

Esquema de aproximación tipo de uniones y apoyos

Vista frontal



Elaboración propia

CUBIERTA

A partir de una celosía de cerchas planas, rodeadas por anillos de bambú, los cuales están protegidos por paja.



Adapatado de “Restaurant Kim Boi Bamboo” por Arch Daily. 2016. https://bit.ly/3Cu5MU1



Elaboración propia

CONCEPTO DE LA CONFORMACIÓN ESTRUCTURAL



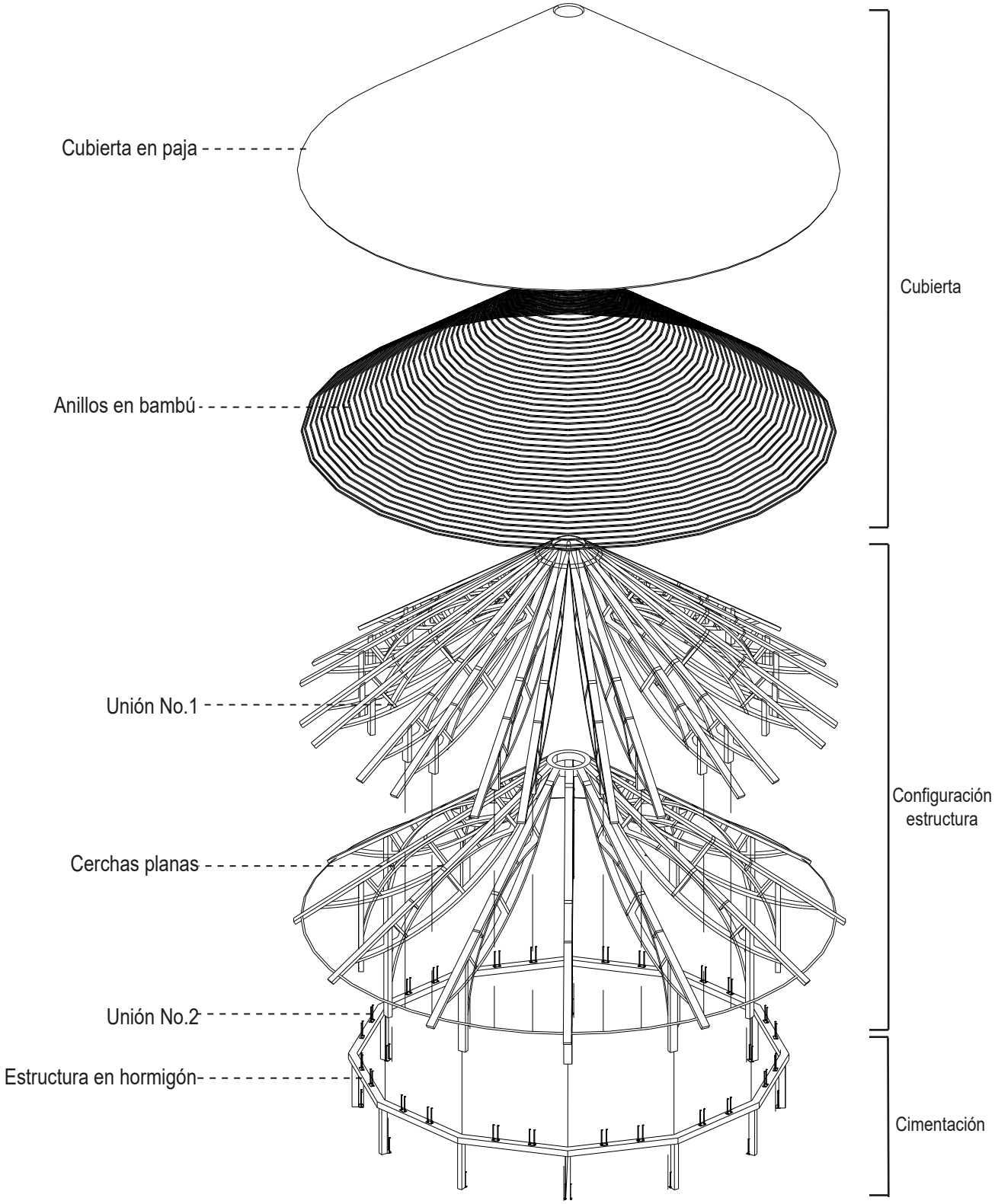
VECTOR ACTIVO

Las cargas son transmitidas con ayuda de barras que trabajan a compresión y tensión, formando nodos y ángulos que dependiendo su posición en el sistema será su forma de trabajo. Se basan en una triangulación, puede haber sistemas que trabajen en ambos sentidos.

Sistemas de estructuras: Cerchas planas, cerchas planas combinadas, cerchas curvas y mallas espaciales.

Esfuerzos: Tracción y flexión

Ubicado en Vietnam, donde se presenta una actividad sísmica moderada. El proyecto se cataloga como vector activo conformado por un polígono de doce lados, con una estructura principal de hormigón de columnas y vigas de esta se despliega una estructura secundaria la cual soporta la cubierta de forma cónica, conformada por 12 marcos cerchas concéntricas de bambú algunas se apoyan sobre una viga horizontal de borde y algunas otras llevan su apoyo directamente al pedestal de soporte en el suelo, estas están sometidas a cargas de compresión y tracción las cuales son trasmitidas por las diferentes uniones y a la cimentación superficial de concreto.



Elaboración propia

MUSEO NÓMADA



DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Arquitectos:
Simón Vélez

Ciudad de
México, Zocalo

5.130 m2

2008



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uso
Sala de exposición

Contexto
Rodeado del centro histórico de la ciudad de México

Forma general
Cuadrada

Materiales
Bambú y contenedores

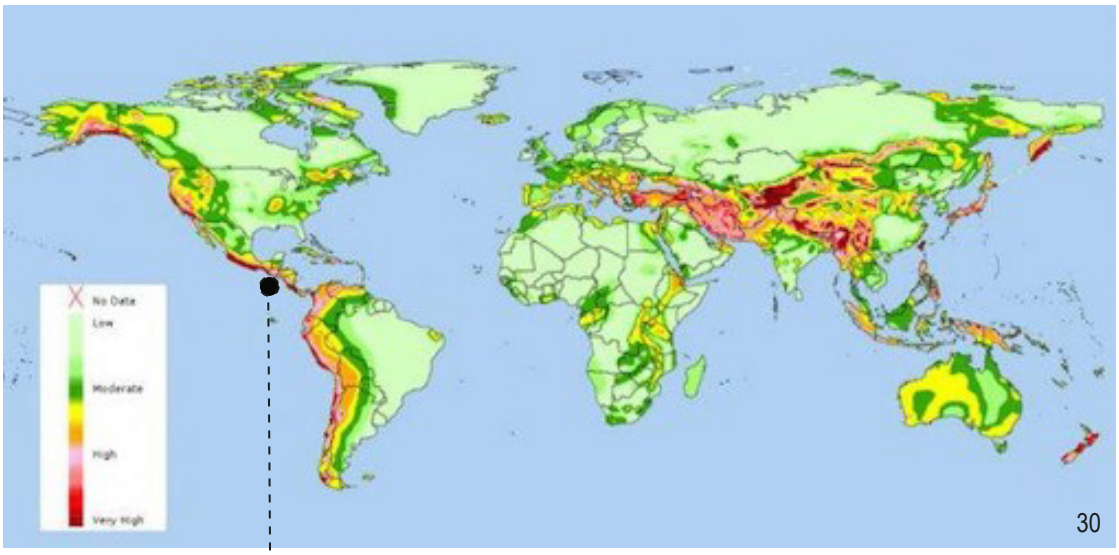
Programa arquitectónico
Galerías y teatros



Adapatado de “Arquitectura en Bambú; la obra de Simón Vélez” por Arch Daily. 2013. https://bit.ly/3yfDUk5

Nota. La descripción del proyecto e imagenes son tomados de Arch Daily.(2019).TArquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez.https://bit.ly/3w0c61W

AMENAZA SÍSMICA



Museo Nómada

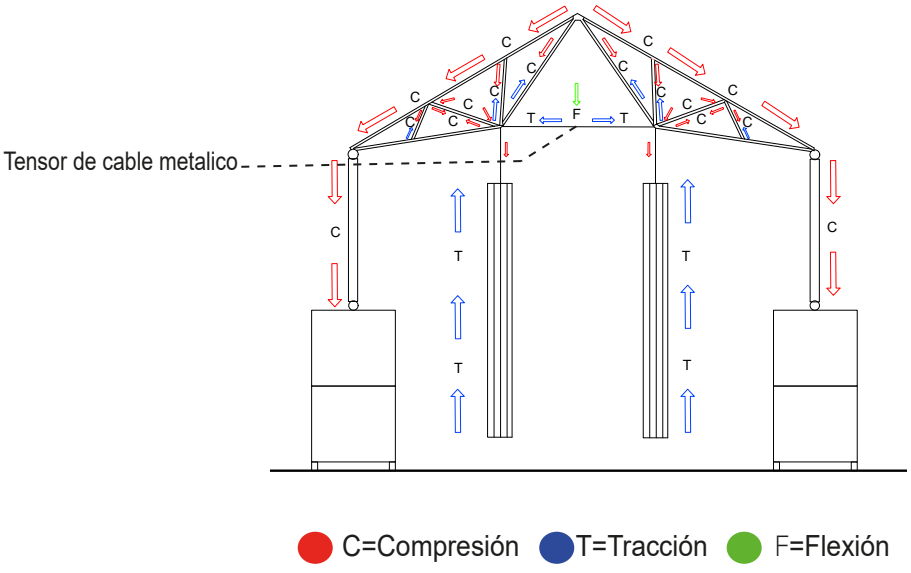
Ubicado en Ciudad de México, donde se presenta una amenza sísmica media.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y TRANSMISIÓN DE CARGAS

La clasificación estructural se cataloga como vector activo. En cuanto a su estructura se conforma por un solo nivel de doble altura, desplegando un sistema de cerchas reticuladas de simple pared que trabajan a flexión, tracción y compresión, y sus columnas a compresión que reparten sus cargas hacia los contenedores, mientras que las columnas centrales están suspendidas por medio de tensores que trabajando a tracción, funcionando como contrapeso para la estructura principal.

Diagrama de recorrido de cargas

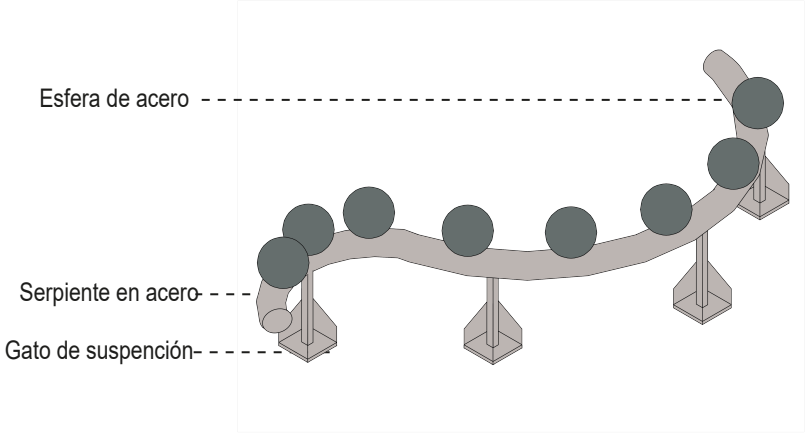
Vista frintal



Elaboración propia

CIMENTACIÓN

La cimentación se maneja a través de gatos de suspensión, conformados por tornillos y arandelas con caras en un trípode de varilla corrugada metálica, sobre estos se disponen un tipo serpientes de acero con forma de curvas cóncavas, que sostiene esferas en acero donde se apoyan los diferentes bambúes.



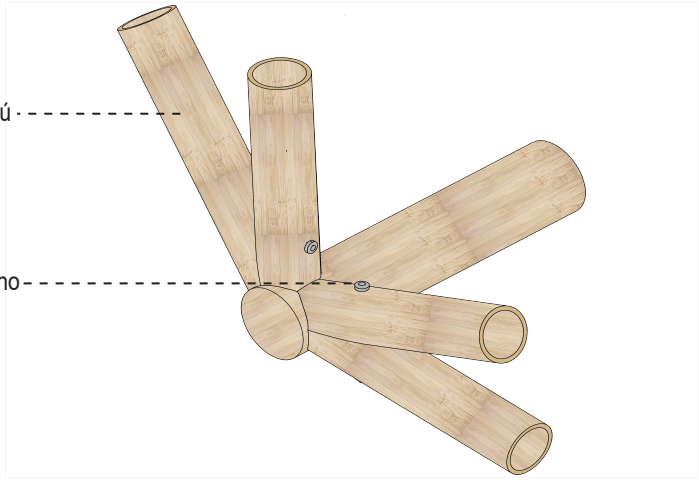
Elaboración propia

UNIONES

Los tipos de uniones que se presentan son rígidas, las cuáles están compuestas por:

Unión No.1 (Muros), unión rígida: Platina en cobre, bambú, tubos petroleros.

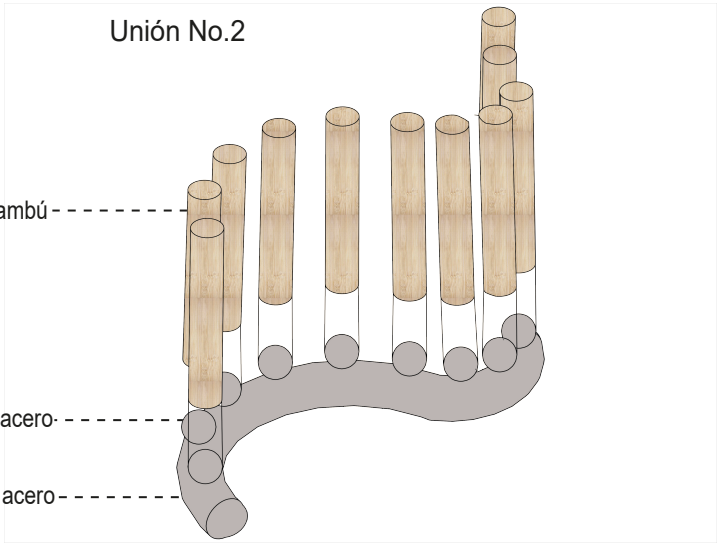
Unión No.1



Elaboración propia

Unión No.2 (Cubierta): Pernos y bambú, con una unión de ensamble al corte boca de pescado y pico de flauta.

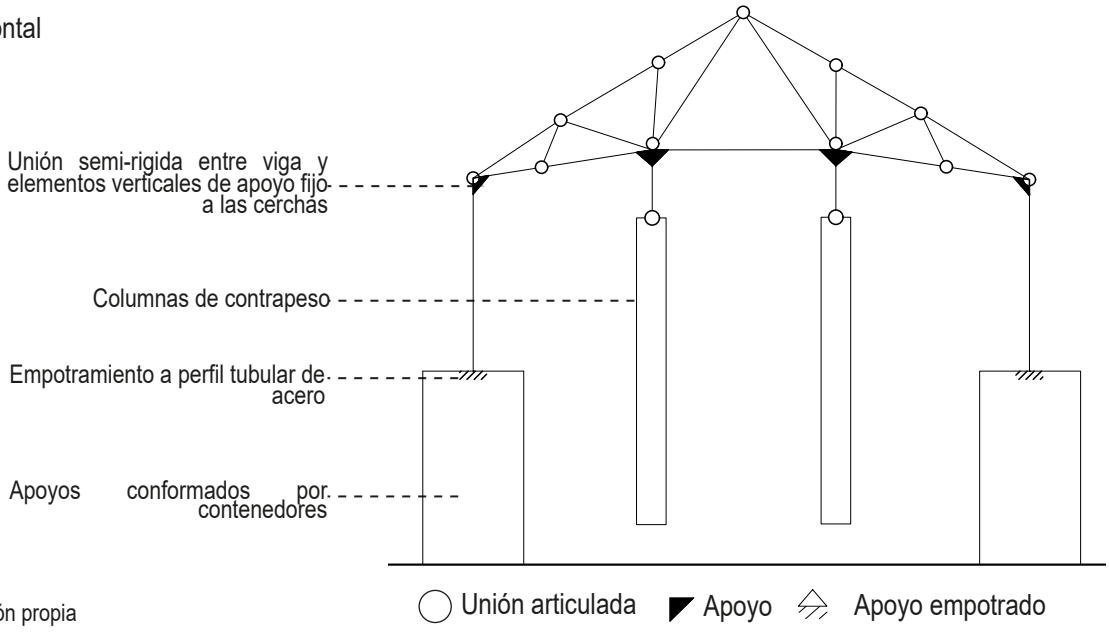
Unión No.2



Elaboración propia

Esquema de aproximación tipos de uniones y apoyos

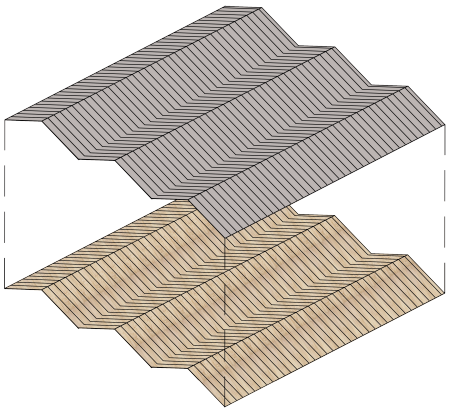
Vista frontal



Elaboración propia

CUBIERTA

Cerchas reticuladas de simple pared a dos aguas, cubiertas por una teja zinc galvanizada.



Elaboración propia

CONCEPTO DE LA CONFORMACIÓN ESTRUCTURAL



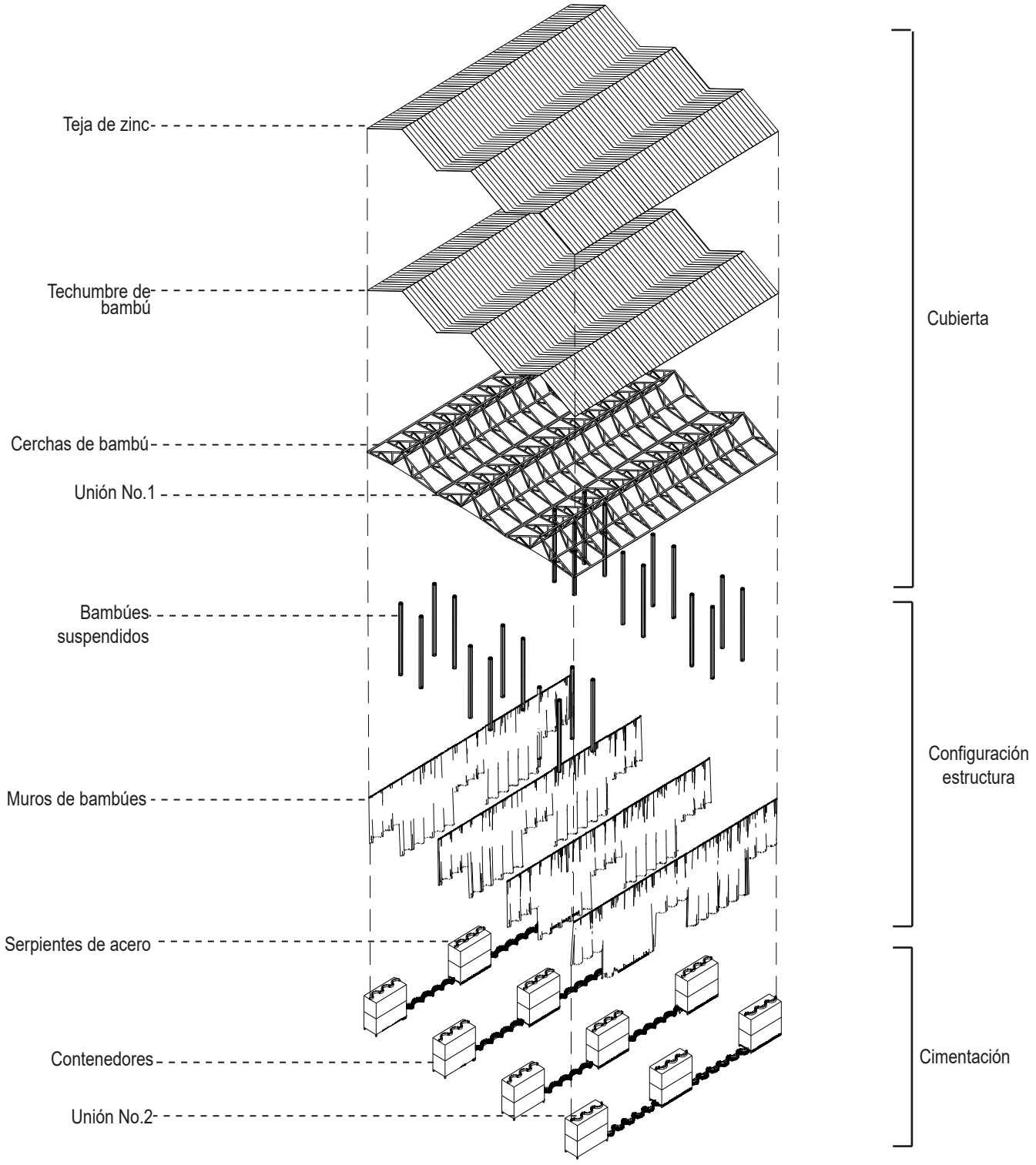
VECTOR ACTIVO

Las cargas son transmitidas con ayuda de barras que trabajan a compresión y tensión, formando nodos y ángulos que dependiendo su posición en el sistema será su forma de trabajo. Se basan en una triangulación, puede haber sistemas que trabajen en ambos sentidos.

Sistemas de estructuras: Cerchas planas, cerchas planas combinadas, cerchas curvas y mallas espaciales.

Esfuerzos: Tracción y flexión

Está ubicado en Ciudad de México, cuenta con una actividad sísmica media. El Proyecto se clasifica como vector activo, cuya estructura de cubierta de cerchas a dos aguas en sistema reticuladas de simple pared con teja galvanizada apoyada en una estructura de un solo nivel de doble altura. Estas cerchas trabajan a flexión, compresión y tracción se apoyan en columnas de bambú y contenedores. Como sistema de reagudización a las cerchas se emplean tensores lo cuales sujetan unas columnas suspendidas en el aire que funcionan como contrapeso para estabilizar las cerchas que conforman la gran luz de 20m, las cargas se transmiten por los diferentes tipos de uniones rígidas continuando por cimentación de gatos suspensión, que son atornillados con arandelas con caras en un triploide de varilla corrugada metálica, encima de estos se disponen un tipo de serpientes de acero de curvas cóncavas que son el apoyo en toda la estructura.



Elaboración propia

01

Como resultado de la revisión bibliográfica de configuraciones estructurales y normativa en bambú, donde se evidencia un déficit a nivel de representación gráfica en cuanto al desarrollo de planimetría arquitectónica y estructural específicamente detalles que muestren transmisiones de cargas por cada elemento de la composición, tipo de uniones empleadas o configuración estructural, lo cual hace que estos textos sean de difícil compresion.

Teniendo en cuenta que a nivel mundial existen más de 1250 especies de bambú y que este varía dependiendo cada región a nivel mundial siendo esto evidenciado en el estudio de sus características y propiedades, no todo el bambú cumple con los estándares para ser utilizado en la construcción. Sin embargo, el bambú que se utiliza en las edificaciones de manera estructural y no estructural como es el caso del mobiliario, decoración, etc.

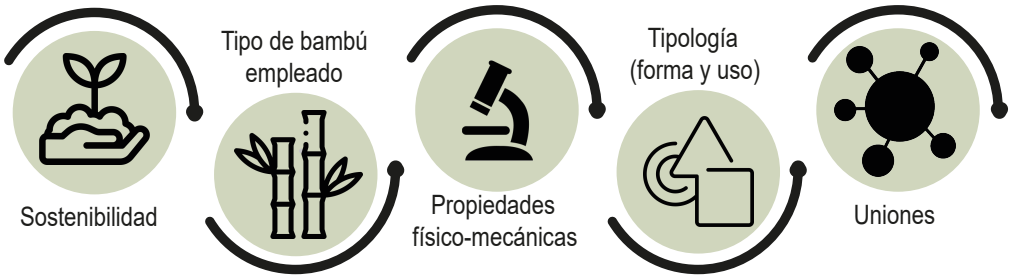
02

03

Las construcciones tradicionales han permitido tener una base en cuanto a forma, función y trasmisión de cargas como se muestra en la clasificación estructural de Henio Engel las cuales se han empleado por muchos años en materiales como madera, hormigón, metal, etc. Por otro lado, se encuentran las configuraciones en bambú que vendrían siendo no convencionales las cuales tienen como principio las estructuras convencionales antes mencionadas, estas con la ventaja de que se construyen en menor tiempo, con poco presupuesto, son sostenibles, etc. Influyendo asi en la innovación del material y de los sistemas estructurales permitiendo un nuevo desarrollo o incluso la exploración de otros.

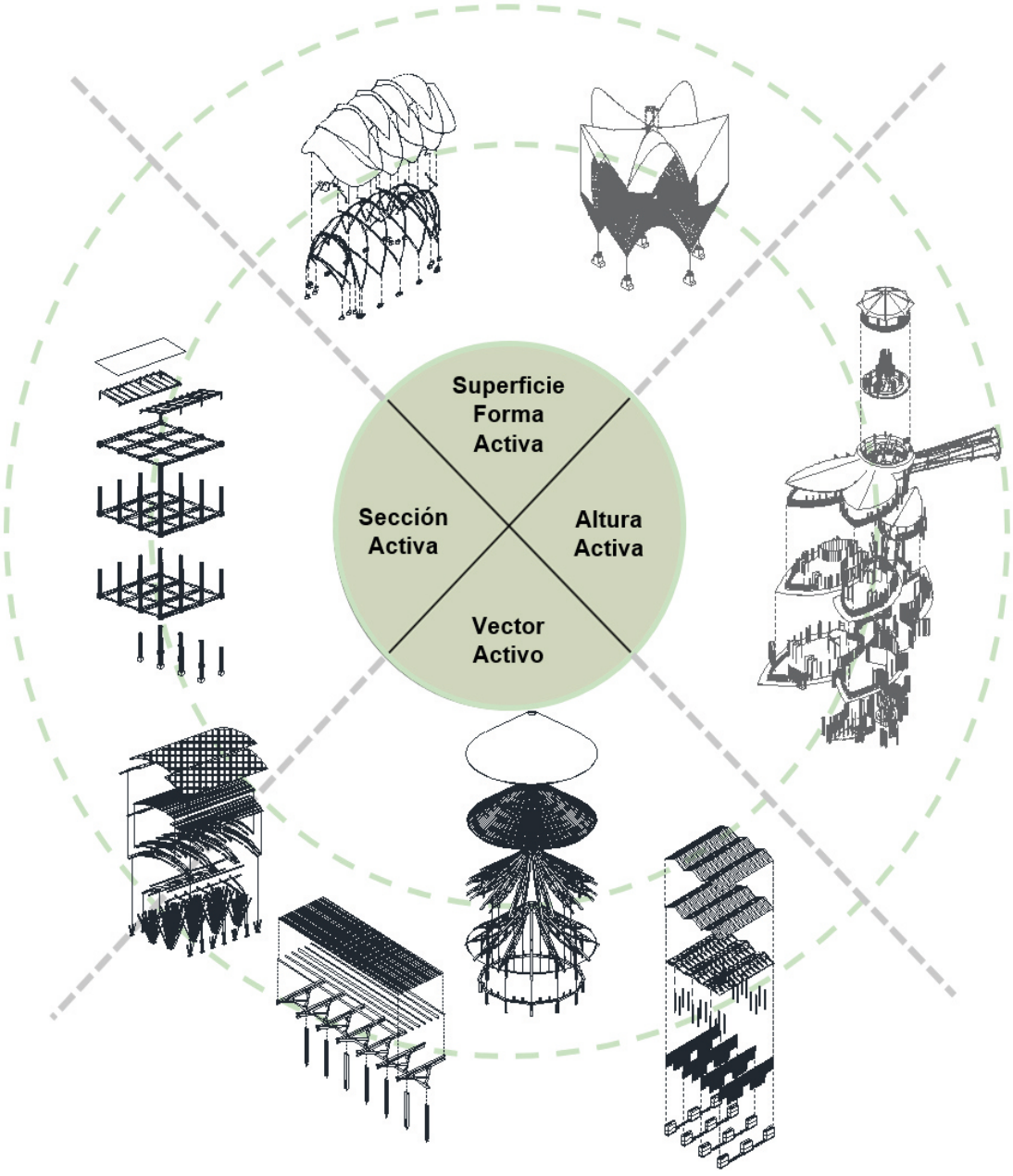
Los principales elementos de las estructuras en bambú que precisamente hacen que el material sea versátil y pueda ser utilizado en diferentes configuraciones estructurales.como:

04



05

Como se observa en el diagrama, se encuentra que la mayoría de los proyectos objeto de estudio analizados se clasifican como vector activo, siendo el sistema más utilizado ya que se conforman por barras que realizan una descomposición vectorial a esfuerzos a compresión, tracción y flexión. A su vez, el entrelazado de estructuras da como resultado la función hibrida como es el caso de la superficie activa y forma activa, son el segundo sistema más usado debido a que tienen como característica el soporte de las cargas por su envolvente. Por último, la configuración estructural menos empleada es la de altura activa, debido a su construcción compleja que requiere una concentración de cargas en elementos rígidos que se extienden de forma vertical. Por último, de ellos se toma que cada uno puede tener una clasificación propia.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 .....Tomado de “Guadua Bamboo” por Guadua Bamboo SAS. 2022. (https://bit.ly/3BmgLgw)

Figura 2 .....Tomado de “Manual de construcción con bambú” por L. Aguilar. 2018. (https://bit.ly/3BNQbys)

Figura 3 .....Tomado de “A que escala es rentable la industrialización de bambú?” por J. Stamm. 2016. (https://bit.ly/3BKRtKw)

Figura 4 .....Tomado de “Limpieza del bambu” por vcTECbamboo. 2009. (https://bit.ly/3yi5Xj1)

Figura 5 .....Tomado de “Proceso de secado de las cañas de bambú” por agricheap. s.f. (https://bit.ly/3BNcdQv)

Figura 6 .....Tomado de “Inmunizantes” por Guadua bambu Colombia. s.f. (https://bit.ly/3QM1laZ)

Figura 7 .....Tomado de “Bambu y guadua construcciones” por Bambu y guadua construcciones. 2021. (https://bit.ly/3QRmXmD)

Figura 8 .....Tomado de “Secado al sol de las cañas de bambú” por agricheap. s.f. (https://bit.ly/3dFEYqx)

Figura 9 .....Tomado de “Tableros de bambú” por Leekaomeng. s.f. (https://bit.ly/3RUZ0Mo)

Figura 10 .....Tomado de “Muro enchapado con Bambú 01” por J. Mogollón. s.f. (https://bit.ly/3BmhcY7)

Figura 11.....Tomado de “Cómo mantener la humedad en los pisos de bambú con el uso del humidificador y otros cuidado ensenciales” por H2O TEK. 2019. (https://bit.ly/3BrZNgZ)

Figura 12 .....Tomado de “El bambú como refuerzo estructural” por Ingegeek. 2021. (https://bit.ly/3BKZqPS)

Figura 13 .....Tomado de “Construcción con bambú en Colombia” por J. López. 2020. (https://bit.ly/3QRu7XN)

Figura 14 .....Tomado de “Techo de bambu” por MOSO. s.f. (https://bit.ly/3Sd23za)

Figura 15.....Tomado de “Puentes de bambú en suramérica, una solución de ingenería ecológica y económica” por Huellas Arquitectura. 2016. (https://bit.ly/3UbsVBD)

Figura 16 .....Tomado de “Andamio de bambú” por Dremstime. s.f. (https://bit.ly/3BL10Bk)

Figura 17 .....Tomado de “Cuadros en lienzo partenón en la acrópolis de atenas” por Pixers. s.f. (https://bit.ly/3dkjq2p)

Figura 18 .....Tomado de “Las cúpulas de doble curvatura” por P. Bolufer. 2014. (https://acortar.link/l2v07N))

Figura 19 .....Tomado de Foursquare. 2013.(https://acortar.link/PI3iW1)

Figura 20 .....Tomado de “Flexión” por Anónimo. s.f. (https://acortar.link/VKHS8o)

Figura 21 .....Tomado de “Flexión” por Anónimo. s.f. (https://acortar.link/VKHS8o)

Figura 22 .....Tomado de “Estructura cubierta guadua” por C. Zuluaga. 2010. (https://acortar.link/iQW3IP)

Figura 23 .....Tomado de Totora la chimba. 2019. (https://acortar.link/mkQPnh)

Figura 24 .....Tomado de “Estructuras neumáticas” por L. Basset. s.f. (https://acortar.link/3OLmIy)

Figura 25 .....Tomado de “Aviario para el Zoo de Múnich” por Frei otto. s.f. (https://bit.ly/3gGnQ5l)

Figura 26 .....Tomado de “AD Clásicos: Los Manantiales / Félix Candela” por M. Miller. 2014. (https://acortar.link/IRrMgA)

Figura 27 .....Tomado de “Techo de gancha” por Conbam. 2005. (https://acortar.link/L2Rhax)

Figura 28 .....Tomado de “Diseño e instrumentación geotécnica de la presa de la presa pillones - arequipa” por J. Hurtado. 2006 (https://acortar.link/6kQel9)

Figura 29 .....Tomado de “Estructura de techo de madera. Techo de madera laminada pegada” por Alamy. 2020. (https://acortar.link/o6aPdB)

Figura 30.....Tomado de “¿El fracking o estimulación hidráulica provoca terremotos” por Asociación Colombiana del Petróleo y Gas. s.f. (https://bit.ly/3zloT0x)

Arango, M. (2011). Posibilidades de la guadua para la mitigación del cambio climático. https://bit.ly/3lvjYTH

Aguilar, L. (2018). Manual de construcción con bambú. https://issuu.com/permatree/docs/manual_de_construccion_con_-bamboo

Anónimo. (s.f.). Flexión. https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/43_flexin.html

Alamy. (2020). Estructura de techo de madera. Techo de madera laminada pegada. https://www.alamy.es/estructura-de-techo-de-madera-techo-de-madera-laminada-pegada-image399034742.html

Arch Daily. (2013). Arquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez. https://www.archdaily.co/co/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez

Arch Daily. (2017). Energy Efficient Bamboo House / Studio Cardenas Conscious Design. https://www.archdaily.co/co/868922/energy-efficient-bamboo-house-studio-cardenas-conscious-design

Arch Daily. (2019). Templo luum / CO-LAB Design Office. https://www.archdaily.co/co/919123/templo-luum-co-lab-design-office

Arch Daily. (2018). La Ceiba / Lucila Aguilar Arquitectos. https://www.archdaily.co/co/903308/la-ceiba-lucila-aguilar-arquitectos

Arch Daily. (2016). Restaurant Kim Boi Bamboo / Tran Ba Tiep. https://www.archdaily.co/co/795077/restaurant-kim-boi-bamboo-tran-ba-tiep

Arch Daily. (2019). Sharma Springs / IBUKU. https://www.archdaily.co/co/769210/sharma-springs-ibuku

Arch Daily. (2022). El Arco de Green School/IBUKU. https://www.archdaily.co/co/976725/el-arco-en-green-school-ibuku

Arch Daily. (2010). The Green School / PT bambu. https://www.archdaily.co/co/610362/the-green-school-pt-bambu

Arch Daily. (2011). ¿Qué es el diseño paramétrico?. https://www.archdaily.co/co/02-118243/%25c2%25bfque-es-el-diseno-parametrico#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20param%C3%A9trico%20es%20la,esta%20nueva%20forma%20de%20dise%C3%B1o

Agricheap. (s.f.). Secado al sol de las cañas de bambú. https://www.agricheap.com/el-bambu/fotos-proceso-bambu-secado-natural/

Archello. (s.f.). Casa de bambú de bajo consumo. https://archello.com/project/energy-efficient-bamboo-house

Asociación Colombiana del Petróleo y Gas. (s.f.). ¿El fracking o estimulación hidráulica provocada terremotos?. https://acp.com.co/web2017/es/todo-sobre-el-fracking/328-mitos-y-verdades-del-fracking/835-el-fracking-o-estimulacion-hidraulica-provoca-terremotos

AD. (s.f.). Apple TV+:'Home' es la nueva serie estelar sobre las casas más vanguardistas del mundo. https://www.architecturaldigest.in/content/apple-tv-plus-home-new-series-show-look-inside-the-worlds-most-avant-garde-houses-architecture/

Archilovers. (2017). Casa de bambú de bajo consumo I Mauricio Cárdenas Laverde Estudio Cárdenas Diseño Consciente. https://www.archilovers.com/projects/271473/energy-efficient-bamboo-house.html

Camacho, V Páez, I. (2002) Estudio de conexiones en guadua solicitadas a momento flector [Tesis para otra a título de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional de Colombia. https://docplayer.es/76235550-Estudio-de-conexiones-en-guadua-solicitadas-a-momento-flector-victor-manuel-camacho-reyes-isduar-humberto-paez-ramos.html

Conbam. (2005). Techo de gancha. https://www.conbam.info/pagesES/entwuerfe.html

Correa, Y. (2014). TITULO G NSR-10 Estructuras de madera y Estructuras de guadua [Presentación]. Muestra de construcción sostenible biocasa 2010, Hábitat y Desarrollo Sostenible, Colombia. https://www.slideserve.com/yaholo/titulo-g-nsr-10-estructuras-de-madera-y-estructuras-deguadua

Bambusa Espinosa. (2016). Hotel extensión / Ampliación hotel. https://www.bambusaespinosa.com/projects-proyectos/hotel-palenque/

Bambu y guadua construcciones. (2021, junio 15). Bambu y guadua construcciones.[Imagen adjunta]. Facebook. https://www.-facebook.com/HNDbioconstructores/photos/pb.100063560320730.-2207520000../955578468576461/?type=3

Bolufer, P. (2014). Las cúpulas de doble curvatura. https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/120256-Las-cupulas-de-doble-curvatura.html

Basset, L. (s.f.). Estructuras neumáticas. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30383/Estructuras%20neum%C3%A1ticas.pdf

Bambuksa desarrollo sostenible. (2022,14, junio). Conociendo al bambú [Video]. Zoom. https://us02web.zoom.us/rec/play/AV1M9G1KrolR2XFvtMULItUdSK-dZupCeQXkrQx0LGxiK9gUybY_cyL1d8qUMUsPVE_OXyg60aGoNQTE.1qbaGmFGa0XlGlML?continueMode=true&_x_zm_rtaid=WFWtcAnhSnynkGD4VVn2lw.1666568741550.92c31281dc164d83a967cd0a9355edfc&_x_zm_rhtaid=431
Dremstime. Andamio de bambú. https://es.dreamstime.com/fotos-de-archivo-andamio-de-bamb%C3%BA-image8088583

Darwin, F. (2014). Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia con fines estructurales [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/366

Dreamstime. (s.f.). Andamio de bambú. https://es.dreamstime.com/fotos-de-archivo-andamio-de-bamb%C3%BA-image8088583

Foursquare. (2013). https://es.foursquare.com/v/aviario/4f7c9830e4b0de4ca219975f

Frei otto. s.f. Aviario para Zoo de Múnich. https://www.epdlp.com/edificio.php?id=5349

Guadua Bamboo SAS. (2022). Guadua Bamboo. https://www.guaduabambu.com.co/blog/suelos-optimos-para-el-cultivo-del-bambu-guadua

Guadua bambu Colombia. (s.f). Inmunización. https://guaduabambucolombia.co/inmunizantes/

Green Village. s.f. A bamboo villa overlooking the Sacred River of Bali. https://greenvillagebali.com/houses/sharma-springs/

H2O TEK. (2019). Cómo mantener la humedad en los pisos de bambú con el uso del humidificador y otros cuidados esenciales. https://humidificadores.mx/noticias/como-mantener-la-humedad-en-los-pisos-de-bambu-con-el-uso-del-humidificador-y-otros-cuidados-esenciales/

Huella Arquitectonica. (2016). Puentes de bambú en suramérica, una solución de ingenería ecológica y económica. https://huellasdearquitectura.com/2016/04/11/puentes-de-bambu-en-suramerica-una-solucion-de-ingenieria-ecologica-y-economica/

Hurtado, J. (2006). Diseño e instrumentacción geotécnica de la presa pillones- arequipa. [97]. Universidad Nacional “Santiago Antunez de Mayolo”. https://www.jorgealvahurtado.com/files/Diseno%20Presa%20Pillones.pdf

Ingegeek. (2021). El bambú como refuerzo estructural. https://www.ingegeek.site/2021/11/16/el-bambu-como-refuerzo-estructural/

Leekaomeng. s.f. Tableros de bambú. https://www.freepik.es/fotos-premium/tableros-bambu_2663857.htm

López, J. (2020). Construcción con bambú en Colombia. https://disenarparalavida.com/construccion-con-bambu-en-colombia/?consent=none&ref-original=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

Lucila, A. (2018). Lucila Arguiler Arquitectos. https://www.world-architects.com/ja/lucila-aguilar-arquitectos-santa-fe/project/la-ceiba

Mogollón, J. (s.f.). Muro enchapado con Bambú 01. https://co.pinterest.com/pin/714594665848405116/?nic_v3=1a2jSPvYd

MOSO. (s.f.).Techo de bambu. https://www.moso-bamboo.com/es/solicitudes/techo-bambu/

Miller, M. (2014). AD Clásicos: Los Manantiales / Félix Candela. https://www.archdaily.com/496202/ad-classics-los-manantiales-felix-candela

Montoya, J. (2008). Evaluación de métodos para la preservación de la guadua angustifolia Kunth. Scientia et technica, 14, 443 – 447. https://www.redalyc.org/pdf/849/84903878.pdf

Pixers. (s.f.). Cuadros en lienzo partenón en la acrópolis de atenas. https://pixers.es/cuadros-en-lienzo/partenon-en-la-acropolis-de-atenas-61661412#cuadros-en-pvc

Real academia española. (2001). Geometría. https://www.rae.es/drae2001/geometr%C3%ADa

Stamm, J. (2016). A que escala es rentable la industrialización de bambú?. https://worldbamboo.net/3cmb2016/Jorg%20Stamm.pdf

Soler, P. (2017). Uso del bambú en la arquitectura contemporánea. Universidad Politécnica de Valencia. https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106203/SOLER%20-%20CSA-F0111%20Uso%20del%20bamb%C3%BA%20en%20la%20arquitectura%20contempor%C3%A1nea.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Totora la chimba. (2019). Armazón de quitasol, 3 metros. https://www.facebook.com/108818897233946/posts/121645412617961/

Tripadvisor. (s.f.). https://www.tripadvisor.co/Attraction_Review-g6940266-d2318011-Reviews-or35-Green_School_Tours-Abiansemal_Bali.html

Universidad de la empresa. (s.f.). ¿Qué entendemos por algoritmo?. https://ude.edu.uy/que-son-algoritmos/#:~:text=en%20nuestras%20vidas-,Si%20miramos%20la%20definici%C3%B3n%20de%20la%20Real%20Academia%20Espa%C3%B1ola%2C%20nos,la%20soluci%C3%B3n%20de%20un%20problema%E2%80%9D

vcTECbamboo. (2009). Limpieza del bambu. YouTube.https://www.youtube.com/watch?v=vhKKHSxLqkw

Widyowijatnoko, A. (2012). Traditional and innovative joints in bamboo construction. https://www.yumpu.com/en/document/view/10759716/traditional-and-innovative-joints-in-bamboo-