

SISTEMA DE UNIÓN Y ENSAMBLE PARA BAMBÚ - AVECE

Jorge Batres
José Carranco

COPYRIGHT

Cómo citar:
Batres, J. y Carranco, J. (2025). Sistema de unión y ensamble para bambú AVECE. Universidad Regional Amazónica Ikiam, Ecuador.

ISBN: 9789942442178

Impreso en Ecuador
Primera edición: abril 2023
Segunda edición: mayo 2025 © Meilly Guin, Kaina Alcivar.
Esta es una reedición del "Sistema AVECE" (Agregando Valor Ecológico a las Conexiones Estructurales de Bambú), desarrollado con la participación de los siguientes profesionales y colaboradores:

Edición general y diseño editorial: Meilly Guin, Erick Moreira.
Ilustraciones: Kaina Alcivar
Fotografías: Equipo AVECE
Revisión general: PhD. Jorge Batres y Mgs. José Carranco.
El Sistema AVECE se encuentra en proceso de patente. Todos los derechos reservados.
El proyecto "Agregando Valor Ecológico a las Conexiones Estructurales con Bambú (AVECE)" se ejecutó con el apoyo financiero de INBAR y AECID, y la colaboración de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, durante su primera fase en el año 2022.

Para la segunda fase se contó con el financiamiento de CEDIA y la cooperación académica e institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH, y de la Universidad Técnica de Ambato, UTA, en el año 2024.
Los artículos de este volumen están registrados bajo la licencia de Creative Commons CC BY-NC-SA. No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.
Son reservados todos los derechos para las ilustraciones y fotografías de este volumen. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escritura de los titulares. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Una publicación de la Editorial CEDIA, arbitrada por pares académicos de doble ciego.

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

PhD. Jorge Batres

INVESTIGADORES:

PhD. Andrea Jaramillo, Fase 1
Mgs. Fredy Llulluna, Fase 1
Mgs. José Carranco, Fase 2
Mgs. Angel Chicaiza, Fase 2
Mgs. Luis Chavez, Fase 2
Mgs. Jéssica Medina, Fase 2
Mgs. Gabriel Masón, Fase 2
PhD. Carmen Samaniego, Fase 2
Mgs. Raquel Colcha, Fase 2

AYUDANTES DE INVESTIGACIÓN:

FASE1: DESARROLLO
Lizbeth María Puchaicela Lozano
Hector Arom Mendez Narvaez
Samay Emanuel Guaña Quinchiguango
Diana Estefania Ronquillo Enriquez
Javier Andres Aguilar Rojas

FASE 2: DISEÑO Y APLICACIÓN
Kianna Margoth Tapia Villa
Doris Daniela Tabango Escobar
Estaban Joel Naranjo Ortiz
Dennis Jose Chiliquinga Chanaluisa
Jenny Mariela Shiguango Aguinda.
Karol Mayte Echeverria Simbaña

APOYO EN CONSTRUCCIÓN:

Karen Lizeth Moncayo Gaona
Eduardo Xavier Soria Collaguazo
Cristian René Pavón Proaño
Jhon Alexander Morales Cevallos



Recibido: 30 de junio, 2025

Aceptado: 05 de agosto, 2025
Publicado: 09 de febrero, 2026

INSTITUCIONES:

Universidad Regional Amazónica Ikiam
Km 8 vía Muyuna, Tena
San Juan de Muyuna 150101, Napo, Ecuador
E-mail: secretaria.general@ikiam.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Km 1 1/2 Panamericana Sur, EC 060155
Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
E-mail: info@espoch.edu.ec

Universidad Técnica de Ambato
Av. Los Chasquis y Río Cutuchi, 180103
Ambato, Tungurahua, Ecuador
E-mail: secretariageneral@uta.edu.ec.

CEDIA, Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la
Investigación y la Academia, Gonzalo Cordero 2 - 122 y
José Fajardo, Cuenca, Azuay, Ecuador.
E-mail: info@cedia.org.ec

INBAR, Organización Internacional del Bambú y el Ratán
P.O. Box 100102-86, Beijing 100102.
E-mail: info@inbar.int

AECID, Agencia Española de Cooperación Internacional para
el Desarrollo.
12 de Octubre y Luis cordero, Edificio World Trade Center,
Torre B, Piso 13, Quito, Pichincha, Ecuador.
E-mail: oce.ecuador@aecid.es



SISTEMA DE UNIÓN Y ENSAMBLE PARA *BAMBÚ*

AVECE
Segunda edición

SEMILLA: Inicio

Presentación	10
Introducción	11
Glosario Técnico	14

BROTE: Antecedentes

Contexto	18
Problemática	22
Metodología	24
Origen del sistema	26
Principios del Sistema	27

TALLO: Elementos del Sistema AVECE

Sistemas de Conexiones	30
Elementos para Conexiones	33

CULMO: Aplicación práctica

Componentes del Sistema	40
Proceso de Ensamblaje	41

FLORACIÓN: Mantenimiento y Recomendaciones

Preservación del Bambú	55
Cuidado del Sistema	58
Solución de problemas	60
Programa de mantenimiento	61

Epílogo

Reflexiones finales	65
---------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía	66
--------------	----



PRESENTACIÓN

La Universidad Regional Amazónica Ikiam, junto con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la Universidad Técnica de Ambato, CEDIA, INBAR y AECID, se complacen en presentar la segunda edición del Sistema AVECE, una propuesta que refleja el compromiso de estas instituciones por fomentar alternativas de construcción sostenibles y accesibles para la sociedad ecuatoriana.

El Sistema AVECE es el resultado de un esfuerzo colectivo que inició en 2022 y que se ha consolidado a través de varias fases de investigación, prototipado y validación en campo. Se trata de una innovación que facilita el uso del bambú como material estructural, aportando eficiencia, estética y valor ecológico a un recurso natural de enorme potencial. Su desarrollo no solo responde a necesidades técnicas de la ingeniería y la arquitectura, sino también a la urgencia de contar con materiales y procesos que reduzcan el impacto ambiental de la construcción.

Esta publicación está dirigida a profesionales, estudiantes y personas interesadas en explorar alternativas constructivas que respeten el entorno. Con un lenguaje claro y recursos gráficos que acompañan cada explicación, se ofrece una guía completa para comprender y aplicar el sistema en distintos contextos. La propuesta que aquí se expone busca democratizar el conocimiento, de modo que pueda ser replicado y adaptado a realidades diversas, siempre bajo principios de sostenibilidad.



Foto No. 01. Conexión estructural de bambú con disco de contacto

La imagen muestra una unión entre culmos de bambú mediante el uso de discos de contacto fabricados en madera semidura.

INTRODUCCIÓN

La segunda edición del sistema AVECE muestra los avances técnicos logrados entre 2023 y 2024, dos años después de haber concebido la idea en el año 2022 para potenciar el uso del bambú en la construcción sostenible en Ecuador. Su propósito principal es ofrecer soluciones prácticas a una de las limitaciones más importantes que ha enfrentado este material: la dificultad de realizar conexiones estructurales eficientes, estandarizadas y sostenibles.

Tradicionalmente, los ensambles en bambú han requerido un trabajo artesanal minucioso, donde cada unión es única e irrepetible. Aunque esta práctica refleja la riqueza cultural del oficio, también presenta limitaciones técnicas y económicas, pues demanda tiempo, mano de obra especializada y, en muchos casos, la incorporación de materiales industrializados como acero o cemento. Estos elementos, si bien hacen un aporte en resistencia, también incrementan el costo, aumentan el impacto ambiental y desvirtúan la esencia ecológica del bambú.

El Sistema AVECE surge como una respuesta directa a esta problemática. A través de conectores prefabricados con maderas duras o semiduras, se logra aumentar la superficie de contacto entre culmos, reducir la rigidez excesiva de los rellenos tradicionales y simplificar los procesos de montaje, entre otras cosas. De esta manera, el bambú se convierte en un recurso más confiable y accesible para arquitectos, ingenieros y constructores interesados en aprovecharlo como material estructural.

Esta publicación está pensada para guiar al lector de forma clara y gradual. Comienza situando el contexto ambiental y social que motiva esta propuesta, destacando los desafíos y las oportunidades que ofrece el bambú en el sector de la construcción. Luego presenta de manera detallada los componentes del sistema, sus principios de funcionamiento y las instrucciones necesarias para su aplicación práctica. Finalmente, se incluyen recomendaciones de mantenimiento,

SEMILLA



con el fin de garantizar la durabilidad del sistema y preservar sus cualidades en el tiempo.

Más allá de su estructura técnica, este documento busca transmitir la convicción de que es posible innovar sin perder de vista la sostenibilidad. El bambú, al ser un recurso renovable y abundante en Ecuador, ofrece una alternativa real para responder a los desafíos ambientales del cambio ambiental global. Su incorporación en la construcción no solo implica beneficios ecológicos, sino también sociales y económicos, ya que abre la puerta a procesos más inclusivos y a la creación de soluciones adaptadas a distintas realidades.

En este sentido, el Sistema AVECE no es únicamente un conjunto de piezas y procedimientos, sino también una invitación a repensar cómo y con qué construimos. La expectativa de su reedición es que esta publicación motive a explorar, experimentar y replicar sus propuestas, contribuyendo a fortalecer una cultura constructiva que combine rigor técnico, creatividad y respeto por la naturaleza.

El desarrollo de este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de numerosas personas e instituciones. Se agradece especialmente a INBAR y AECID por su respaldo financiero y técnico en la primera fase del proyecto, así como a CEDIA por el financiamiento en su segunda etapa. Se extiende el reconocimiento a las tres universidades involucradas en la innovación: Universidad Regional Amazónica Ikiam, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Universidad Técnica de Ambato, por su compromiso académico y la confianza depositada en este proceso. Se deja constancia también de la gratitud a los investigadores y estudiantes que, con dedicación y entusiasmo, contribuyeron en las distintas fases del proyecto, desde el prototipado hasta la validación práctica del sistema. Finalmente, se agradece a todas las personas que participaron en los talleres y pruebas de campo, pues su experiencia y retroalimentación fueron clave para enriquecer esta publicación. A todas y todos, ¡muchas gracias!



Foto No. 2. Montaje de prototipo estructural AVECE
La imagen muestra el ensamblaje de un prototipo estructural con el sistema AVECE.

GLOSARIO TÉCNICO

Bambú gigante: Nombre común del *Dendrocalamus asper*, una especie de bambú originaria del sudeste asiático, introducida en Ecuador por sus cualidades para la construcción. Se caracteriza por su rápido crecimiento y por alcanzar alturas que pueden oscilar entre los 20 y 30 metros en condiciones favorables. Ampliamente utilizada en la construcción debido a su resistencia y disponibilidad.

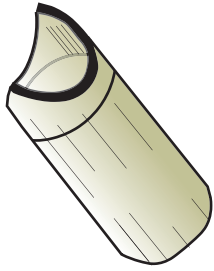
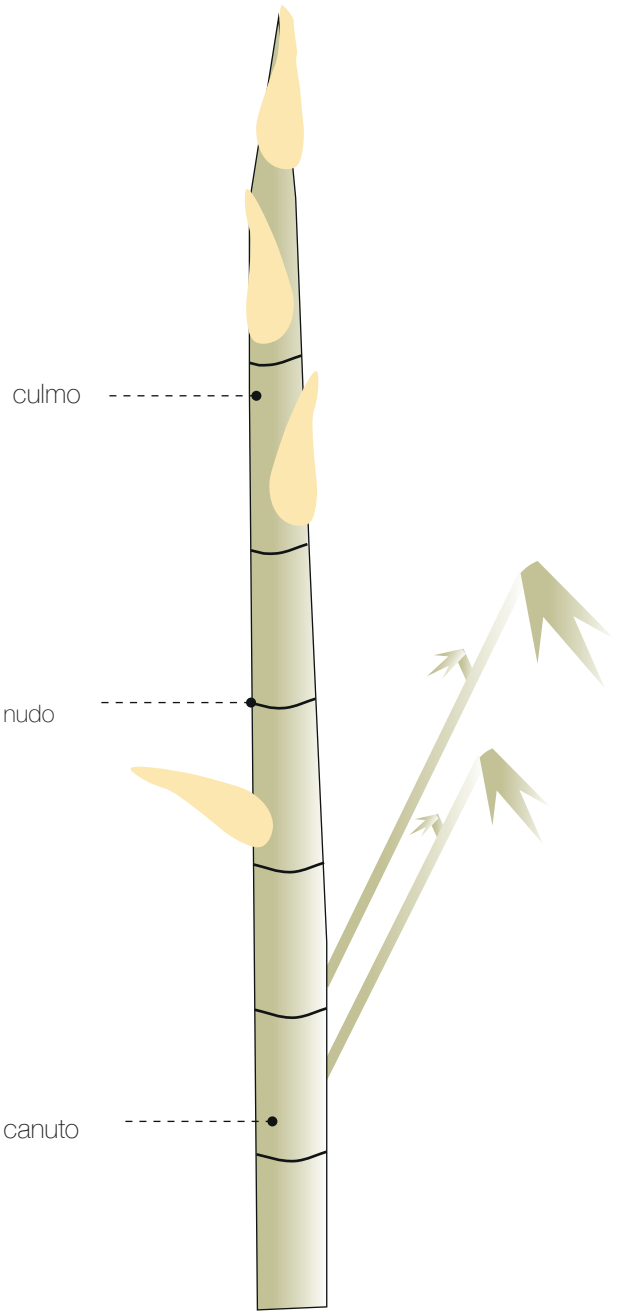
Caña Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth): Especie de bambú nativa de América Latina, también conocida como *GaK*. Reconocida por su resistencia estructural y durabilidad. Es una de las especies de bambú más valoradas para la construcción.

Culmo: Tallo aéreo principal del bambú, generalmente de forma cilíndrica, hueco y dividido por nudos. Constituye el eje estructural de la planta y es el componente más utilizado en aplicaciones constructivas debido a su resistencia, ligereza y propiedades mecánicas.

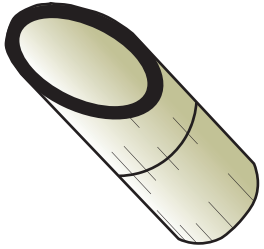
Canuto: Sección del culmo de bambú entre dos nudos, llamado también entrenudo.

Entrenudo: Parte del culmo que se encuentra entre dos nudos.

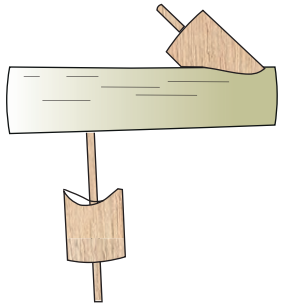
Nudo: Punto de unión del bambú donde se dividen los segmentos, caracterizado por su mayor resistencia.



Boca de pescado



Pico de flauta



Ensamble

Sistema AVECE: Conjunto de conexiones y elementos de unión que agrega valor ecológico a las conexiones estructurales.

Boca de pescado: Tipo de ensamble donde el extremo de uno o ambos elementos de bambú se corta en forma de 'V' o en ángulo (bisel), de manera que al unirse, las superficies inclinadas se acoplan en un ángulo de 90 grados.

Pico de flauta: Tipo de conexión donde el extremo de una pieza de bambú se corta formando un ángulo agudo, similar a la punta de una flauta. Al unir esta pieza con otra el corte en ángulo permite un encaje específico.

Superficie de contacto: Área donde dos o más elementos estructurales se encuentran y transfieren fuerzas. Una mayor superficie de contacto generalmente resulta en una unión más resistente y estable.

Higroscopicidad: Propiedad de un material para absorber y retener humedad del ambiente.

Ensamble: Unión de dos o más piezas o elementos para formar una estructura o sistema. El trabajo con ensambles permite la creación de juntas, construcciones pequeñas o sistemas estructurales complejos de gran tamaño.

Varilla roscada: Barra de metal con rosca helicoidal continua en toda su longitud. Se utiliza para realizar uniones mediante tuercas o para anclar elementos.



varilla roscada

Mortero: Mezcla de un aglomerante (como cemento o cal), arena y agua, que se utiliza en construcción para unir elementos, revestir superficies o rellenar juntas.



mortero

Cerchas: Estructuras triangulares o poligonales compuestas por barras unidas en sus extremos, diseñadas para soportar cargas a través de la triangulación.



cercha

Rodela: Arandela metálica circular usada con pernos.



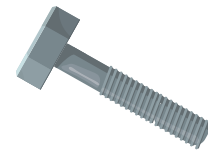
contraviento

Tuerca: Elemento de fijación con una rosca interna, diseñado para enroscarse en un perno y asegurar la unión de dos o más piezas.



rodela

Tornillo: Elemento de fijación con cabeza y rosca helicoidal que se introduce en un material al girar, generando su propia rosca o utilizando una preexistente para unir piezas.



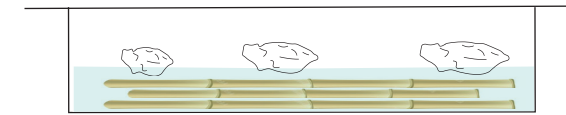
perno



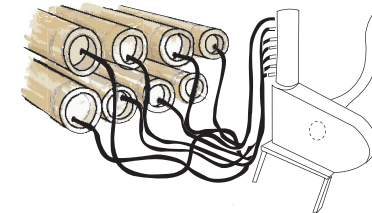
tuerca



tornillo



Ejemplo de tratamiento preventivo para el bambú: Método inmersión en bórax y ácido bórico



Ejemplo de tratamiento preventivo para el bambú: Método boucherie

Mecha: Término informal que se usa para referirse a la broca, herramienta de corte rotatoria utilizada para crear agujeros cilíndricos en diversos materiales como madera, metal, plástico o mampostería.

Curado: Proceso de tratamiento del bambú para aumentar su durabilidad.

Preservación: Conjunto de técnicas para proteger el bambú contra agentes degradantes como la radiación solar o la humedad.

Tratamiento preventivo: Acciones anticipadas para evitar el deterioro del material.

Protección UV: Medidas para proteger el material contra la radiación solar.

Ecologicamente sostenible: Que puede mantenerse sin afectar negativamente al medio ambiente.

Amenazas biológicas: Organismos vivos que pueden causar deterioro y daño a las estructuras de bambú. En el contexto de la construcción con bambú, las principales amenazas biológicas incluyen: insectos xilófagos, hongos y bacterias.

Valor agregado: Característica que aumenta el valor de un producto o sistema.

CONTEXTO

BROTE



Foto No. 03 (pág. 07-08): Detalle del sistema de fijación del conector en bambú
La imagen muestra en primer plano el detalle técnico del sistema de fijación utilizado en un culmo de bambú.

Ana León y Vanessa Guillén (2020) estiman que “a nivel global, la industria de la construcción representa el 40% del consumo de energía primaria, el 33% de las emisiones de CO2 (...) siendo la actividad que genera el mayor consumo de recursos naturales” (p. 612). Esta no es una situación nueva, por el contrario, es el comportamiento histórico de la industria de la construcción y que, entre otros factores, ha llevado a la situación actual del planeta.

Esta situación es también la razón principal por la cual los profesionales de la construcción están llamados a buscar soluciones que hagan de ésta una actividad sostenible, que responda a los retos de adaptación y resiliencia actual y en el mejor de los casos sea regenerativa de los ecosistemas y ambientes en donde se construya.

Las posibilidades que ofrece la subfamilia de los bambusoideae, conocidos popularmente como bambúes, para resolver la problemática planteada en párrafos anteriores es ilimitada. De acuerdo a INBAR (2019) en Ecuador se han identificado 46 especies de bambúes, de las 1.642 identificadas a nivel mundial. Ahora bien, el uso de este material sigue siendo un desafío sin soluciones fáciles, sobre todo en la conexión estructural de bambúes.

En Ecuador prevalece la elaboración artesanal de conexiones: cada ensamble se talla de manera única e irrepetible y debe ajustarse a la forma orgánica de los bambúes usados. Por lo general, las soluciones técnicas a este problema incorporan hierro, acero y cemento, para darle estabilidad a las piezas y mejorar su transmisión de esfuerzo estructural, con lo cual se reduce el efecto ecológico logrado con el bambú y se incremente el impacto de la construcción en el medio ambiente (León Vélez y Guillén Mena 2020; Mario Seixas et al. 2019; Wang y Yang 2020; Zhaoyan Cui et al. 2021; Shidong Nie et al. 2023; Nischal Pradhan et al. 2020; Juan Correal et al. 2021; entre otros).

Por ejemplo, a nivel Latinoamérica, específicamente en Perú, Yann Barnet y Faouzi Jabrane (2018) exploran la posibilidad de realizar la conexión en la parte interna del bambú, a través de una pieza plástica con extensiones dentadas que se ajustan por la tracción ejercida a través de tuerca y una varilla roscada. La Figura 1, muestra este sistema de fijación aplicado desde el interior.

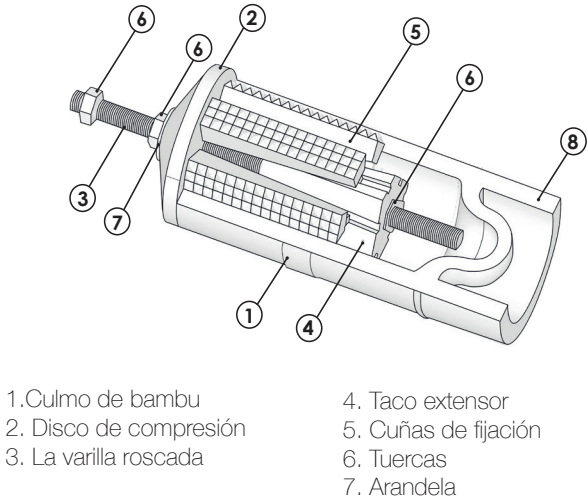


Figura 1: Se presenta una vista isométrica redibujada del sistema de conexión desarrollado en el proyecto de patente, donde se observa la disposición de los componentes internos del conector en relación con el culmo de bambú. Fuente: Elaboración propia, usando photoshop.

Los resultados obtenidos por Barnet y Jabrane son alentadores, pero la producción en serie de las piezas no se ha resuelto, tampoco la dependencia de materiales industriales.

A nivel amplio, Johe Jaramillo (2023) identifica las siguientes opciones de conexión: a) conexiones con perforación, con y sin relleno, con y sin elementos de sujeción exterior; b) conexiones sin perforación, con y sin relleno, con y sin elementos de sujeción exterior.

Por lo general, los rellenos se hacen con mortero de cemento, mientras que la sujeción exterior se mejora con varilla roscada o piezas de metal. Contrario a lo que se podría esperar, cuando se combina relleno de cemento y elementos metálicos que perforan el bambú, la conexión se vuelve rígida y se potencian las debilidades estructurales de la construcción.



Foto No. 04. Planta de bambú. Esta etapa permite observar las características físicas del material antes de su uso estructural, como el diámetro, los nudos y la textura superficial.

PROBLEMÁTICA

Dificultades socioeconómicas

- El uso del bambú como material estructural enfrenta barreras culturales y sociales profundamente arraigadas. Aún se le percibe como un recurso de “segunda categoría”, asociado a contextos de pobreza o construcciones precarias.
- Además, la falta de investigación especializada en el uso estructural del bambú ha contribuido a mantener percepciones erróneas sobre su desempeño. Muchas de estas creencias se derivan de comparaciones poco fundamentadas con materiales como el acero o el hormigón armado, sin tener en cuenta las características propias del bambú, como su comportamiento anisotrópico, su higroscopicidad y su capacidad de flexión.

Dificultades técnicas

- La elaboración de juntas estructurales de tipo artesanal resulta costosa en términos de tiempo y escases de mano de obra especializada.
- En ciertos casos las uniones no llegan a tener el ajuste o aseguramiento óptimo, debido a que las uniones se realizan sobre secciones huecas de los culmos, limitando la superficie de contacto al perímetro de las piezas de bambú.
- Cuando se rellenan las secciones huecas con mortero



Foto No. 05. Deterioro por intemperie
La imagen muestra el deterioro del bambú por estar expuesto a las condiciones de la intemperie en el Parque La Isla, en Tena.

Foto No. 06. Daños en la unión bambú-hormigón
La imagen muestra los efectos negativos del uso de cemento como relleno en una unión estructural de bambú, evidenciando fisuras y fallas.

la unión estructural tiende a ser propensa a rajaduras y fisuramiento por la excesiva rigidez.

Impacto ambiental y estético

- El uso excesivo de materiales industrializados como el hormigón, herrajes y varillas, afectan la construcción con bambú, debido a la cantidad de energía incorporada en su proceso de producción, alterando el carácter ecológico de este material.
- En términos de diseño, las condicionantes de mano de obra y materiales industrializados se traducen en limitaciones de forma e inciden en la estética y pérdida de valor perceptible del bambú.

METODOLOGÍA

El desarrollo del sistema AVECE inicio en el año 2022 y ha involucrado a diferentes especialistas en sus diferentes fases. Como se observa en la figura 2, se describe de manera general el proceso realizado.

La Etapa Uno, que abarcó TRL 1 a 3 se desarrolló con el patrocinio de INBAR y concluyó a finales del año 2023. En la Etapa Dos se contó con el apoyo financiero de CEDIA y finaliza en junio del año 2025.

Se encuentra en proceso el registro de propiedad intelectual del sistema y la máquina de elaboración de sus elementos, además de una publicación del estudio de mercado del sistema y otra que divulgará los resultados del análisis de las propiedades mecánicas de las conexiones.



Foto No. 07. Taller AVECE con estudiantes y participantes
Actividad grupal formativa como parte delh

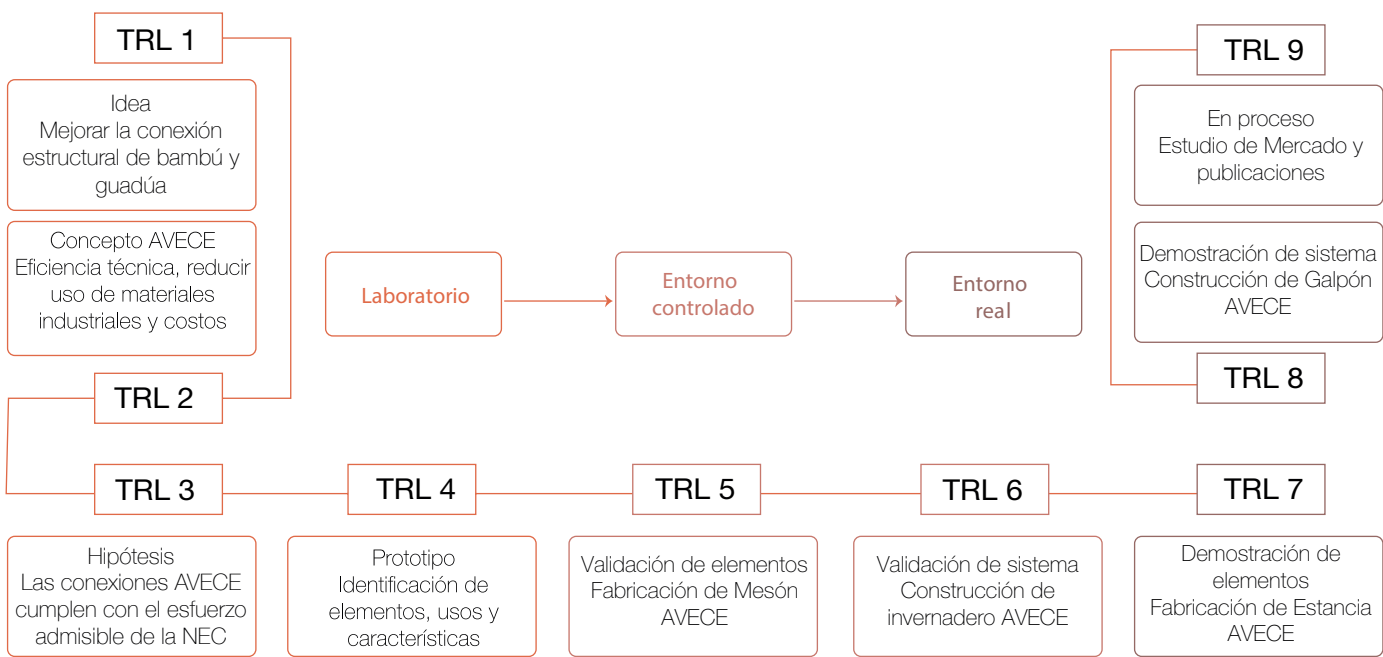


Figura 02. Proceso de
investigación del Sistema AVECE

Fuente: Elaboración propia, usando Technology Readiness Levels

ORIGEN DEL SISTEMA

Un grupo de investigadores de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, se propuso en 2022 desarrollar un sistema de conexiones que:

- Sea ambientalmente amigable y ecológicamente sostenible.
- Baje los costos técnicos del uso del bambú.
- Sea de producción simple y uso intuitivo Aumente la zona de contacto en las conexiones estructurales con estos materiales.

La primera etapa se desarrollo con fondos obtenidos en la Convocatoria de Financiamiento de Innovaciones en Construcción Sostenibles del proyecto AECID-INBAR “Apoyo a La Investigación, Desarrollo e Innovación y la Educación Superior en Construcción Sostenible en Ecuador”, ese mismo año, se inició el proceso de prototipado y se desarrollaron cinco productos que en conjunto constituyen el sistema de uniones y ensambles que se describe en este documento. Para efectos prácticos el sistema se denominó AVECE, siglas que describen su intención: “Agregar Valor Ecológico a las Conexiones Estructurales de bambú”.



Foto No. 08 (pág. 15-16): Maqueta del sistema AVECE

La imagen muestra Diferentes tipos de conexiones AVECE desarrolladas en la Universidad Ikiam.

PRINCIPIOS DEL SISTEMA

- Sistema conectivo semi-estandarizado con madera dura y semidura que optimiza el desempeño estructural del bambú.
- Los elementos manufacturados maximizan el área de contacto para mayor resistencia entre culmos.
- Reducción del uso del mortero de cemento en uniones de baja sollicitación mecánica.
- Sustituye mortero por madera semidura como relleno en los canutos de los culmos.
- El sistema integral optimiza y garantiza el ajuste entre piezas y la transmisión de esfuerzo estructural a través de las uniones y ensambles .
- Optimiza el tiempo de obra, por lo cual vuelve más accesible el uso estructural del bambú.

SISTEMA DE CONEXIONES AVECE Y SUS ELEMENTOS

TALLO



Los conectores AVECE son elementos prefabricados que facilitan el montaje de estructuras de bambú y reducen el tiempo de construcción; sustituyen el tallado artesanal de bocas de pescado y picos de flauta en el bambú por elementos de conexión elaborados con madera, lo que permite tener más superficie de contacto entre los culmos unidos.

El sistema permite trabajar con cortes rectos en los bambúes usados en obra, a los cuales se ensamblan los conectores AVECE, fabricados a medida, dependiendo de los requerimientos de cada edificación.

Los usuarios potenciales son, por un lado, profesionales de la construcción interesados en adquirir conectores prefabricados para utilizarlos en el montaje de sus obras, por otro lado, personas que quieran aprender cómo fabricarlos para comercializar.

Los conectores AVECE son una alternativa sostenible a las soluciones constructivas convencionales, porque reducen el uso de materiales industrializados, como el acero o el cemento y promueven el uso de materiales amigables con el medio ambiente.

SISTEMA DE CONEXIONES

Boca de pescado

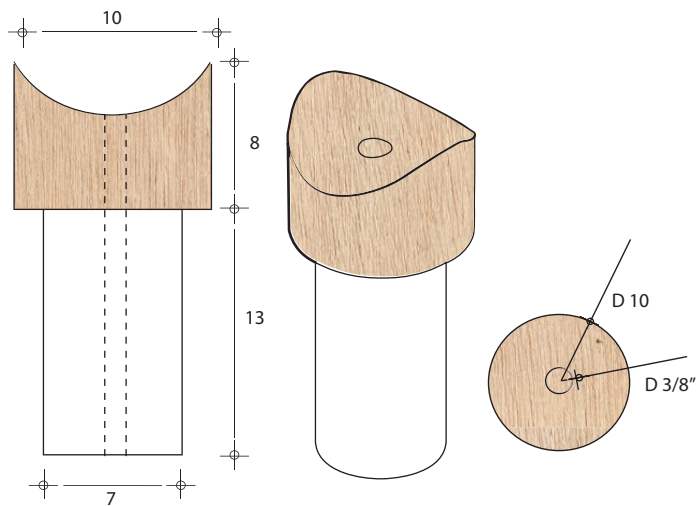
Uso: Juntas en ángulo de 90 grados

Características:

- Fabricada con maderas duras o semiduras
- Diámetro útil de 10-12cm
- Base ajustable al diámetro interno del bambú (7-8cm para bambús de 10cm)
- Curva de cobertura de 2-6cm de altura
- También se fabrican en distintas medidas y coberturas, según diseño o requerimiento del cliente.

Aplicación:

- Para alto esfuerzo usar varilla roscada de 3/8"
- Para bajo esfuerzo tacos de 1/2" con discos de contacto



Pico de flauta

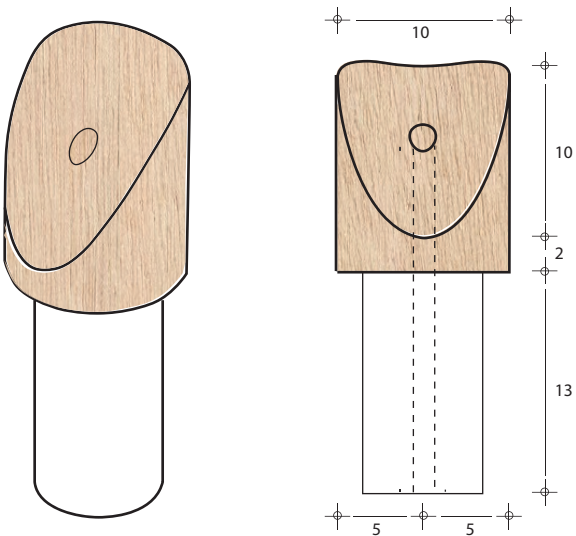
Uso: Juntas en ángulo de 45 grados

Características:

- Fabricada con maderas duras o semiduras
- Curva de cobertura de 10cm en parte alta y 2cm en parte baja
- También se fabrican en distintas medidas y coberturas, según diseño o requerimiento del cliente.

Aplicación:

- Ideal para cerchas, pies de amigo, cubiertas y contravientos
- Ángulo modificable bajo pedido



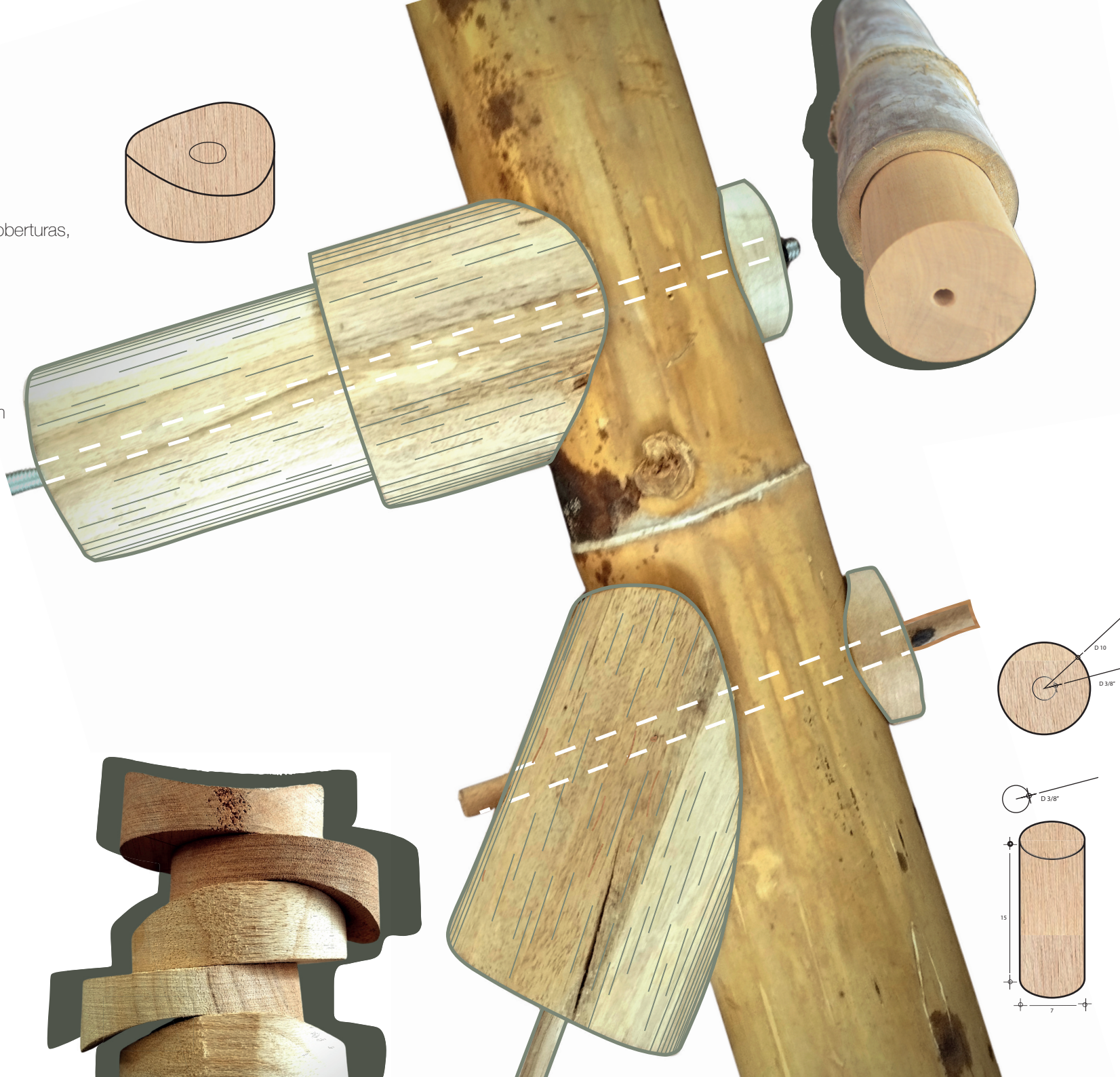
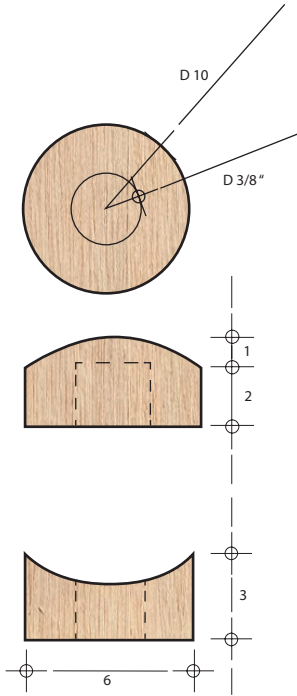
Discos de contacto

Usos:

- Conexiones paralelas entre bambús
- Distribución de presión entre uniones
- Interfaz entre bambú y superficies planas
- También se fabrican en distintas medidas y coberturas, según diseño o requerimiento del cliente.

Características:

- Diametro de 6cm
- Perforación central de 3/8"
- Perforación central de 3/8"
- Curva de cobertura para bambús de 10-15 cm



CONEXIONES Y RELLENOS

Tacos para conexiones

Dimensiones:

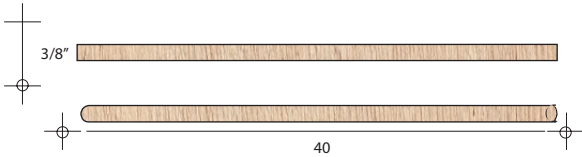
- 15-40cm largo, 3/8" o 1/2" diametro
- También se fabrican en distintas medidas y coberturas, según diseño o requerimiento del cliente.

Material:

- Fabricada con maderas duras y semiduras.

Aplicación:

- Alternativa a varilla roscada en conexiones de bajo esfuerzo
- Usar con pasta de relleno para mejor fijación.



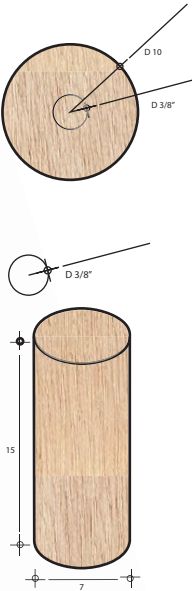
Tacos de Relleno

Dimensiones:

- Largo de 5 a 15cm
- El diametro se ajusta al interior del bambú
- También se fabrican en distintas medidas y coberturas, según diseño o requerimiento del cliente.

Usos:

- Relleno de extremos (5cm)
- Ajuste de conexiones (5cm)
- Sustituto del cemento en rellenos



Pasta de Relleno

Composición:

- 2 partes de cola blanca
- 1 parte de polvo de madera o aserrín

Usos:

- Fijación de tacos
- Mejora de ajustes en conexiones
- Tiempo de secado de 12 horas

Notas de Instalación

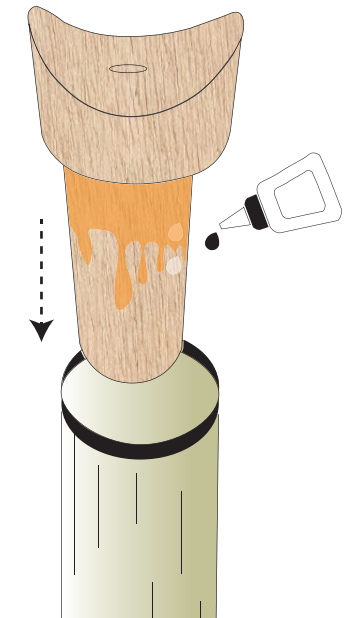
- Verificar diámetros y ajustes antes de la aplicación final
- En conexiones estructurales críticas, preferir varilla roscada
- Aplicar pasta de relleno solo después de verificar posiciones
- Permitir secado completo antes de aplicar cargas



Foto No. 11 (pág. 23-24): Pasta de relleno para conexiones
La Imagen muestra la mezcla de pasta (cola y aserrín) utilizada en el sistema AVECE.



Aplicación de disco de contacto y taco de relleno



La Imagen muestra la mezcla de pasta (cola y aserrín) utilizada en el sistema AVECE.

En la siguiente tabla se muestran de manera sintética los elementos del sistema AVECE.

Tabla de compatibilidad general

Elemento	Chicotes	Varilla Roscada	Otros Elementos
Boca de Pescado	(3/8")	(3/8")	Discos, Tacos
Pico de Flauta	(3/8")	(3/8")	Discos, Tacos
Discos	(3/8")	(3/8")	Todos
Tacos Relleno	(3/8")	(3/8")	Pasta de relleno

Notas importantes de combinación:

Con Chicotes de Madera:

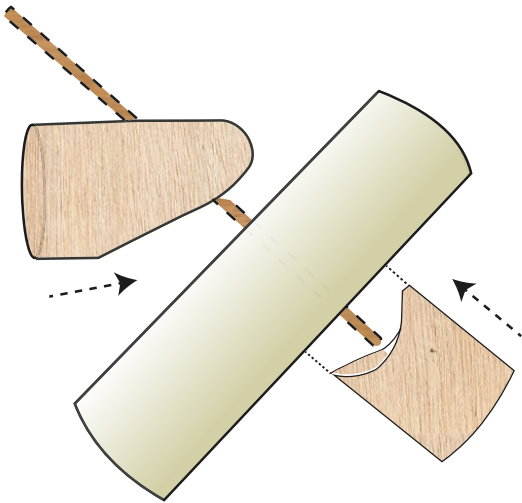
- Usar maderas duras y tratadas.
- Proteger contra humedad y hongos (Protección por diseño)
- Aplicar pasta de relleno siempre.

Con Varilla Roscada:

- Siempre usar tuercas en remates para mejorar la sujeción.
- Siempre usar arandelas en ambos extremos.
- Proteger los herrajes para prevenir la corrosión.
- No ejercer presión adicional en las tuercas.
- Verificar longitud considerando el largo de la doble tuerca.

Advertencias Generales

- Reducir la cantidad de perforaciones en elementos portantes.
- Seguir recomendaciones de mantenimiento.



APLICACIÓN PRÁCTICA



CULMO

La teoría cobra vida en cada construcción

La estancia AVECE, es un proyecto realizado por estudiantes de la Universidad Regional Amazónica Ikiam y es una aplicación práctica del sistema AVECE.

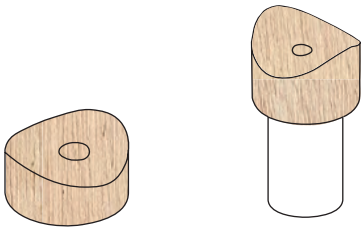
Estancia AVECE 2 Especificaciones técnicas

Materiales principales:

- Bambú
- Madera
- Uniones AVECE
- Herrajes complementarios

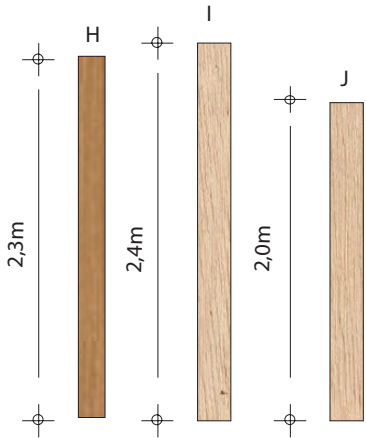
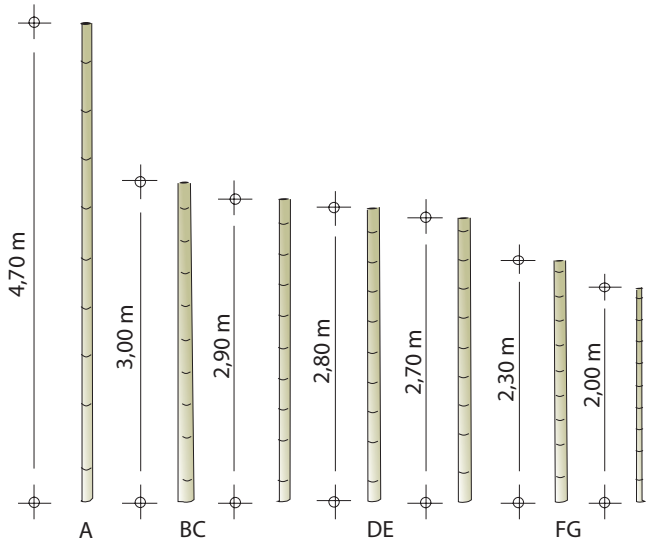
Dimensiones:

- Altura: 3.50m
- Ancho: 2.30m
- Fondo: 2.40m

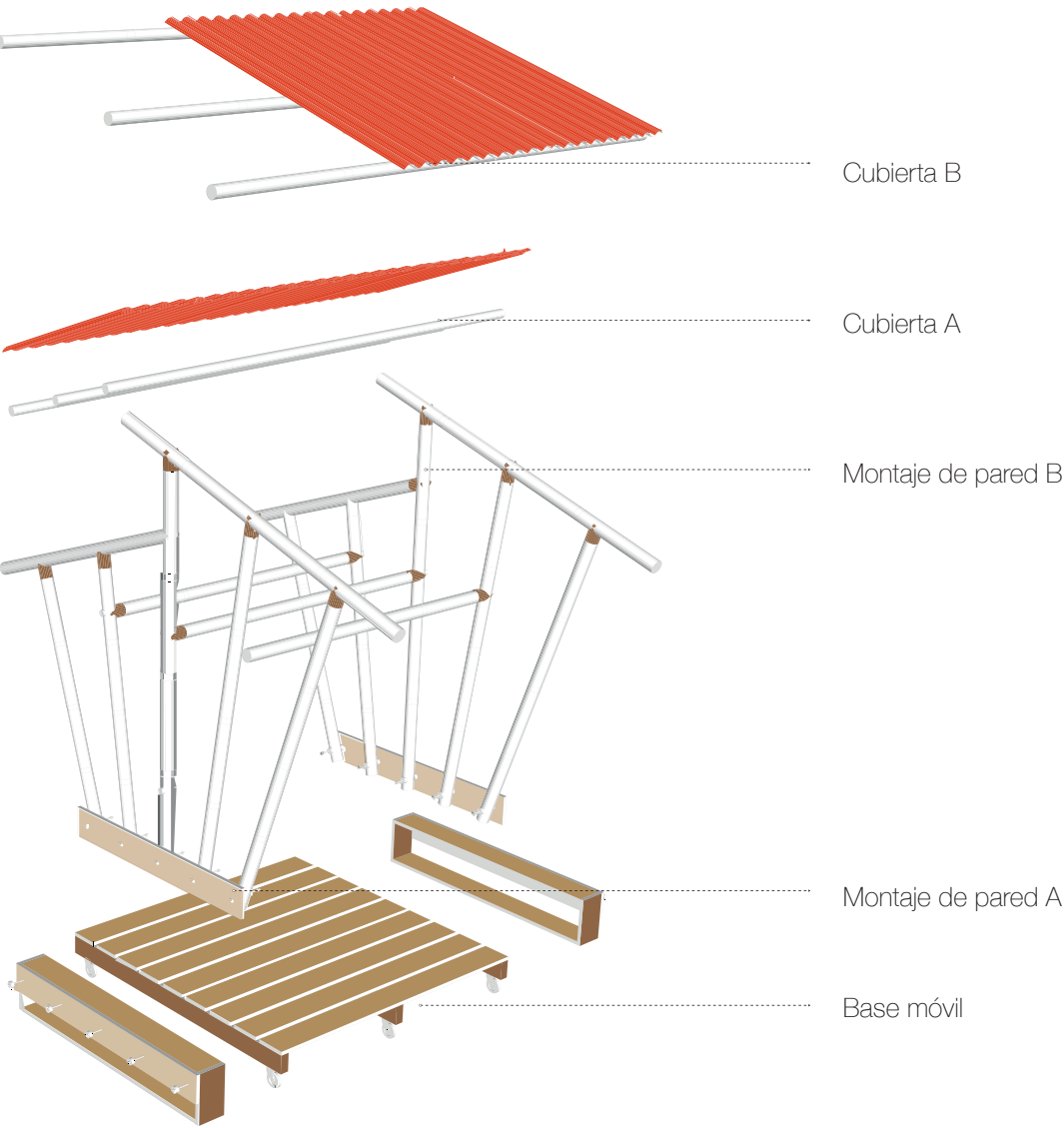


Disco de contacto

Boca de pescado



Elementos estructurales



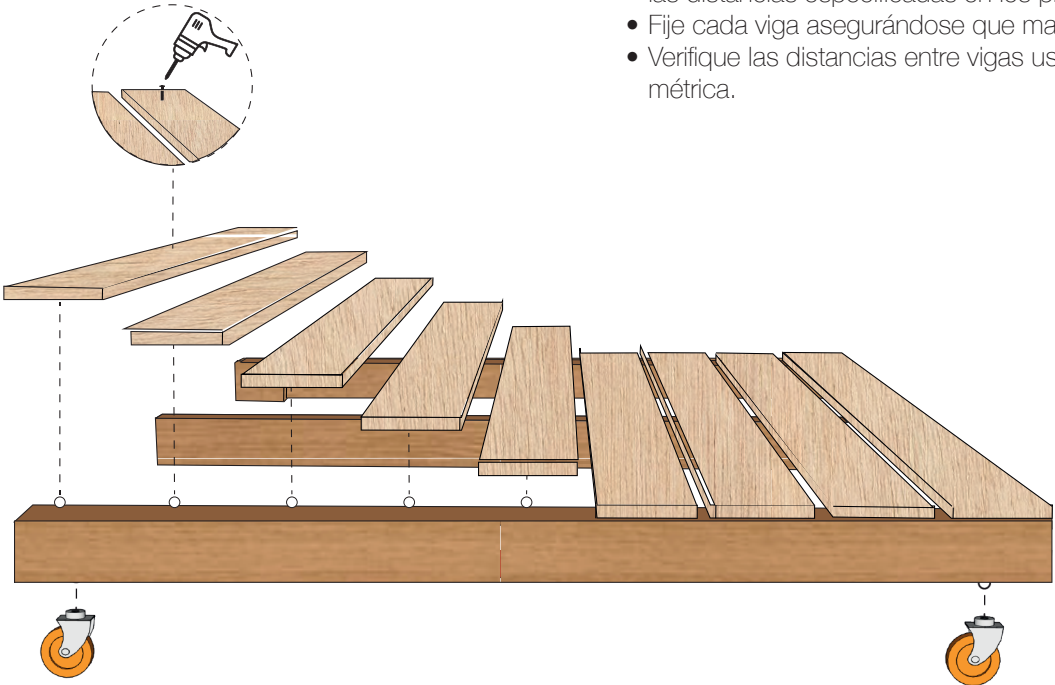
PROCESO DE ENSAMBLAJE

Preparación de la base:

- La base se ensambla directamente sobre una superficie plana, asegurando la correcta nivelación de sus componentes. Este ensamblaje se inicia con la disposición de las vigas principales tipo H, que conforman el soporte estructural inferior.

Primero, prepare las vigas principales tipo H:

- Verifique que estén completamente rectas y sin daños.
- Corte las vigas según el largo requerido(2.40m).
- Marque los puntos de fijación para las tablas.



Para la colocación de tablas tipo I:

- Comience desde un extremo, fijando cada tabla con tornillos de 2", verifique que quede firmemente aseguradas y alineadas.
- Mantenga un espacio de 2cm entre tablas para permitir la dilatación.

Para el armado del piso:

- Coloque la primera viga en el extremo y nivele cuidadosamente
- Marque la ubicación de las siguientes vigas, respetando las distancias especificadas en los planos.
- Fije cada viga asegurándose que mantienen el nivel
- Verifique las distancias entre vigas usando una cinta métrica.

Montaje de paredes:

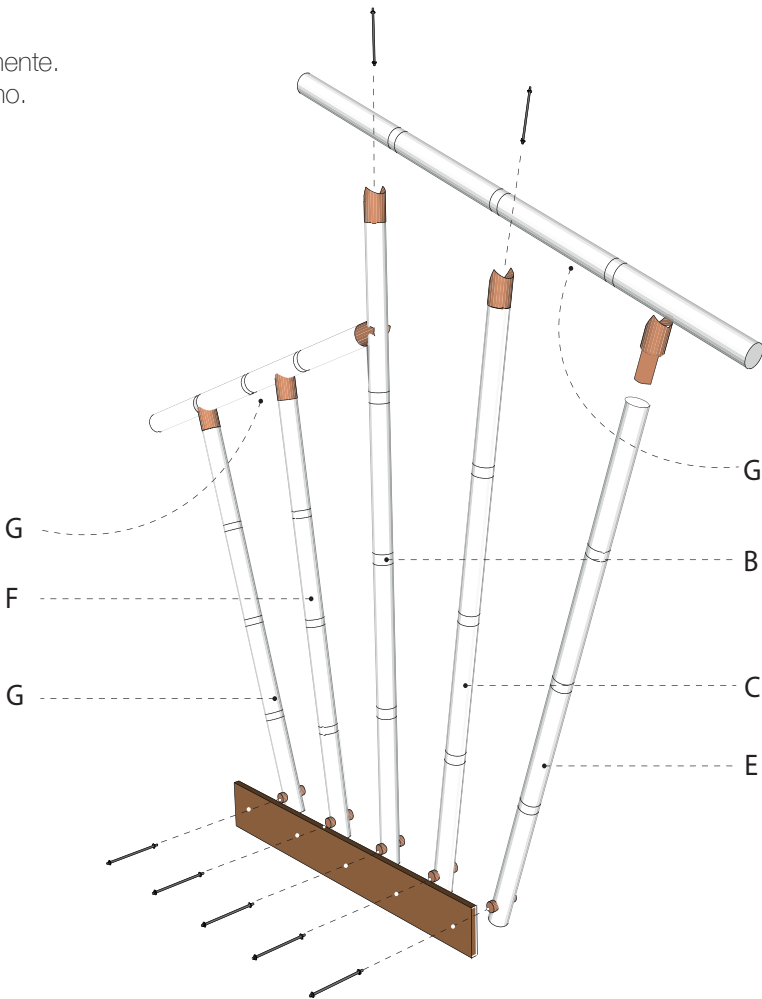
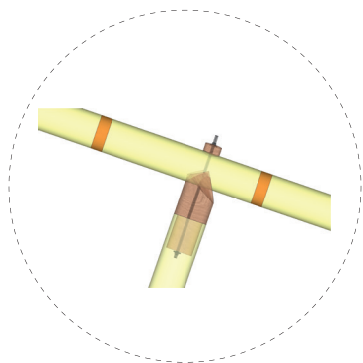
El montaje de las paredes requiere precisión para garantizar la estabilidad de la estructura:

Para la pared tipo A:

- Prepare los bambús tipo B y C con las bocas de pescado previamente instaladas.
- Coloque la tabla de madera de 2.4m horizontalmente sobre la base.
- Monte los bambús verticales.
- Estén perfectamente aplomados.
- Las bocas de pescado encajen completamente.
- Los elementos estén alineados según el plano.

Para asegurar la estructura:

- Perfore los puntos de anclaje con taladro y una mecha de 60cm
- Inserte las varillas roscadas
- Coloque arandelas y tuercas sin apretar completamente
- Verifique nuevamente el plomo y alineación del armado
- Ajuste las tuercas de manera uniforme.



Instalación de Vigas de Cubierta:

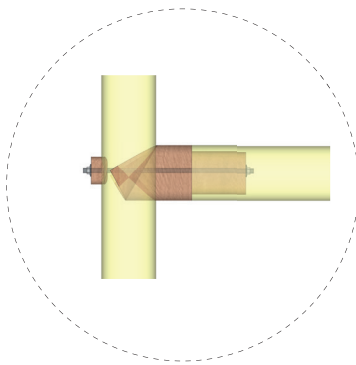
Las vigas de bambú tipo F forman la estructura principal de la cubierta. La secuencia de instalación es:

Preparación:

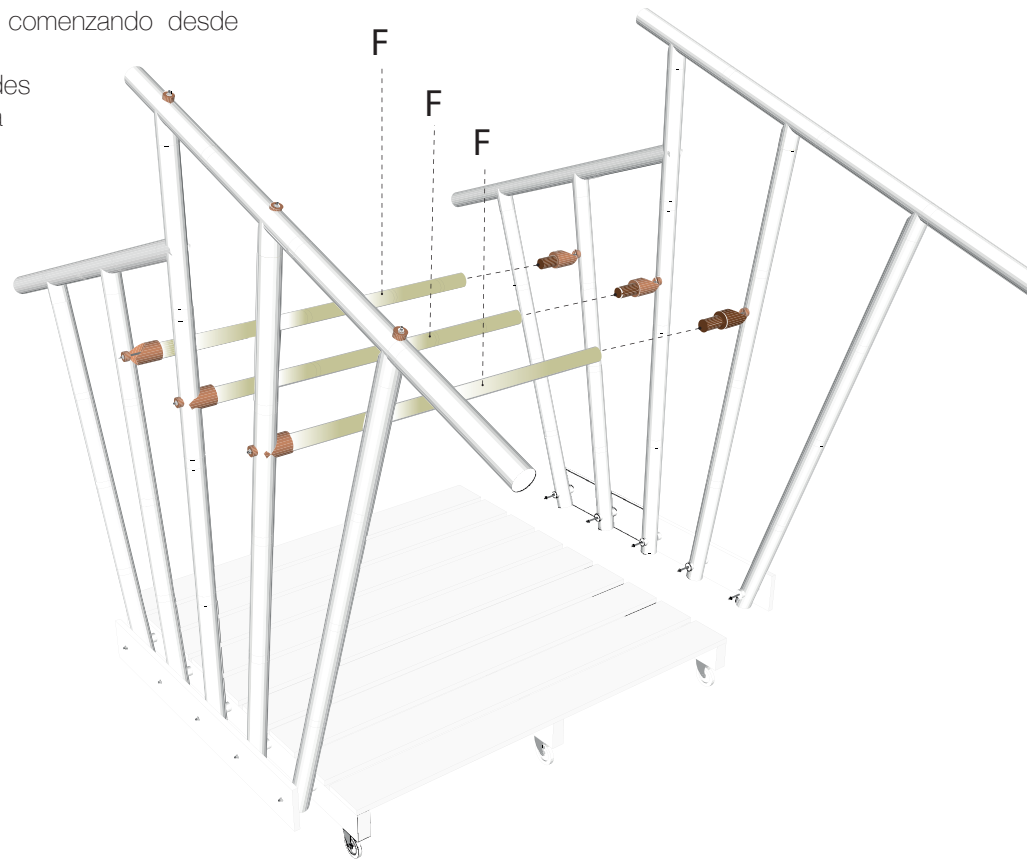
- Verificar que las bocas de pescado estén completamente instaladas
- Limpiar las zonas de conexión
- Marcar los puntos de anclaje

Montaje:

- Colocar las vigas una por una, comenzando desde cualquier extremo lateral
- Verificar la alineación con las paredes
- Asegurar temporalmente cada viga
- Comprobar niveles y ángulos



Unión bambu F



Fijación:

- Perforar los puntos de anclaje
- Insertar varillas roscadas
- Colocar arandelas y tuercas
- Ajustar uniformemente

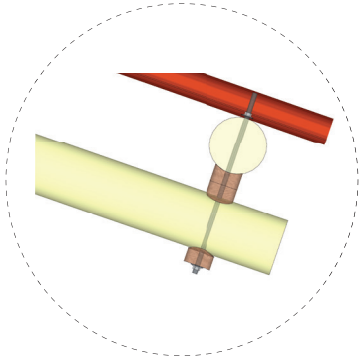
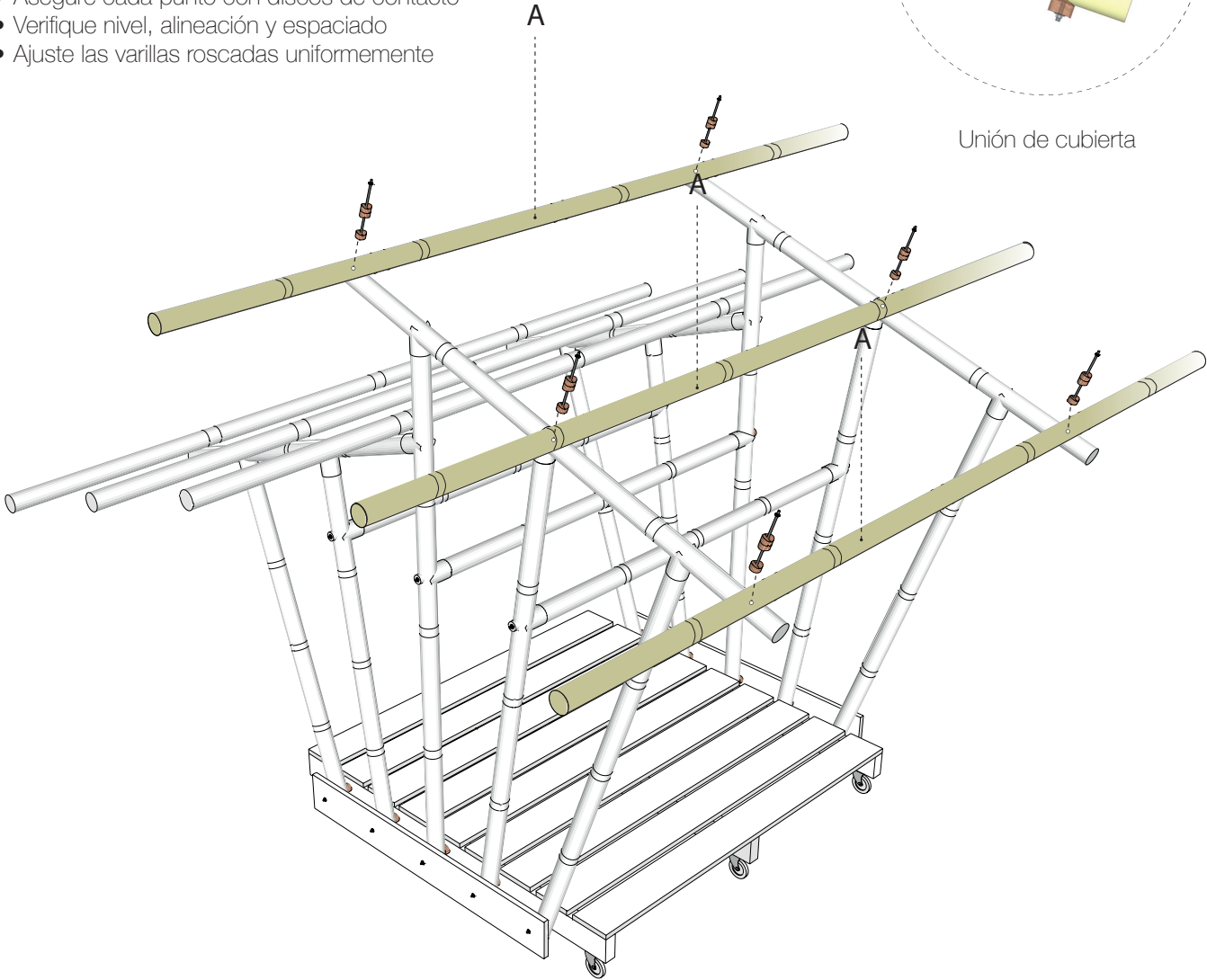


Armado de Cubierta:

La cubierta requiere especial instalación para garantizar su impermeabilidad:

Para la estructura de bambú tipo A:

- Coloque los bambús según el patrón especificado
- Asegure cada punto con discos de contacto
- Verifique nivel, alineación y espaciado
- Ajuste las varillas roscadas uniformemente



Unión de cubierta



Para el techado final:

Coloque las hojas de la cubierta comenzando desde abajo. Mantenga el traslape recomendado entre hojas. Asegure con tornillos de fijación para techo en cada punto de apoyo. Selle adecuadamente todas las uniones

Instalación de bancas y acabados:

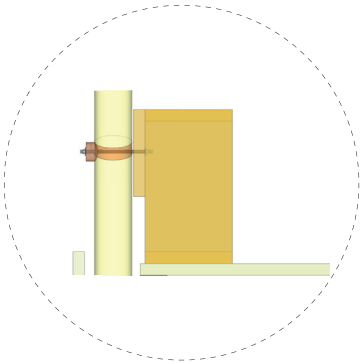
El proceso final incluye:

Montaje de bancas:

- Asegurar con varillas y discos de contacto
- Comprobar estabilidad

Acabados finales:

- Limpieza general y verificación de todas las conexiones
- Inspección final de seguridad
- Lijado, barnizado y masillado



Unión de banca con bambú

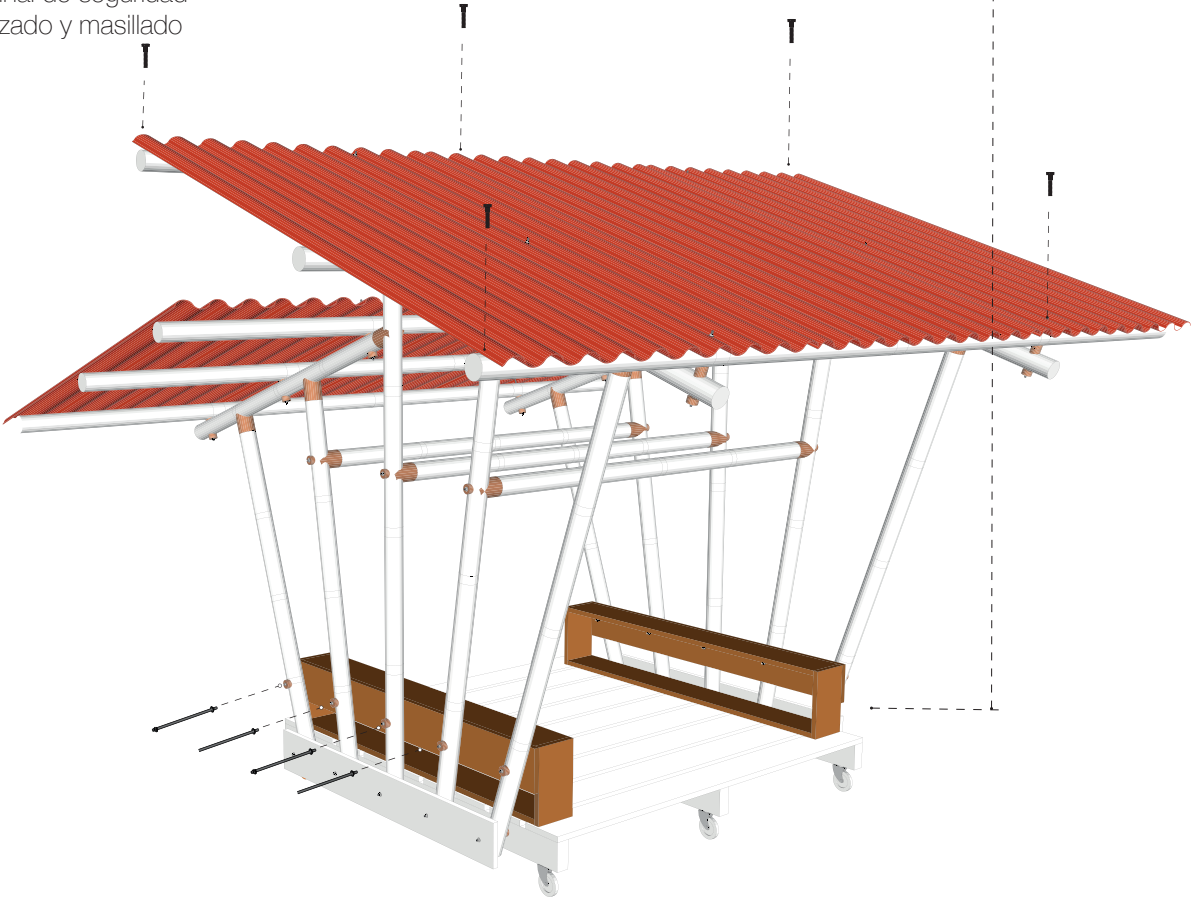




Foto No. 17. Uno de los prototipos contruidos en un taller con estudiantes de la Universidad Regional Amazónica Ikiam en Tena, Ecuador.



Foto No. 18. Prototipo realizado con estudiantes en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Riobamba, Ecuador.



Foto No. 19. Muestra uno de los prototipos Estancia AVECE, realizado en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.



Foto No. 20. Talleres realizados en conjunto con estudiantes y participantes del proyecto AVECE.

MANTENIMIENTO Y RECOMENDACIONES

FLORACIÓN



Preservar es dar vida continua

El mantenimiento adecuado de las estructuras con sistema AVECE es fundamental para garantizar su durabilidad y funcionamiento óptimo.

Este capítulo presenta las consideraciones esenciales para preservar tanto el bambú como las conexiones, además de proporcionar soluciones a problemas comunes.

Preservación del Bambú

El bambú, al ser un material natural, requiere un tratamiento adecuado antes de su uso y un mantenimiento constante durante su vida útil. La preservación comienza con la selección del material y continúa durante toda la vida de la estructura.

Para garantizar que los elementos AVECE funcionen y no tengan incompatibilidad con el diseño debe exigirse al proveedor que la madera usada tenga la calidad adecuada, la madurez necesaria y esté preservada; lo mismo con el bambú, debe estar adecuadamente preservado, siguiendo las indicaciones que se dan a continuación.

Tratamiento mínimo exigido

El bambú elegido para la construcción debe provenir de bambusales manejados que garanticen la edad, el corte, el proceso de secado y el tratamiento adecuado.

La preservación química del bambú se realiza mediante una solución de bórax y ácido bórico. Para preparar la solución, se mezclan 2 kilos de cada ingrediente por cada 94 litros de agua, preferiblemente caliente a 60°C. Es importante agitar constantemente hasta obtener una solución clara y dejar enfriar antes de usar.

El proceso de inmersión requiere especial atención a los siguientes aspectos:

- Limpie cuidadosamente el bambú antes de sumergirlo en la solución
- Al ingresar a la piscina el bambú no debe tener menos del 30% de contenido de humedad
- Mantenga el bambú completamente sumergido usando pesos si es necesario
- El tiempo de inmersión varía según el estado del bambú: de 5-7 días a temperatura ambiente.

Secado correcto del bambú

- Para un correcto secado del bambú, debe elevarse sobre el suelo, en una superficie plana, con buena ventilación y protegido del sol directo.



Foto No. 22. Tratamiento por inmersión en solución preservante. La imagen muestra el bambú sumergido en una piscina con una solución de bórax y ácido bórico, para prevenir el deterioro.



Foto No. 23 Secado del bambú. La imagen muestra el bambú aislado en una zona cubierta y protegida de la radiación solar directa.

Cuidado del Sistema AVECE

Las conexiones del Sistema AVECE requieren atención para mantener la integridad estructural. Su mantenimiento garantiza la estabilidad y seguridad de la construcción.

Inspección de Conexiones

La revisión de las conexiones debe ser sistemática, comenzando por los puntos críticos y las cargas principales. Inspeccionar el ajuste entre superficies; un espacio visible puede indicar problemas.

Protección de elementos

La protección de la madera es fundamental en el Sistema AVECE. Se sugieren tratamientos como:

- **Resina Asfáltica:** Barrera impermeable contra humedad e insectos. Aplicar uniforme sobre superficie limpia y seca. Tomar en cuenta que oscurece el bambú.
- **Aceite de linaza:** Penetra las fibras, reduce absorción de humedad y protege contra insectos. Aplicar varias capas con secado intermedio.
- **Polisten:** Barniz base agua que proporciona una capa protectora duradera contra la humedad, los insectos y el desgaste, siendo una alternativa superior al aceite de linaza.



Foto No. 24. Maqueta que ilustra las diferentes tipologías de conexiones desarrolladas para el sistema AVECE en la Universidad Ikiam.



Foto No.25. Detalle de la implementación del sistema estructural AVECE en la construcción de un invernadero dentro de las instalaciones de la Universidad Ikiam.

Solución de problemas comunes

Los problemas en estructuras de bambú con sistemas AVECE pueden manifestarse gradualmente. La clave está en reconocer las señales tempranas y actuar antes de que el problema se agrave.

Grietas en el bambú

Las grietas suelen aparecer por cambios bruscos de temperatura y humedad. Cuando detecte una grieta, evalúe primero su profundidad y extensión.

Las grietas superficiales pueden tratarse con masilla epóxica específica para bambú, mientras que las grietas profundas pueden requerir el reemplazo de la pieza.

Falla de sujeción en conexiones

El desajuste de las uniones o conexiones es un problema que puede detectarse por sonidos crujientes o movimiento visible de las conexiones. No intente resolver el problema simplemente apretando más los elementos de sujeción, ya que esto puede causar daños adicionales.



Foto No. 26 (pág. 49-50): Estudiantes y participantes del proyecto AVECE trabajando juntos en la construcción de una estructura de bambú durante un taller.

Programa de Mantenimiento

El mantenimiento exitoso requiere un enfoque sistemático y documentado. Establezca un calendario de inspecciones y mantenimiento que se adapte a las condiciones específicas de su estructura. Mantenga un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento, incluyendo fotografías del antes y después de cada intervención. Este historial será invaluable para predecir y prevenir problemas futuros.

Inspección Mensual (1er domingo, 2h) Inspección visual:

- Revisar toda la estructura
- Tomar fotos de cambios
- Buscar humedad

Revisar conexiones:

- Comprobar conexiones
- Verificar que nada se mueva
- Revisar juntas

Limpieza:

- Quitar polvo
- Tomar fotos de cambios
- Buscar humedad

Mantenimiento Trimestral

- Marzo: Limpieza después del invierno, revisar daños por humedad
- Junio: Preparar para época seca, revisar grietas
- Septiembre: Preparar para lluvias, revisar drenajes
- Diciembre: Preparar para invierno, revisión completa

Mantenimiento Anual (1ra semana de enero)

- Día 1: Revisar toda la estructura detalladamente
- Día 2-3: Reparar y reemplazar lo necesario
- Día 4: Limpieza final y documentación

Ficha de registro

Es necesario que para cada mantenimiento a ejecutar junto a una ficha de registro se guarden fotos de cada revisión, facturas y siempre tener repuestos básicos.



Foto No. 28. Culmos de bambú con conexiones del sistema AVECE. Culmos de bambú preparados con elementos prefabricados del sistema AVECE, listos para el ensamblaje estructural.

EPÍLOGO



Foto No. 29. Prototipo construido del sistema AVECE desarrollada en la Universidad Ikiam.

El Sistema AVECE, detallado en este documento técnico, se presenta como una metodología innovadora y valiosa para la construcción con bambú, ofreciendo un enfoque estructurado para optimizar las uniones y el ensamble. Su implementación busca promover la eficiencia estructural, la durabilidad y la sostenibilidad en las edificaciones, aprovechando las cualidades únicas de este recurso natural renovable y respondiendo a la creciente necesidad de alternativas constructivas responsables con el medio ambiente.

Para asegurar el éxito y la longevidad de las construcciones realizadas con el Sistema AVECE, y con cualquier técnica de construcción en bambú, es fundamental adoptar un compromiso firme con el mantenimiento preventivo y documentado. La aplicación diligente de las recomendaciones y los lineamientos proporcionados en este documento permitirá mitigar los riesgos de deterioro biológico y ambiental, preservando la integridad estructural, la estética y la habitabilidad de las construcciones a lo largo del tiempo y para las futuras generaciones.

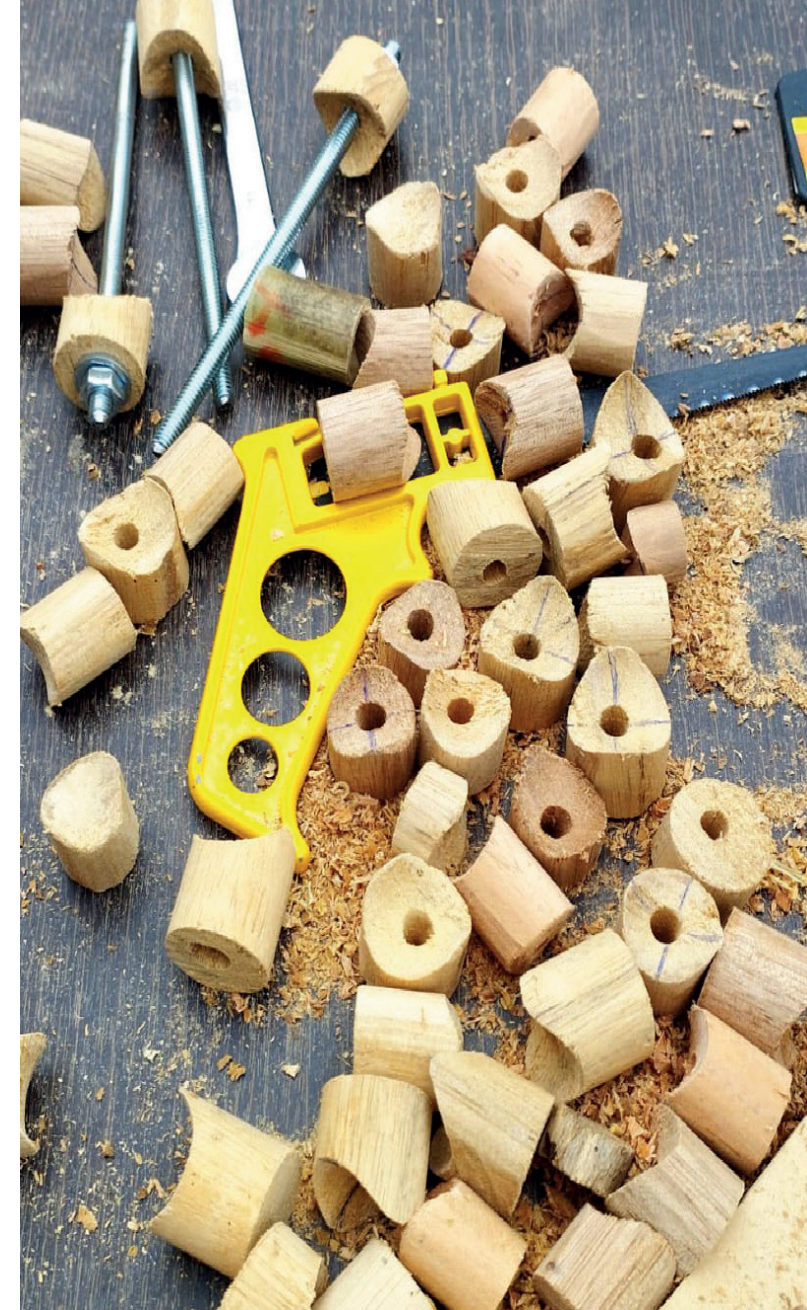


Foto No. 30. Componentes del sistema AVECE durante su fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

Barnet., y Jabrane, F. (2019). Conectores de extremidades de bambú para estructuras: Exploración de un sistema de incrustación en la pared interna del tallo. *Campus*, 24(27), 53–65. <https://doi.org/10.24265/campus.2019.v24n27.05>

Correal, J. F., Prada, E., Suárez, A., Moreno, D. (2021). Bearing capacity of bolted-mortar infill connections in bamboo and yield model formulation. *Construction and Building Materials*, 305, 124597. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124597>

Cui, Z., Tu, L., Xu, M., Chen, Z., y Xu, Q. (2021). Experimental investigation on the load-carrying capacity of steel-to-laminated bamboo dowel connection I: Single fastener with slotted-in steel plate under tension. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 6683589. <https://doi.org/10.1155/2021/6683589>

INBAR. (2019). Estrategia nacional del bambú: Lineamientos para un desarrollo verde e inclusivo (Documento resumido). Ministerio de Agricultura y Ganadería, Mesa Sectorial del Bambú, Red Internacional del Bambú y el Ratán.

Jaramillo-Hurtado, J. L. (2023). Uniones estructurales de bambú: Criterios de su desempeño a partir de ensayos. *MQRInvestigar*, 7(2), 381–396. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.2.2023.381-396>

León-Vélez, A., y Guillén-Mena, V. (2020). Energía contenida y emisiones de CO₂ en el proceso de fabricación del cemento en Ecuador. *Ambiente Construido*, 20(3), 611–625. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300448>

MIDUMI. (2017). Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normati-vos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Nie, S., Fu, W., Wang, H., Wu, D., Liu, M., y Wang, J. (2023). Experimental study of Moso bamboo to-steel connections with embedded grouting materials. *Journal of Renewable Materials*, 11(3), 1401–1423. <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.023446>

Pradhan, N. P., Paraskeva, T. S., y Dimitrakopoulos, E. G. (2020). Quasi-static reversed cyclic testing of multi-culm bamboo members with steel connectors. *Journal of Building Engineering*, 27, 100983. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100983>

Seixas, M., Moreira, L. E., Bina, J., y Ripper, J. L. (2019). Design and analysis of a self-supporting bamboo roof structure with flexible connections. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, 60(4), 259–267. <https://doi.org/10.20898/j.iass.2019.201.042>

Wang, F., y Yang, J. (2020). Experimental and numerical investigations on load-carrying capacity of dowel-type bolted bamboo joints. *Engineering Structures*, 209, 109952. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109952>

