

Descripción y análisis de costos de uniones convencionales y de innovación en la construcción con bambú rollizo

Description and cost analysis of conventional and innovative joints construction with bamboo culm

Recibido: mayo 15 de 2020 | Revisado: julio 12 de 2020 | Aceptado: setiembre 11 de 2020

YANN BARNET¹
FAOUZI JABRANE¹
CAMILA CHUMBIMUNE¹

RESUMEN

El estudio describe y analiza los costos de uniones empleadas en la construcción con bambú rollizo, tanto modelos convencionales como uniones de innovación desarrolladas para reducir los tiempos de ejecución y facilitar los procesos de trabajo. Los resultados son insumos esenciales para la elaboración de metrados y presupuestos de estructuras de bambú y ofrecen valores comparativos para guiar la toma de decisión en el diseño.

Palabras clave: bambú, *Guadua*, construcción, unión, conector, costo, mano de obra

ABSTRACT

The study describes and analyzes the costs of joints used in the construction with bamboo culms, both conventional models and innovation joints developed to reduce execution times and facilitate the workflow. The results are essential inputs for the elaboration of meds and budgets of bamboo structures and offer comparative values to guide decision-making in the design.

Key words: Bamboo, *Guadua*, construction, joint, connector, cost, labor

¹ Universidad de San Martín de Porres
ivuc@usmp.pe

Introducción

Antecedentes

En la construcción con bambú rollizo, las uniones son un tema fundamental y a la vez complejo, dado que la naturaleza tubular e irregular de este perfil natural dificulta el desarrollo de conectores (Barnet & Jabrane, 2019). En el método tradicional de uniones se requieren realizar cortes especiales que demandan tiempo y un saber hacer específico (Figura 2). Eso se traduce en costos de mano de obra relativamente alto. Para suplantar esta problemática se han creado cada vez más conectores con materiales, técnicas y funciones muy variadas.

En una búsqueda de optimización de los procesos de construcción, el Instituto de Vivienda Urbanismo y Construcción (IVUC) de la Universidad de San Martín de Porres (USMP) ha desarrollado unos conectores de extremidad y articulaciones para ser implementadas en varios tipos de proyectos (Figura 3), y en particular para el desarrollo de un sistema constructivo en base a bambú y madera de ingeniería que busca ser rápido y fácil de ensamblar. Este proyecto está volcado en la construcción de un prototipo de vivienda (Figura 1) cuyo fin es evaluar, optimizar y validar el sistema propuesto.



Figura 1. Diseño de prototipo de vivienda de bambú y madera de ingeniería. (IVUC)



Figura 2. Unión usual con boca de pescado. (Barnet & Jabrane, 2019)



Figura 3. Conector de extremidad y articulación IVUC (Barnet & Jabrane, 2019)

Objetivos

El presente estudio busca definir la cantidad de materiales y tiempos de mano de obra de todas las uniones empleadas en el proyecto de vivienda antes mencionado, con la finalidad de generar información esencial para la elaboración de su presupuesto, así como de cualquier otra estructura de bambú que emplea esas uniones.

Además, los resultados obtenidos permiten medir el rendimiento económico de los conectores desarrollados por el IVUC comparado a uniones tradicionales que cumplen funciones análogas. El artículo tiene también como finalidad describir e ilustrar cada una de las uniones estudiadas, con sus procesos de montaje correspondiente. El estudio no contempla los aspectos de comportamiento estructural de las uniones.

Materiales y método sujeto y materiales del estudio

Dentro de las uniones estudiadas, cinco son usuales y descritas en la Norma Peruana E100 y tres corresponden a uniones nuevas desarrolladas por el IVUC. La lista completa está detallada en la Tabla 1. La especie de bambú utilizada es del género *Guadua* y tiene un diámetro promedio de 10 cm.

Tabla 1

Uniones estudiadas

Nº	DESCRIPCIÓN
UNIONES USUALES	
1	Pico de flauta con perno tensor
2	Boca de pescado con perno tensor
3	Unión sobre base de concreto con fierro y mortero
4	Unión longitudinal con eucalipto interior
5	Unión tipo perno pasante
UNIONES DE INNOVACIÓN DEL IVUC	
6	Unión perpendicular con tapa de madera
7	Unión de tope de madera articulado a una platina
8	Unión de tope de madera articulado a un bambú

Método

Para cada una, se ha definido la cantidad de materiales empleados, y se ha medido el tiempo necesario de mano de obra,

diferenciando la prefabricación y los procesos de colocación en obra de forma separada.

En el caso de las uniones usuales, se empleó el diseño contemplado en el Reglamento Nacional de Edificación (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012) y se pidió a un experto de realizar cada unión en el piso para cronometrarlo (Figura 4). Para condiciones incómodas (en altura) el tiempo es muy variable y con el fin de tener una estimación, se entrevistó a especialistas con más de 10 años de experiencia. También se contrastó los valores con resultados del estudio “*Aportes de mano de obra y materiales, para la creación de partidas en la construcción con bambú*” (Chinchayán, 2016).



Figura 4. Proceso de ejecución de una unión usual con pico de flauta por un experto



Figura 5. Proceso de una unión de tope de madera con articulación a una platina por un voluntario no profesional.

Costos unitarios empleados

Todos los montos indicados en este artículo no incluyen impuestos, en particular el IGV (Impuesto General a la Venta) de 18%

en el Perú. Son montos referenciales en 2020 en la ciudad de Lima. En las siguientes tablas se detallan los costos unitarios utilizados para el estudio.

Tabla 2

Costos unitarios de materiales

Ítem	Unidad	Costo Unitario S/.
Varilla roscada 3/8"	m	2.1
Tuerca de 3/8"	Und	0.1
Arandela de 3/8"	Und	0.075
Varilla Roscada 1/2"	m	3.9
Tuerca de 1/2"	Und	0.15
Arandela de 1/2"	Und	0.1
Fierro 3/8" de 9m	m	14.6
Cemento 42.5 kg	Und	18.6
Arena gruesa 40kg	Und	5.5
Eucalipto de 2 1/2"	m	4.5
Plancha OSB 244x122x1.8cm	Und	64
Tornillo #12 de 1 1/2" autoperforante	Und	0.25
Perno de 3/8" x 2"	Und	0.5
Pernos de expansión 3/8 " x 4"	Und	2
Tirafón 4" (4mm)	Und	1.5
Guadua tratada 6m, diam. Aprox. 4"	Und	36

Tabla 3

Costos unitarios piezas prefabricadas

Ítem	Unidad	Costo Unitario S/.
Varilla con bocina soldada (fig. 6)	Pieza	3
Platina tipo 1 y 2 (fig.8)	Pieza	8
Pieza de articulación (fig. 6)	Pieza	14
Tope de madera tornado (Figura 7)	Pieza	7

Tabla 4

Costos horarios de mano de obra

Ítem	Costo horario S/.
Carpintero especialista en construcción con bambú	24
Operario	22.94*
Oficial	18.14

Nota: (Revista Costos, 2020)



Figura 6. Pieza de articulación + varilla con bocina



Figura 7. Pieza de madera tornada + piezas de articulación + varilla con bocina



Figura 8. Platinas tipo 1

Resultados

Tiempos según actividades

La primera etapa del estudio ha sido cronometrar el tiempo necesario para realizar una actividad específica, que se detalla en la tabla 6. Es importante notar que son tiempos brutos de actividades realizadas en el piso, que no incorporan nociones de tiempos intermedios, descansos, fatiga, etc. Estos elementos tienen que ser añadidos cuando se desarrollan análisis de rendimiento para una obra.

Tabla 5

Tiempos para realizar actividades específicas en el piso (una persona) relativos a uniones convencionales

Actividad	Equipamiento	Tiempo en min
Corte recto	Ingletadora	0.5
Corte recto *	Amoladora	0.5
Corte recto	Serrucho	1.5
Corte Boca de pescado *	Formón, martillo, sierra	8
Corte Boca de pescado * (fig.9)	Amoladora o caladora	4.5
Corte Pico de flauta ¹ *	Formón, martillo, sierra	17
Corte Pico de flauta ¹ *	Amoladora o caladora	8
Sacar diafragma interno	Formón + martillo	2
Fijación con perno tensor *	Taladro + amoladora	8
Fijación de un perno pasante	Taladro + amoladora	4.5
Llenado de un canuto con mortero ²	Taladro	6
Corte y colocación eucalipto	Ingletadora	1

* actividad que requiere de una persona especializada

¹ Ángulo menor de 45°

² No contempla la preparación de la mezcla

Tabla 6

Tiempos para realizar actividades específicas en el piso (una persona) relativos a las uniones de innovación

Actividad	Equipamiento	Tiempo en min
Fijación platina tipo A	Atornillador eléctrico	2
Fijación platina tipo B	Taladro	10
colocación pieza de articulación	Taladro	7
Colocación conector de extremidad (Figura 10)	Atornillador eléctrico	5
Fijación de la pieza de bambú con conector	Llave	1
Regulación conector de extremidad	Llave	5
Unir tapa de madera con tirafón	Taladro	5
Conectar tapa de madera con otra pieza	Atornillador eléctrico	2



Figura 9. Corte Pico de Flauta con amoladora



Figura 10. Colocación conector de extremidad

Análisis de costo de habitación piezas de bambú

Cualquiera sea la unión por realizar, una pieza de bambú pasa por un proceso de selección y medición que difiere de la mayor parte de los otros materiales de construcción por las siguientes razones:

- Ningún bambú es idéntico al otro y totalmente recto, por lo tanto, se tiene que identificar cuáles son los tallos más apropiados para la pieza deseada.
- Se buscan tener nudos en ambos extremos de la pieza, por lo que la búsqueda de la pieza por extraer del bambú se suele hacer con dos personas con una wincha.

Una vez marcada la pieza, se pasa al proceso de corte. En el caso del presente estudio se emplea una ingletadora.

Tabla 7

Costo unitario mano de obra para la habitación piezas de bambú. Se considera tiempo para dos oficiales

Pasos	Tiempo		PU Operario	Costo S/.
	Min	HH		
Selección y medición	3.5	0.12	18.14	2.12
2 Cortes	1	0.033	18.14	0.60
TOTAL	4.5	0.15		2.72

Estos 4.5 minutos se tienen que asociar a todas las piezas de bambú de un proyecto, independientemente de su tamaño. Este resultado supera de 90 segundos las conclusiones de otro estudio (Chinchayán Plasencia, 2016), seguramente por el proceso de selección que se contempló aquí.

TIEMPOS Y COSTOS DE LAS UNIONES REALIZADAS EN EL PISO

En función a los costos unitarios y los tiempos registrados, se elaboró una ficha técnica que detalla los procesos de fabricación/instalación de cada unión y su costo bruto correspondiente. La síntesis se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8

Costos y tiempos de armado (en el piso) de las uniones estudiadas

TIPO	Ilustración	Costo/unidad Tiempo armado. (Sin proceso de habilitación)
UNIONES CONVENCIONALES	01 - Unión con pico de flauta	 S/. 12.64 26 min
	02 - Unión con boca de pescado	 S/. 10.24 22 min
	03 - Unión sobre base con fierro y mortero	 S/. 5.24 13 min
	04 - Unión tipo perno pasante	 S/. 3.53 9 min
	05 - Unión longitudinal con eucalipto interior	 S/. 11.86 14 min
	06 - Unión perpendicular con tapa de madera	 S/. 9.57 14 min
UNIONES DE INNOVACIÓN	07 - Unión de tope de madera articulado a platina	 S/. 30.97 14 min
	08 - unión de tope de madera articulado a bambú	 S/. 30.86 15 min

Uniones en altura

Como la mayoría de los trabajos en una obra, existe una gran diferencia de tiempos entre una actividad realizada en el piso y una actividad realizada en altura sobre un andamio, de una forma más o menos cómoda en función al tipo de configuración. Por esas variables, resultó complejo definir de forma exacta tiempos específicos. Sin embargo, la larga experiencia de maestros especializados en construcción con bambú permite establecer rangos. En este estudio, se entrevistó a tres de ellos y se promedió sus respuestas en la siguiente tabla.

Tabla 9

Estimación de tiempos para realizar actividades específicas por un experto con herramientas eléctricas.

Actividad	Piso 1 experto (minutos)	Andamio 1 experto + asistente (minutos)
Corte y fijación Boca de pescado	10	20
Corte y fijación Pico de flauta	25	45
Perno pasante	4	7.5
Colocar una pieza con doble boca de pescado	45*	60
Colocar una pieza con doble Pico de Flauta	60	90
Relleno de un canuto con mortero	10	17.5

*47 min de promedio en estudio Chinchayán, 2016 (para una pieza a un metro de altura próximamente)

Según los resultados, se constata que las actividades complejas toman entre 50% y 100% más tiempo que la misma actividad realizada en el piso, además de requerir un asistente.

Comparación de caso

Para evaluar la eficiencia de los conectores de innovación empleados en el prototipo de vivienda del IVUC, se comparó el costo de colocación de un pie amigo con dichas uniones versus la misma pieza colocada con uniones convencionales con corte en pico de flauta.

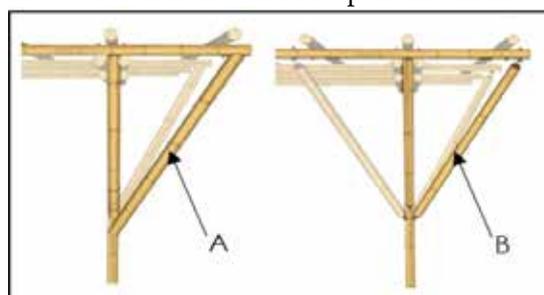


Figura 11. Pie amigo A) con doble pico de Flauta; B) con conectores de innovación

Tabla 10

Comparativo para el caso del pie amigo

Ítems	A- con doble pico de flauta	B- con doble conector de innovación
Tiempo bruto prefabricación	4	26
Tiempo de armado	90	9
Costo de Mano de obra	58.35	11
Costo materiales	2.90	55
Costo Total	61.25	66.0

Los resultados muestran un costo directo similar entre las dos soluciones, con una diferencia de 7.7% en favor de la técnica tradicional, pero el tiempo de ejecución de la solución con conectores es inferior a la mitad, lo que permite reducir de forma significativa tiempos de obra, así como disminuye de forma significativa riesgos de accidentes ya que no se realizan ningún corte en altura. Cabe señalar que la solución convencional demanda una mano de obra muy experimentada y que cualquier error cometido en los cortes especiales significa volver a empezar desde cero, mientras los conectores permiten regular la dimensión de la pieza y evitar cualquier tipo de inconveniente.

FICHAS TÉCNICAS DE LAS UNIONES ESTUDIADAS

FICHA TÉCNICA 1 **TIPO 1 - UNIÓN CONVENCIONAL CON PICO DE FLAUTA**

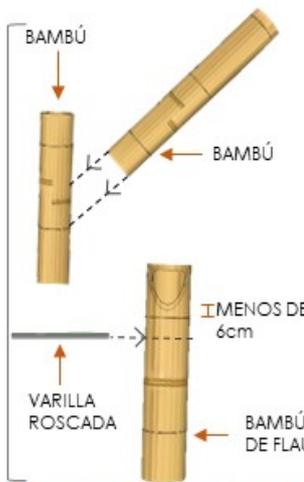


UNIÓN ENTRE UNA EXTREMIDAD DE BAMBÚ Y OTRO BAMBÚ CON UN ÁNGULO DIFERENTE A 90 GRADOS UTILIZANDO EL CORTE PICO DE FLAUTA Y UNA FIJACIÓN CON PERNO TENSOR. REQUIERE MANO DE OBRA ESPECIALIZADA.

ENSAMBLAJE

1

Medir y ubicar el bambú en el lugar que se necesite. Luego, trazar y cortar el pico de flauta con una herramienta eléctrica hasta que encaje correctamente. Sacar el diafragma interior e introducir la varilla roscada por debajo del nudo. Por último, cortar a ras del bambú.



BAMBÚ

BAMBÚ

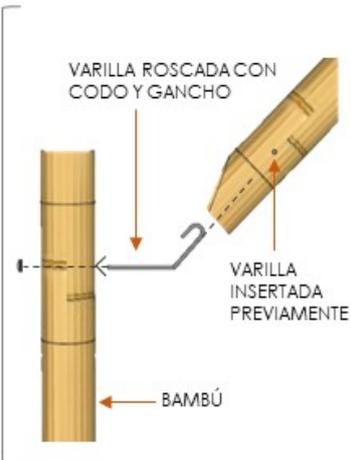
VARILLA ROSCADA

IMENOS DE 6cm

BAMBÚ CON PICO DE FLAUTA

2

Doblar la varilla roscada con gancho* en el ángulo necesario. Luego, enganchar la varilla, ajustar y asegurar la unión con la tuerca y arandela. Cortar el sobrante de la varilla.



VARILLA ROSCADA CON CODO Y GANCHO

VARILLA INSERTADA PREVIAMENTE

BAMBÚ

COSTOS

Material	Unidad	Cant.	P.U	Parcial
Varilla roscada 3/8"	m	0.6	2.25	1.35
Tuerca	Unidad	1	0.075	0.075
Arandela	Unidad	1	0.05	0.05
Subtotal				1.48

Pasos	Tiempo		P.U Mano de Obra	Parcial
	Min	HH		
1	12	0.20	24.00	4.80
2	8	0.133333	24.00	3.20
2*	2	0.03	18.14	0.60
Subtotal	22	0.366667	-	8.60

Precio total sin IGV : 10.08

DATOS EXTRA

El corte para el pico de flauta se puede hacer con formón y martillo; en ese caso, el tiempo cambia a:

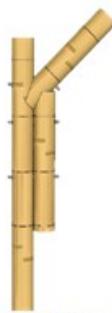
- Paso 1: 17 min
- Paso 2: 8 min
- Total: 25 min

*El gancho se forma calentando la varilla para facilitar el proceso. Se contabilizó dos (2) minutos por gancho.

VARIACIONES



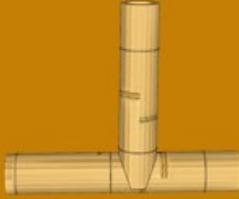
También se puede conservar una "oreja" ubicada en la parte más baja de la caña. Así se podrá insertar en la perforación ejecutada, previamente, en la otra caña.



Unión de pico de flauta con bambú de refuerzo. El bambú de refuerzo se acopla con pico de flauta a la pieza armada y a su vez se emperna con la pieza vertical.

FICHA TÉCNICA 2

TIPO 2 - UNIÓN CONVENCIONAL CON BOCA DE PESCADO

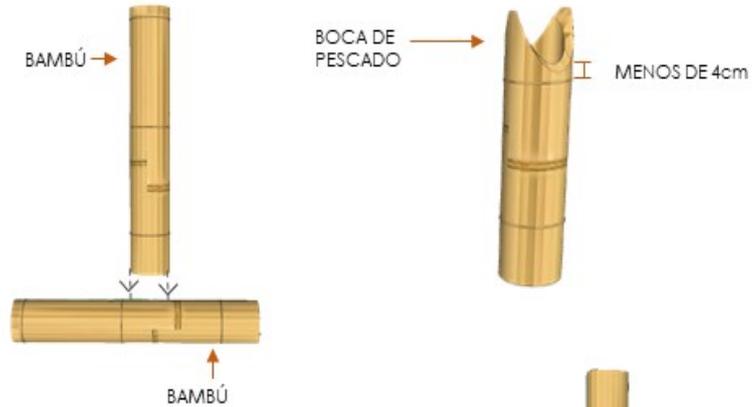


UNIÓN ENTRE UNA EXTREMIDAD DE BAMBÚ Y OTRO BAMBÚ PERPENDICULAR UTILIZANDO EL CORTE BOCA DE PESCADO Y UNA FIJACIÓN CON PERNO TENSOR. REQUIERE MANO DE OBRA ESPECIALIZADA.

ENSAMBLAJE

1

Medir y ubicar el bambú en el lugar que se necesite. Luego, trazar y cortar la boca de pescado con una herramienta eléctrica. Verificar si la pieza encaja correctamente y sacar el diafragma interno.



2

Introducir la varilla roscada de 3/8" en el bambú con la boca de pescado y cortar la varilla al ras. Luego, colocar la varilla con gancho* y sujetarla en la pieza armada previamente. Ajustar y asegurar con la tuerca y arandela. Cortar el sobrante de la varilla.



COSTOS

Material	Unidad	Cant.	P.U	Parcial
Varilla roscada 3/8"	m	0.6	2.25	1.35
Tuerca	und	1	0.075	0.075
Arandela	und	1	0.05	0.05
Subtotal				1.48

Pasos	Tiempo		P.U Mano de Obra	Parcial
	Min	HH		
1	6	0.10	24.00	2.40
2	6	0.1	24.00	2.40
2*	2	0.03	18.14	0.60
Subtotal	14	0.43	-	5.40

Precio total sin IGV: S/. 6.88

DATOS EXTRA

El corte de boca de pescado se puede hacer con formón y martillo. En ese caso, el tiempo cambia a :

- Paso 1: 9 min
- Paso 2: 6 min
- Total: 15 min

*El gancho se forma calentando la varilla para facilitar el proceso. Se contabilizó dos (2) minutos por gancho.

FICHA TÉCNICA 3

TIPO 03- UNIÓN SOBRE BASE DE CONCRETO CON FIERRO Y MORTERO



UNIÓN CON FIERRO (QUE SALE DEL SOBRECIMIENTO) EMPOTRADO EN EL BAMBÚ CON RELLENO DE MORTERO EN LOS CANUTOS.

ENSAMBLAJE

1

Doblar el hierro en forma de gancho. Sacarlos diafragmas de la parte inferior del bambú y colocar el tallo en el hierro.



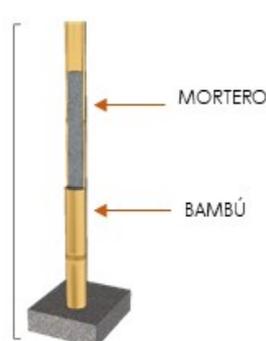
2

Colocar un pasador que asegure el gancho. Con cierra de copa, hacer un agujero (4cm Ø max.) en la parte superior de los canutos porrellenar.



3

Por el agujero, rellenar los canutos con mortero (cemento + arena gruesa). Golpear, ligeramente, el bambú para vibrar el mortero y asegurar un correcto relleno.



4

Cerrar el agujero colocando la tapa de bambú cortada previamente.



COSTOS

Material	Unidad	Cant.	P.U	Parcial
Fierro 3/8"	m	0.9	1.6	1.44
Cemento	und	0.04	18.6	0.744
Arena gruesa	und	0.2	5.5	1.1
Subtotal				3.28

Pasos	Tiempo		P.U Mano de Obra	Parcial
	Min	HH		
1	6	0.10	18.14	1.81
2	3	0.05	18.14	0.91
3	7.5	0.13	18.14	2.27
4	0.5	0.01	18.14	0.15
Subtotal	17	0.28	-	5.14

Precio total sin IGV: \$/8.42

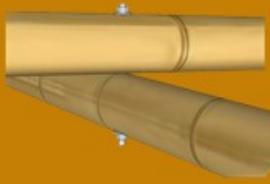
DATOS

Considerando que todos los bambúes son diferentes, los canutos tienen medidas variadas. Por eso, se debe asegurar que el mortero cubra todo el hierro sobresaliente sin importar la cantidad de canutos existentes.

La proporción sugerida para el mortero es la siguiente:
cemento 1, arena gruesa 5

FICHA TÉCNICA 4

TIPO 04- UNIÓN CON PERNO PASANTE

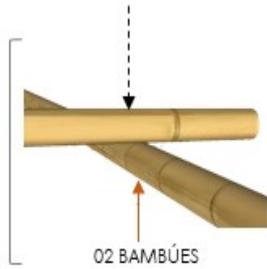


UNIÓN DE BAMBÚES YUXTAPUESTOS CON PERNO PASANTE. SE PUEDE REALIZAR PARA BAMBÚES ALINEADOS O CON CUALQUIER TIPO DE ÁNGULO. SE PUEDE TAMBIÉN EMPLEAR ESTA UNIÓN PARA CONECTAR MÁS DE DOS BAMBÚES A LA VEZ.

ENSAMBLAJE

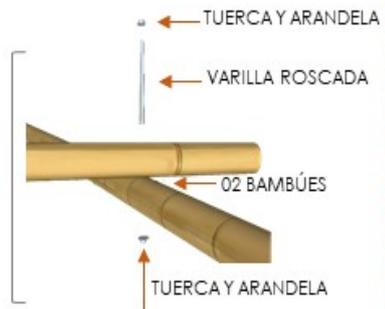
1

Acomodar los bambúes en la posición deseada. Luego, sujetarlos y perforarlos en la unión.



2

En la perforación, insertar la varilla roscada (de 3/8" o 1/2" según se requiera) y asegurar por ambos lados con tuerca y arandela sin aplastar los bambúes. Cortar al ras el excedente de la varilla*.



COSTOS

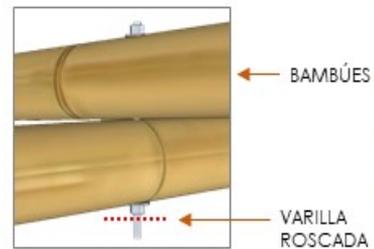
Material	Unidad	Cant.	P.U	Parcial
Varilla roscada 3/8"	m	0.3	2.25	0.675
Tuerca 3/8"	und	2	0.075	0.15
Arandela 3/8"	und	2	0.05	0.1
Subtotal				0.93

Pasos	Tiempo		P.U Mano de Obra	Parcial
	Min	HH		
1	1	0.02	18.14	0.30
2	3.5	0.06	18.14	1.06
Subtotal	4.5	0.08	-	1.36

Precio total sin IGV: S/.2.29

DATOS EXTRA

Recortar el excedente de varilla roscada para que quede al ras de la tuerca.

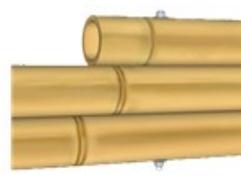


En caso de utilizar una varilla de 1/2", el costo de materiales es de S/. 1.67 sin IGV.

VARIACIONES



UNIÓN CON DOS BAMBÚES PARALELOS



UNIÓN CON TRES BAMBÚES PARALELOS

Para calcular el costo total de la unión, añadir 10cm de varilla roscada por bambúes adicionales.

FICHA TÉCNICA 5

TIPO 05- UNIÓN LONGITUDINAL CON MADERA INTERIOR

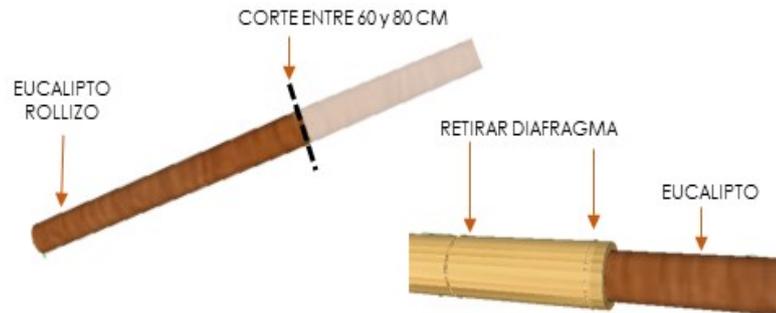


UNIÓN PARA CONECTAR LAS EXTREMIDADES DE DOS BAMBÚES ALINEADOS EMPLEANDO UN TROZO DE EUCALIPTO INCRUSTADO AL INTERIOR DE LOS TALLOS Y ASEGURADO CON PERNOS DE 3/8".

ENSAMBLAJE

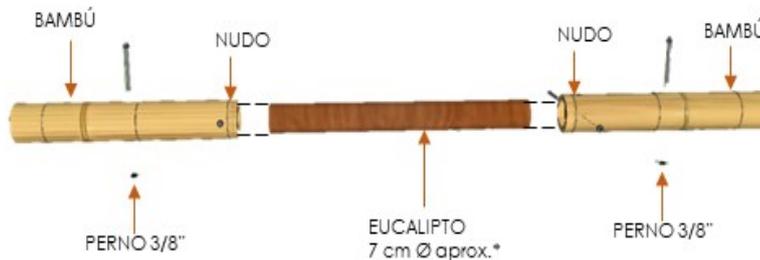
1

Cortar un trozo de eucalipto y retirar los diafragmas interiores de la extremidad de los bambúes. Comprobar que la madera encaja bien (no debe quedar muy suelta).



2

Introducir el eucalipto en los dos bambúes y asegurarlo con dos varillas roscada de 3/8" colocadas de forma perpendicular en cada bambú. Cortar al ras los excedentes.



COSTOS

Material	Unidad	Cant.	P.U	Parcial
Varilla roscada 3/8"	m	0.6	2.25	1.35
Eucalipto	m	0.8	4.5	3.6
Arandelas	und	8	0.05	0.4
Tuercas	und	8	0.075	0.6
Subtotal				5.95

Pasos	Tiempo		P.U Mano de Obra	Parcial
	Min	HH		
1	8	0.13	18.14	2.42
2	10	0.17	24.00	4.00
Subtotal	18	0.30	-	6.42

Precio total sin IGV: S/.12.37

DATOS EXTRA

*El diámetro del eucalipto puede variar según el diámetro interior del bambú. Algunas veces es necesario entallar la madera para que encaje.

FICHA TÉCNICA 6

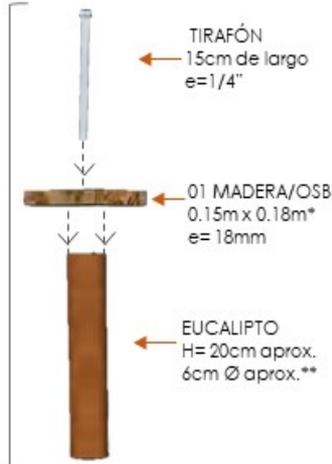
TIPO 06- UNIÓN PERPENDICULAR CON TAPA DE MADERA



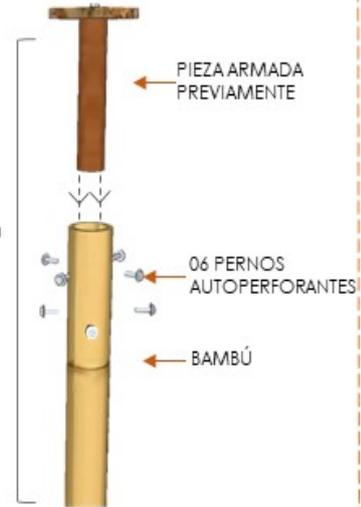
PIEZA DE MADERA INCRUSTADA DENTRO DE LA EXTREMIDAD DE UN BAMBÚ Y QUE SE EMPERNA AL ELEMENTO DESEADO (COMO VIGAS).

ENSAMBLAJE

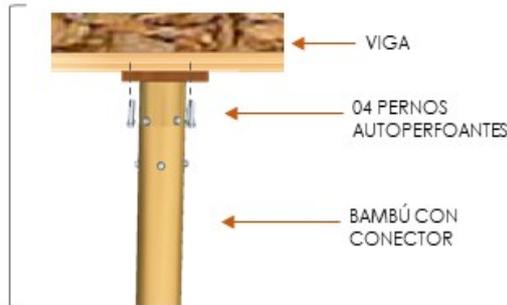
1
Cortar un trozo de eucalipto rolizo de 20 cm de largo. Preparar una plancha de madera (OSB) de la dimensión deseada. Luego, unir ambos con un tirafón.



2
Introducir la pieza armada en el bambú y asegurada con pernos distribuidos en dos hiladas intercaladas.



3
Se une la plancha de madera al elemento perpendicular con pernos auto perforantes.



DATOS

* Se puede colocar una tapa de OSB o de madera con espesor de 18mm. El tamaño cambia según las variaciones que se empleen.

** El diámetro del eucalipto debe permitir un buen encaje en el bambú.

COSTOS

Material	Unidad	Cant.	P.U	Parcial
Tirafón 1/4"	und	1	1	1
Madera OSB e=18mm	und	0.027	64	1.73
Eucalipto	m	0.2	4.5	0.9
Pernos autoperf.	und	10	0.2	2
Subtotal				5.63

Pasos	Tiempo		P.U Mano de Obra	Parcial
	Min	HH		
1	9	0.15	18.14	2.72
2	5	0.08	18.14	1.51
3	3	0.05	18.14	0.91
Subtotal	14	0.23	-	5.14

Precio total sin IGV: S/. 10.77

VARIACIÓN



Se puede utilizar una plancha más grande para unir varios tallos de bambú a la vez.

CONEXIÓN MÚLTIPLE

FICHA TÉCNICA 7

TIPO 07- UNIÓN DE TOPE DE MADERA ARTICULADO A UNA PLATINA



ESTA ARTICULACIÓN PERMITE CONECTAR UNA EXTREMIDAD DE BAMBÚ CON UN ELEMENTO PLANO. LAS PERFORACIONES DE LA PLATINA VARIAN EN FUNCIÓN AL TIPO DE MATERIAL AL CUAL SE ANCLA. (COMO CONCRETO O MADERA). EL CONECTOR PERMITE REGULAR SU LONGITUD EN UN RANGO DE 2.5cm.

ENSAMBLAJE

1

Fijar la platina en el elemento deseado. Si es madera, se colocan cuatro tornillos. En caso de concreto se ponen dos pernos expansivos.



2

Amar el conector introduciendo la varilla roscada de 1/2" dentro el tope de madera que se perforó previamente. Luego, girar la varilla dentro de la tuerca incrustada.



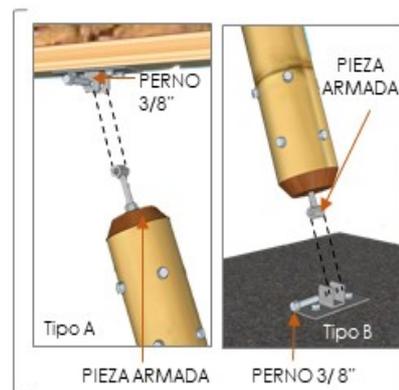
3

Insertar el tope de madera en el bambú. Asegurarlo con dos hileras intercaladas de tornillos que deben estar separadas (6cm aprox). Al terminar el proceso, debe verificarse que la varilla siga girando.



4

Conectar la bocina a la platina mediante un perno de Ø 3/8".



COSTOS

Material Tipo 03 - A	Unidad	Cant.	P.U	Parcial
Tope de madera	pza	1	7	7
Varilla con bocina	pza	1	4.4	4.4
Tornillos autoperf.	und	10	0.2	2
Arandelas 1/2"	und	2	0.1	0.2
Tuerca 1/2"	und	3	0.135	0.405
Platina metálica	pza	1	8	8
Perno 3/8"	und	1	0.5	0.5
			Subtotal	22.51

Pasos	Tiempo		P.U Mano de Obra	Parcial
	Min	HH		
1 (tipo A)	3	0.05	18.14	0.91
2	4	0.07	18.14	1.21
3	5	0.08	18.14	1.51
4	2	0.03	22.94	0.76
Subtotal	14	0.23	-	4.39

Precio total sin IGV: S/.26.90

DATOS EXTRA

* Después del ensamblaje de uniones en ambos extremos del bambú se procede a colocarlo en la estructura general. Si se necesitara regular el tamaño del bambú, el tiempo a consideras es de cinco minutos.

** Para el Tipo B (en concreto), se utiliza otro tipo de fijación; por ende, el costo del material varía:

Material	Cant.	P.U	Parcial
Perno de expan.	2	1.50	3.00

Este caso:
Precio de material : s/.24.70

FICHA TÉCNICA 8

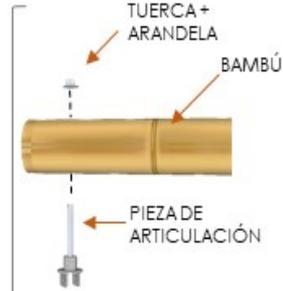
TIPO 08- UNIÓN DE TOPE DE MADERA ARTICULADO A UN BAMBÚ



ARTICULACIÓN QUE CONECTA UNA EXTREMIDAD DE BAMBÚ A OTRO BAMBÚ CON CUALQUIER TIPO DE ÁNGULO. EL CONECTOR PERMITE REGULAR LA LONGITUD EN UN RANGO DE 2.5cm.

ENSAMBLAJE

1
Ubicar la pieza según dimensiones del proyecto. Perforar la pared de bambú que recibe la articulación con una sierra de copa de Ø1" y el lado opuesto con una broca de 1/2". Introducir la pieza de articulación y asegurarla con tuerca y arandela.



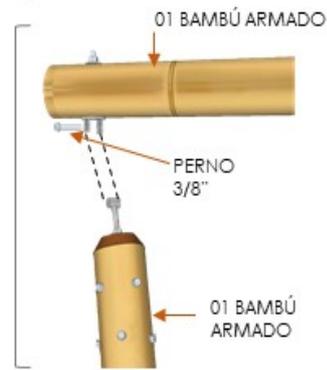
2
Amar el conector introduciendo la varilla roscada de 1/2" dentro el tope de madera que se perforó previamente. Luego, girar la varilla dentro de la tuerca incrustada*.



3
Insertar el tope de madera en el bambú y asegurarlo con dos hileras intercaladas de tornillos. Las hileras deben estar separadas (6 cm aprox.) Cada vez que se van poniendo los pernos verificar si la varilla sigue girando.



4
Conectar la bocina a la pieza de articulación mediante un perno de Ø 3/8". Si fuera necesario, regular la distancia girando el bambú.



METRADO

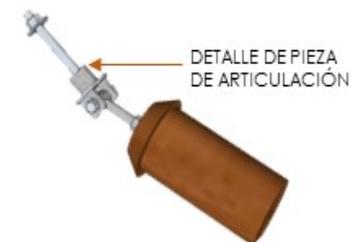
Material	Unidad	Cant.	P.U	Parcial
Tope de madera	pza	1	7	7
Pieza de articulación	pza	1	10.3	10.3
Varilla con bocina	pza	1	4.4	4.4
Tornillos autoperf.	und	6	0.2	1.2
Perno 3/8"	und	1	0.5	0.5
Arandelas 1/2"	und	2	0.1	0.2
Tuercas 1/2"	und	3	0.135	0.405
Subtotal				24.01

Pasos	Tiempo		P.U Mano de Obra	Parcial
	Min	HH		
1	4	0.07	18.14	1.21
2	4	0.07	18.14	1.21
3	5	0.08	18.14	1.51
4	2	0.03	22.94	0.76
Subtotal	15	0.25	-	4.70

Precio total sin IGV: S/28.71

DATOS EXTRA

* En la parte inferior del tope de madera se encuentra una tuerca encastrada en la madera que permite regular la posición de la varilla con bocina



Conclusiones

Los resultados muestran que existe una notable diferencia del tiempo de ejecución entre una unión efectuada en el piso y una realizada en altura, sobre todo para uniones que demandan cortes especiales. Por lo tanto, es recomendable favorecer diseños que permitan ejecutar la mayor parte del trabajo en el piso, y en particular las uniones más complejas. Se confirman así observaciones sobre los beneficios de la prefabricación para optimizar los procesos en la construcción con bambú (Barnet & Jabrane, 2017), en las cuales se saca provecho del muy bajo peso de ese material para pre-armar grandes componentes estructurales.

En procesos de prefabricación, las uniones convencionales, y en particular la del perno pasante, son las menos costosas y por lo tanto siguen vigentes si se cuenta con mano de obra calificada. Sin embargo, para conexiones en altura, las uniones con conectores preinstalados, que demandan únicamente colocar un perno in situ, resultan ser económicamente competitivas. Como ventaja, hacen ganar tiempo en la obra, reducen significativamente el trabajo riesgoso en altura y aseguran la calidad de la conexión sin requerir una mano de obra especializada. Además, son regulables y fáciles de desmontar, características que no ofrecen

las uniones convencionales. Por lo tanto, representan una alternativa efectiva para sustituir las uniones complejas en una obra y cualquier tipo de construcción que tiene vocación a ser montada muy rápidamente y/o desmontada.

Para ampliar el rango de uso de esas uniones, se tendría que disminuir significativamente los costos de los conectores; de esa manera se volverían atractivas hasta en los procesos de prefabricación.

Si bien las uniones de innovación no han presentado fallas en los prototipos construidos y han demostrado una buena ductilidad en ensayos exploratorios (solo para esfuerzos paralelos al tallo de bambú), resultaría importante realizar estudios detallados de su comportamiento estructural.

Reconocimientos

Por su participación en los procesos de desarrollo y fabricación de prototipos, se agradece a las siguientes personas: Hector Llaven, Manuel Piña, Victor Barraza, Remi Albert, Eduardo Perilla y el equipo del IVUC en general. También se reconoce los aportes de los expertos en construcción con bambú que fueron consultados en este estudio: Maximiliano Galarza, Jairo Llamo y Carlos Huayta.

Referencias

- Barnet, Y., & Jabrane, F. (2017). Diseño de proyectos con bambú en Lima como estrategia de difusión de un método constructivo alternativo y sostenible. *Campus*, 22(23).
- 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).
- Barnet, Y., & Jabrane, F. (2019). *Diseñar y Construir en bambú en el Perú*. Lima: Fondo editorial USMP.
- Chinchayán, L. (2016). Aportes de mano de obra y materiales, para la creación de partidas en la construcción con bambú. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). Reglamento Nacional de Edificación. *E100 Bambú*.
- Revista Costos. (2020). Suplemento técnico. *Costos*(304).