



ADHERENCIA EN EL CONCRETO REFORZADO CON BAMBÚ

Adherence in the reinforced concrete with bamboo

Wilder Roger Vargas Vásquez ^{1*}; Alfonso Cerna Vásquez ²;
Johana Nayeli Cuéllar Cajahuaringa ²

¹ Investigador independiente, Lima, Perú. Email

² Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, 15024, Lima, Perú.

* E-mail: wjvargas@lamolina.edu.pe

Recibido: 24/08/2019; Aceptado: 15/12/2020; Publicado: 30/12/2020

ABSTRACT

The world, research on the use of bamboo as a concrete reinforcement has achieved an improvement in reducing water absorption. However, no better adherence has been achieved between these elements. Therefore, the objective of this research was to propose other alternative treatments to the bamboo surface to improve adhesion efforts with concrete. Initially, physical and mechanical tests were carried out to determine the characteristics of the bamboo used. Subsequently, adherence tests were continued, for which specimens were made (4 “x8” concrete specimens embedded in their interior and at different depths bamboo slats waterproofed with RC-250 liquid asphalt). The slats were smooth and ribbed with a medium sand attachment. Then the bond strength values were determined. Finally, bamboo-reinforced beams were made which were subjected to bending tests. The results showed a better performance of the ribbed and waterproofed slats with asphalt and medium sand additive. A bond strength of 6,7 kg / cm² was achieved on the bamboo reinforced beams. This presents an increase of the order of 2,5 times the tensile strength compared to a beam without reinforcement.

Keywords: Bamboo; bamboo splint; concrete; bamboo reinforced concrete; bond strength; tensile strength

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue proponer tratamientos alternativos a la superficie del bambú, que permitan mejorar los esfuerzos de adherencia con el concreto. Primero se realizaron ensayos físicos y mecánicos para determinar las características del bambú utilizado. Luego se realizaron ensayos de adherencia, para lo cual se elaboraron especímenes (probetas de concreto de 4”x8” embebidas en su interior y a diferentes profundidades tablillas de bambú impermeabilizadas con asfalto líquido RC-250), las tablillas fueron lisas y acanaladas con aditamento de arena media; se determinaron los valores de esfuerzos de adherencia. Finalmente, se elaboraron vigas reforzadas con bambú las cuales fueron sometidas a pruebas de flexión. Los resultados mostraron un mejor comportamiento de las tablillas acanaladas e impermeabilizadas con asfalto y aditamento de arena media, logrando un esfuerzo de adherencia de 6,7 kg/cm², del cual se concluye que el comportamiento de las vigas reforzadas con bambú presenta un incremento del orden de 2,5 veces la resistencia de tracción en comparación a una viga sin refuerzo.

Palabras clave: Bambú; tablilla de bambú; concreto; concreto reforzado con bambú; esfuerzo de adherencia; resistencia a la tracción

Forma de citar el artículo (Formato APA):

Vargas, W., Cerna, A., & Cuéllar, J. (2020). Adherencia en el concreto reforzado con bambú. *Anales Científicos*. 81(2), 365-375. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v81i2.1666>

Autor de correspondencia (*): Wilder Vargas Vásquez. Email: wjvargas@lamolina.edu.pe

© Los autores. Publicado por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

This is an open access article under the CC BY

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas estructurales de concreto reforzado con acero, en las construcciones rurales, es poco frecuente debido a su alto costo; frente a ello, el uso del bambú como refuerzo resulta una potencial alternativa para elementos de concreto reforzado debido a su comprobada capacidad de carga, menor costo y peso ligero según Dan Gan et al. (2020). Kathiravan et al. (2017) explican el reciente procesamiento del bambú en tamaños típicos de barras de refuerzo que pueden ser usadas en lugar de las barras de acero convencionales.

En el país, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2012), emitió la norma técnica peruana E.100 que, señala las características y condiciones para las estructuras de bambú; sin embargo, la norma no define parámetros en cuanto a la construcción de bambú asociado a otros materiales. En la búsqueda de materiales de construcción menos contaminantes, González (2001) reporta algunas investigaciones a nivel internacional sobre la utilización del bambú como refuerzo del concreto, estas investigaciones al igual que muchos estudios mantienen resultados poco alentadores; siendo el problema principal la baja adherencia entre el bambú y el concreto, la cual se debe principalmente al aumento de volumen del bambú con la humedad, al embeberse en el concreto fresco y su posterior contracción al secarse, lo cual produce grietas en la superficie del concreto y la pérdida de la adherencia entre los dos materiales. Ante este problema diferentes investigadores han tratado de reducir la absorción de agua usando diferentes tratamientos de impermeabilización, logrando una mejora, pero no lo suficiente en la adherencia. El propósito de la presente investigación es mejorar los esfuerzos de adherencia entre el bambú y el concreto, proponiendo para ello, tratamientos alternativos a la superficie del bambú.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la investigación se basa en pruebas y ensayos mecánicos de esfuerzos, cuyo proceso es detallado de manera secuencial y con especificaciones físicas de cada elemento utilizado. Los materiales de estudio fueron: el bambú de la especie *Guadua angustifolia*, concreto, arena y asfalto líquido de curado rápido RC-250. Respecto a esta especie de bambú, el MVCS (2012) estableció que el módulo de elasticidad mínimo es de 7300 MPa, y para los esfuerzos admisibles mínimos a compresión, corte y tensión son 13, 1 y 16 MPa, respectivamente.

Cálculo de esfuerzos admisibles

El esfuerzo admisible es el máximo al que puede ser sometido el material, con un cierto grado de seguridad en la estructura o elemento que se considere. En un diseño real, el esfuerzo admisible (o esfuerzo de trabajo) ha de ser inferior al límite de proporcionalidad, con objeto de que pueda aplicarse en todo momento la relación lineal entre esfuerzos y deformaciones que establece la ley de Hooke (Capera y Erazo, 2012). La siguiente expresión indica el esfuerzo admisible según la sollicitación (F_i).

$$F_i = \frac{FC}{(F_s)(FDC)} (f_{ki})$$

Donde:

f_{ki} = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación i
FC= Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación en la estructura (Tabla 1).

F_s = Factor de reducción (Tabla 1).

FDC= Factor de duración de carga (Tabla 1).

i = Subíndice que indica el tipo de sollicitación mecánica.

Metodología del trabajo

Para el estudio del material en investigación, primero se tuvo que realizar la caracterización del bambú, el cual consistió en realizar ensayos (Figura 1) físicos (hinchamiento y contenido de humedad) y mecánicos (Tabla 2) bajo la Norma Técnica Colombiana 5525.

- **Hinchamiento**

Debido al cambio volumétrico que experimenta el bambú con los cambios en su contenido de humedad, se realizó la adaptación del ensayo de hinchamiento ejecutado por Atauje (1986) en su estudio de “Adherencia Bambú-Concreto” el cual consistió en introducir las muestras en un depósito lleno de agua, y tomar lecturas de espesor, diámetro y peso a los 24, 48,

72, 96 y 120 horas de estar sumergidas en agua. Se realizó las pruebas en probetas (de altura igual a su diámetro externo) sin impermeabilizar, y con recubrimiento de asfalto líquido por una y ambas caras (interior y exterior) del bambú.

- **Contenido de humedad**

Se realizó a todas las muestras después de finalizado los ensayos mecánicos siguiendo las recomendaciones de la normativa colombiana NTC5525, para determinar el porcentaje de masa que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto a la masa del bambú anhidro

Tabla 1. Factores de reducción (NSR-10, 2010).

Factor	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión ⊥	Corte
FC	-	0,5	-	-	0,6
Fs	2	2	1,5	1,8	1,8
FDC	1,5	1,5	1,2	1,2	1,1

Tabla 2. Propiedades Mecánicas de la *Guadua angustifolia*.

Ensayo	Cantidad de ensayos	Propiedad obtenida
Ensayo de tensión paralela a la fibra	9	Resistencia a la tensión paralela a la fibra
Ensayo de compresión paralela a la fibra	12	Resistencia a la compresión paralela a la fibra
Ensayo de corte paralelo a la fibra	12	Resistencia al corte paralelo a la fibra

- **Ensayo de tensión paralela a las fibras**

Se ensayaron 09 probetas considerando la posición del culmo por donde fue cortada la probeta (inferior, media, superior). Además, todas las probetas ensayadas tuvieron nudo ubicado en la mitad de la

porción de ensayo. Las medidas de la porción de ensayo fueron alrededor de los 100 mm, un ancho de 10 mm y espesores que variaron entre 7 y 11,7 mm.

- **Ensayo de compresión paralela a las fibras**

Se ensayaron 12 probetas considerando la posición del culmo por donde fue cortada la probeta (inferior, media, superior) y la presencia o no del nudo. La dimensión de la probeta fue de altura igual a su diámetro externo.

- **Ensayo de corte paralelo a las fibras**

Se ensayaron 12 probetas bajo el mismo formato de corte y dimensión del ensayo a compresión. Sin embargo, en este ensayo las probetas se apoyaron en su extremo inferior con dispositivos metálicos que procuran la falla por corte.

Finalmente, para el estudio del concreto reforzado con bambú se realizaron las siguientes pruebas:

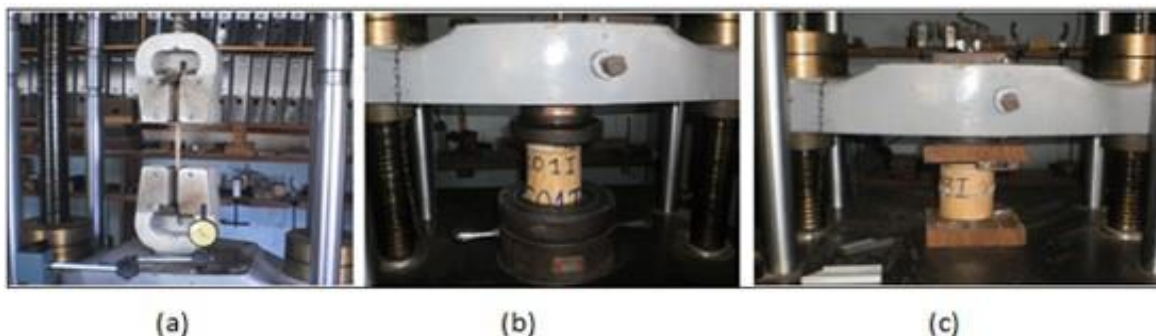


Figura 1. (a) Ensayo de tensión, (b) ensayo de Compresión y (c) ensayo de Corte.

- **Adherencia**

Con el fin de reducir la absorción de agua y aumentar la adherencia entre el bambú y el concreto, Ikponmwo et al. (2017) utilizó tiras de bambú recubiertas con betún y arena esparcida sobre la capa de betún para inducir aspereza en la superficie; sin embargo, no concluyó resultados significativos.

Por tanto, en esta investigación se estudió la influencia del asfalto líquido de curado rápido RC-250 como impermeabilizante para el bambú, y el comportamiento de la adición de arena media como elemento de mejora en la adherencia.

El asfalto líquido de curado rápido RC-250 es de uso en frío, la función del asfalto sobre las tablillas de bambú fue impedir la absorción del agua del concreto y con ello reducir el hinchamiento del mismo, el cual es causante de la disminución de los esfuerzos de adherencia.

Se inició con el corte de tablillas de bambú (lisas y acanaladas) (Figura 8), para luego impermeabilizar las tablillas con asfalto líquido RC-250. Luego, se prepararon 48 probetas cilíndricas de concreto de 4"x8" y tablillas de bambú que fueron empotradas una longitud de 15 y 20 cm en el interior de la probeta (Figura 2 y 9). Los ensayos de adherencia se ejecutaron a una velocidad aproximada de 0,61 mm/min y una frecuencia de 4 Hz, los cuales fueron realizados adaptando la norma ASTM C234-71 a los 14 y 28 días. También se realizó una muestra de probetas de concreto con acero 3/8". Finalmente, para la validación de resultados se utilizó el modelo

estadístico de Análisis de Varianza ANOVA, con 03 repeticiones y un nivel de confianza del 95%.

- **Ensayo flexo tracción**

Se siguió los lineamientos de la NTP 339.078 (2012) que establece los procedimientos para efectuar el ensayo de tracción por flexión de probetas prismáticas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la luz.

Las probetas fueron 24 vigas de concreto (15x15x60cm) reforzadas con bambú, cuyo comportamiento a flexión está determinado por las propiedades mecánicas del bambú, el concreto y la adherencia entre ellos.

Se elaboraron 6 grupos de vigas, de las cuales 3 grupos contaron con refuerzo longitudinal de bambú en forma de tablillas (4 tablillas lisas, 4 tablillas acanaladas y 2 tablillas acanaladas), 2 grupos tuvieron refuerzo de acero (23/8" y 43/8") y el último grupo no tuvo refuerzo. La cuantía utilizada fue aproximadamente el 2,3% y para la resistencia a corte se colocó estribos de 6 mm ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$). La calidad del concreto a los 28 días es de 210 kg/cm^2 .

El procedimiento para la elaboración de vigas y efectuar el ensayo son: Elaboración del encofrado de las vigas. Corte de tablillas longitudinales de bambú (ancho 2,5 cm, espesor 0,8 cm y largo 40 cm) y varillas de acero 3/8". Realizar y separar tablillas lisas y acanaladas. Impermeabilización con asfalto líquido de curado rápido RC-250 las tablillas de bambú (Figura 3). Armado de las vigas con refuerzo

de bambú (Figura 4) y refuerzo de acero con recubrimiento de 2,5 cm. Vaciado, desencofrado y curado de las vigas. Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas

simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

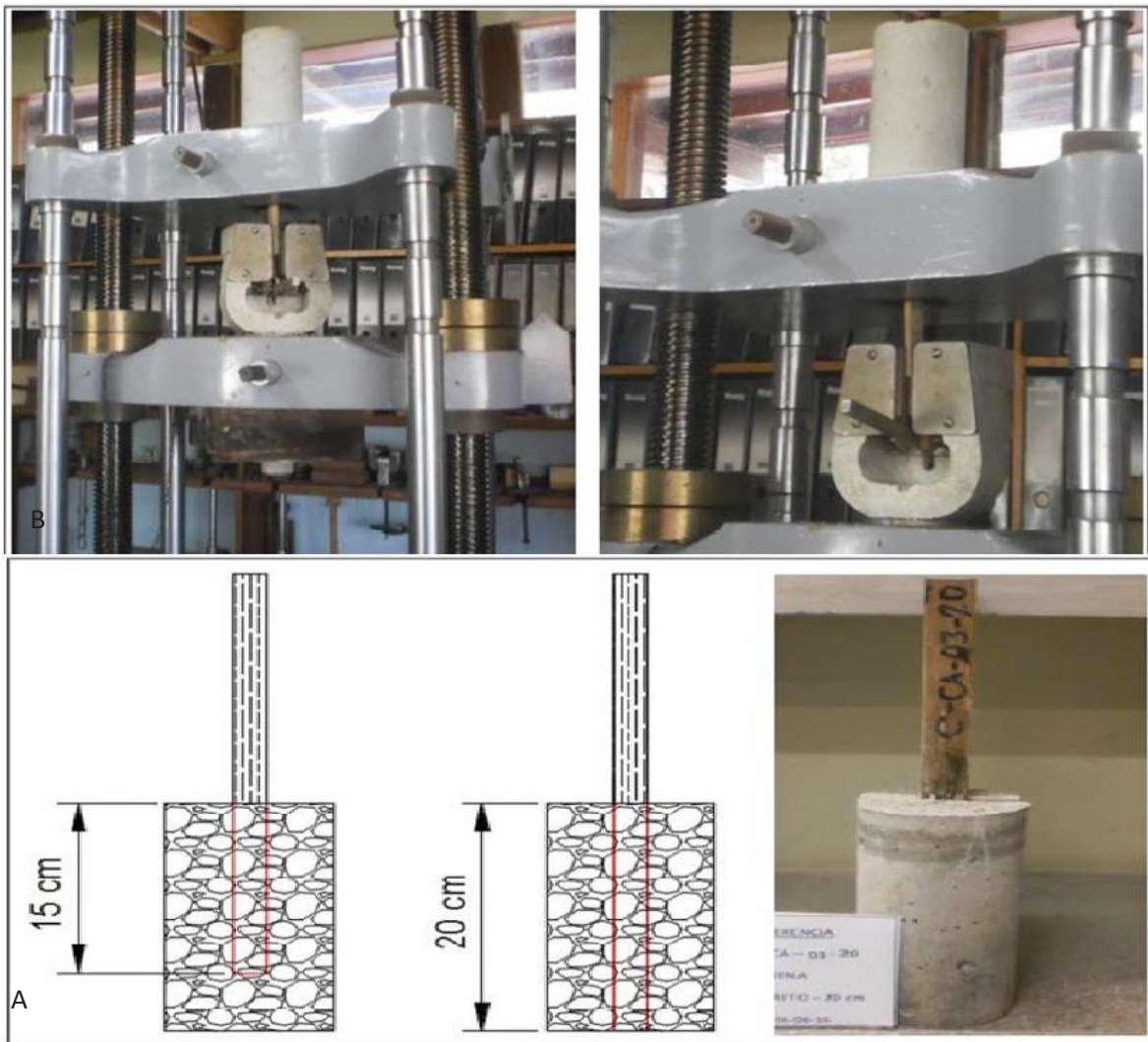


Figura 2. Probeta preparada (A) y su ejecución de ensayo por adherencia (B).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del bambú

Los resultados obtenidos del estudio de las propiedades físicas de la *guadua angustifolia* fueron:

Hinchamiento

El hinchamiento del material es la principal característica que se desea mitigar por el cambio

volumétrico, por ello se sometió a diversas pruebas para disminuirlo. Se observa en la Figura 5 una disminución en la variación del 92,94% en el espesor, 97,42% en el diámetro y 61,12% en el peso cuando el espécimen es impermeabilizado solo la cara interna. Mientras que un 97,58% en el espesor, 99,06% en el diámetro y 87,67% en el peso cuando el espécimen es impermeabilizado ambas caras con asfalto líquido RC-250.

Contenido de humedad

Se alcanzó 10,52% de contenido de humedad en las muestras extraídas de todas las probetas ensayadas para las diferentes solicitaciones mecánicas. Estos resultados están dentro del rango establecido por el reglamento colombiano NSR-10 ($CH \leq 12\%$), para ser utilizados como material estructural sin que la humedad afecte sus características mecánicas.

Ensayo de tensión paralela a las fibras

Se observó que existe una variación a lo largo de la longitud del bambú, a medida que aumenta la altura disminuye el espesor de la pared mientras que el porcentaje de fibras con respecto al área de la pared aumenta. El promedio de la resistencia a tensión en la parte inferior del bambú es de $861,62 \text{ kg/cm}^2$, en la parte media y superior es $915,78$ y $1109,29 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente.

Del estudio de las propiedades mecánicas de la *guadua angustifolia* se obtuvo:



Figura 3. Habilitación del refuerzo y encofrado de las vigas.

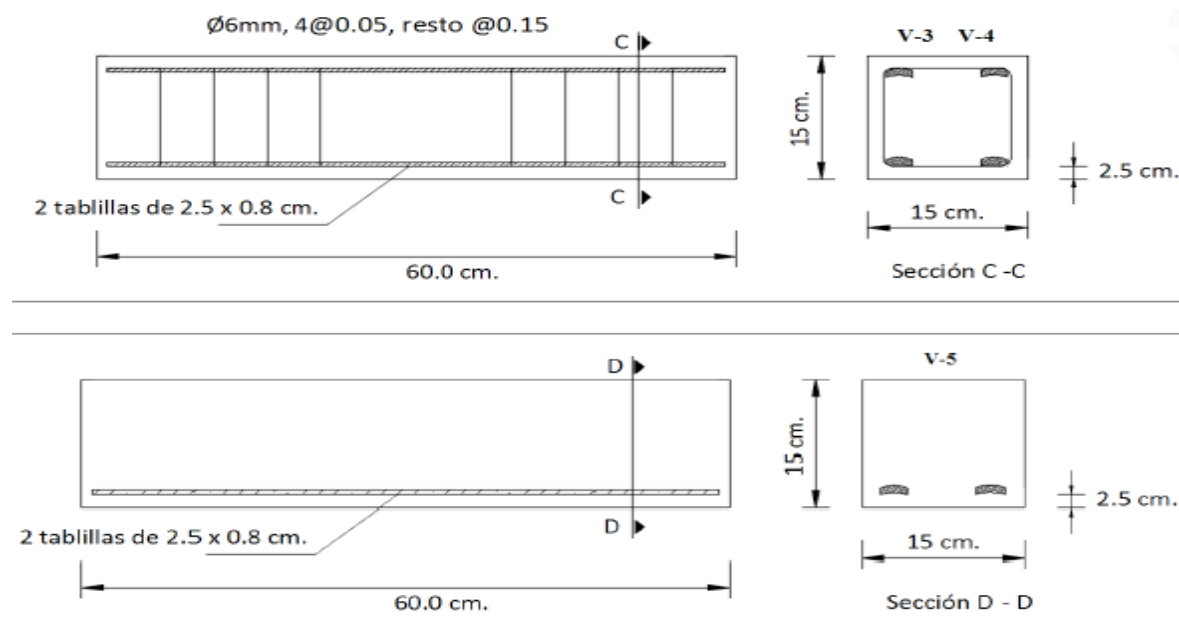


Figura 4. Vigas de concreto reforzadas con tabilla de bambú, con o sin estribos (cuantía 2)

En la Tabla 3 el promedio de resultados por grupo de muestras, cabe mencionar que el ensayo se realizó en la zona crítica, es decir en la zona de nudos, debido a que esta parte del bambú es débil por la orientación de algunos haces vasculares como lo confirma también Sajjad et al. (2020). Además, Gutiérrez y Takeuchi (2014) sostienen que los

valores de máxima tensión en probetas sin nudo son superiores en un 10 a 20% al valor de la máxima tensión en probetas con nudo intermedio.

Ensayo de compresión paralela a las fibras

Aumento de la resistencia (Tabla 4) en la parte superior del bambú (570 kg/cm^2) mientras que en la

parte media e inferior se registró 543,23 y 424,52 kg/cm² respectivamente, debido al menor espesor de la pared del bambú en la parte media a baja. Además, la resistencia a la compresión paralela a la fibra no varía significativamente por la presencia de nudo en las probetas.

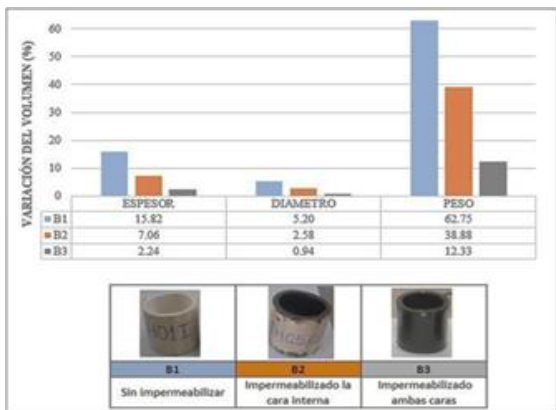


Figura 5. Ensayo físico de Hinchamiento.

Ensayo de corte paralelo a las fibras

En Tabla 5 se evidencian la diferencia entre el esfuerzo último promedio de la parte media 51,75 kg/cm² y el total de la zona del culmo, en la parte inferior y superior se registró 64,14 y 67,14 kg/cm² respectivamente. Por tanto, que la distribución y concentración de las fibras en el sentido longitudinal afecta la resistencia en la parte media del bambú para este tipo de sollicitación mecánica.

Tabla 3. Esfuerzo último promedio de tensión paralela a las fibras.

Parte	Muestra	$\sigma_{\text{último}}^2$
Inferior	ET1I	849,11
	ET2I	951,81
	ET3I	783,95
Medio	ET4M	806,32
	ET5M	850,75
	ET6M	1090,26
Superior	ET7S	951,05
	ET8S	1177,89
	ET9S	1198,93
Promedio		962,23
Desviación estándar		158,30
Coeficiente de variación (%)		16,45
Percentil 5		792,90

Por otro lado, las probetas sin nudo fueron 5,1% superiores a las probetas con nudo, sin distinción de la sección del bambú por donde fueron extraídas las probetas. Entonces, la presencia o no de nudo en el bambú es indiferente al esfuerzo último de corte, como se ha demostrado en otras investigaciones (Pantoja y Acuna, 2005).

Tabla 4: Esfuerzo último promedio de compresión paralela a las fibras.

N°	Parte	Caract.	Muestra	$\sigma_{\text{último}}^2$
1	Inferior	sin	EC1I	480,79
2		nudo	EC2I	451,54
3		con	EC3I	345,20
4	Medio	nudo	EC4I	420,55
5		sin	EC5M	545,64
6		nudo	EC6M	550,26
7	Superior	con	EC7M	551,67
8		nudo	EC8M	525,35
9		sin	EC9S	564,80
10		nudo	EC10S	595,89
11		con	EC11S	571,66
12		nudo	EC12S	548,22
Promedio				512,63
Desviación estándar				73,77
Coeficiente de variación (%)				14,39
Percentil 5				386,64

Cálculo de esfuerzos admisibles

La disminución del esfuerzo último a tensión que luego se reflejó en el esfuerzo admisible por tensión (Figura 6), puede estar influenciada por el contenido de humedad (11%) como lo demuestran estudios realizados por (Gutiérrez y Takeuchi, 2014), quienes concluyeron que la disminución de la resistencia a tensión paralela a la fibra en un rango de humedades por debajo del 10% del contenido de humedad, puede estar relacionada con el debilitamiento del tejido de soporte o tejido parenquimático.

Concreto reforzado con bambú

Ensayo de adherencia entre el bambú y el concreto

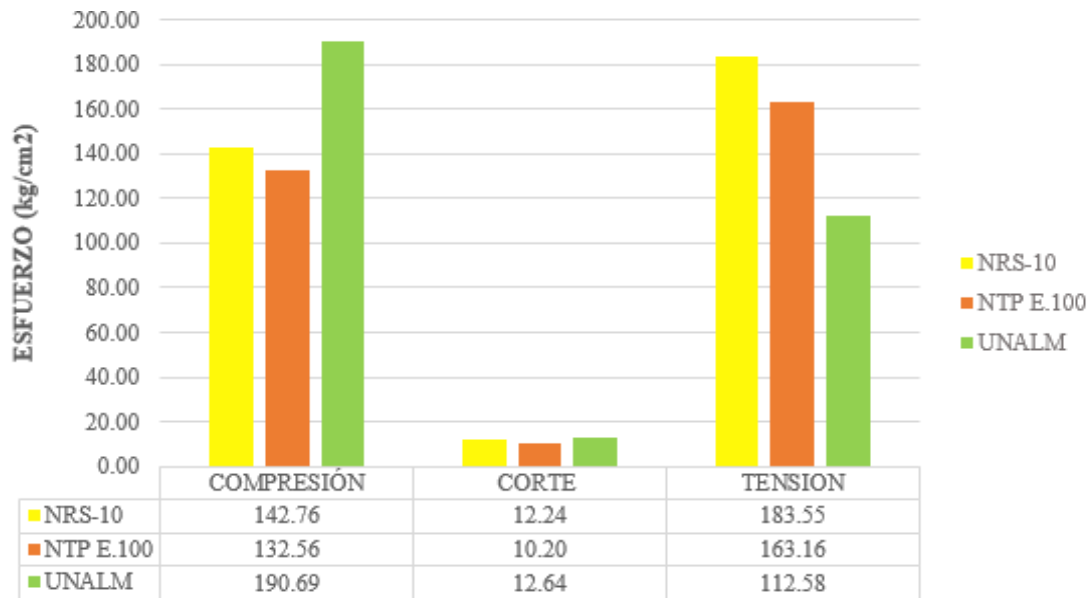
La tablilla que presenta una mejora del esfuerzo de adherencia entre el bambú y el concreto es la tablilla acanalada (Figura 8), debido a sus hendiduras se asemeja al acero corrugado. Además, se observó que las tablillas acanaladas (Figura 9) que tuvieron

aditamiento de arena e impermeabilizadas con asfalto (6,66 kg/cm²) lograron un 35% más del esfuerzo de adherencia que la tablilla acanalada sin impermeabilizar (4,30 kg/cm²). Esta respuesta representa también un 13,20% del esfuerzo de adherencia logrado por el acero y concreto (50,55 kg/cm²). Ver en la Figura 7 estos resultados obtenidos.

El efecto de ensayar las probetas a los 14 y 28 días no marcó una influencia significativa en el desarrollo de la adherencia, al igual que la longitud de empotramiento el cual también fue expuesto por Gonzáles (2001).

Tabla 5. Esfuerzo último promedio de corte paralelo a las fibras.

N°	Parte	Caract.	Muestra	$\sigma_{\text{último}}$
1	Inferior	sin	EC1I	67,22
2		nudo	EC2I	60,60
3		con	EC3I	64,92
4		nudo	EC4I	63,83
5	Medio	sin	EC5M	43,24
6		nudo	EC6M	55,29
7		con	EC7M	57,68
8	Superior	nudo	EC8M	50,80
9		sin	EC9S	53,05
10		nudo	EC10S	77,14
11		con	EC11S	68,39
12		nudo	EC12S	69,96
Promedio				61,01
Desviación estándar				9,46
Coeficiente de variación (%)				15,50
Percentil 5				47,40



Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente	Norma Técnica Peruana	Investigación
NSR-10	NTP E.100	UNALM

Figura 6. Comparación de esfuerzos admisibles.

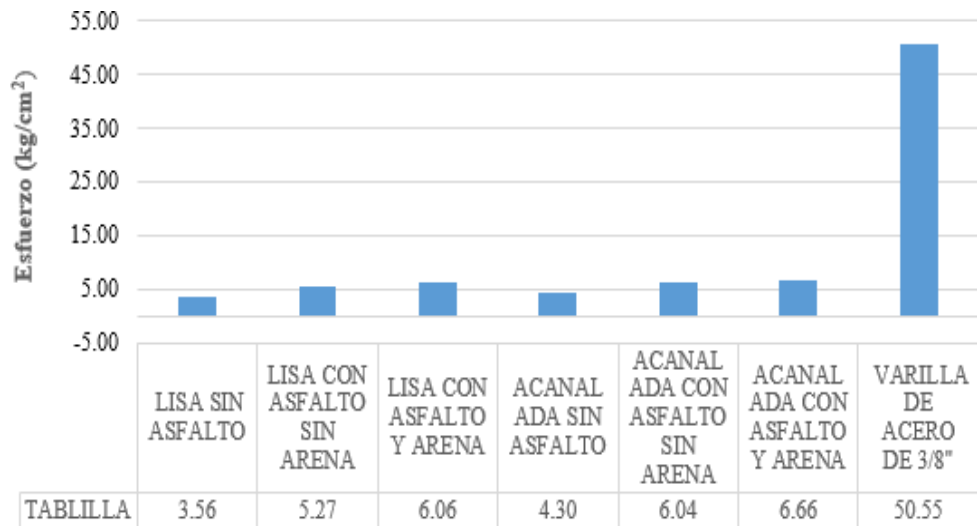


Figura 7. Ensayo mecánico de adherencia entre bambú y concreto.

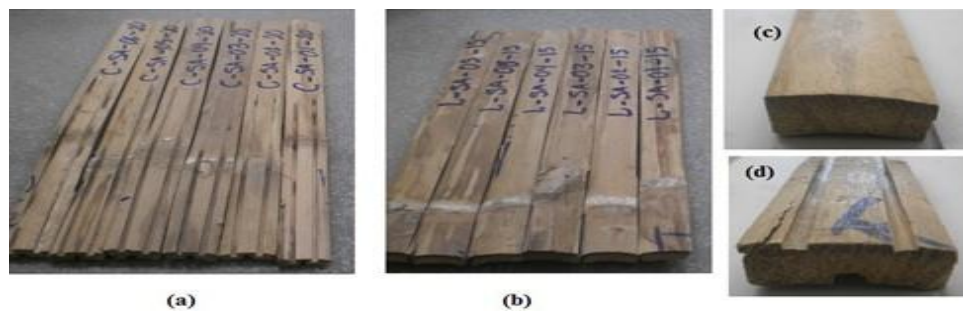


Figura 8. Tipos de tablillas de bambú utilizadas en el ensayo de adherencia lisa (b) y (c), y acanaladas (a) y (d).



Figura 9. Especimen con tablilla acanalada, impermeabilizada con asfalto y recubierta con arena.

Ensayos flexo tracción en vigas de concreto con refuerzo de bambú

La Figura 10 muestra que, para las vigas reforzadas con bambú, la mayor resistencia se presentó en la viga V-4 (cuatro tablillas acanaladas) con un valor de 75,32 kg/cm²; la menor resistencia a tracción se presentó en la viga V-5 (dos tablillas acanaladas) con un valor de 57,32 kg/cm².

La resistencia a flexo tracción de la viga V-4 (75,32 kg/cm²) representa el 46,1% de la resistencia de la viga reforzada con cuatro varillas de acero V-1 (163,40 kg/cm²), debido a que el bambú tiene una resistencia a la tracción en casi el 25% del acero grado 60 según Sajjad et al. (2020).

También se observó un aumento de 2,5 veces la resistencia de la viga V-4 (75,32 kg/cm²) en comparación con una viga sin refuerzo V-6 (30,39

kg/cm) como también lo comprobaron Pankaj y Debarati (2020) en la India.

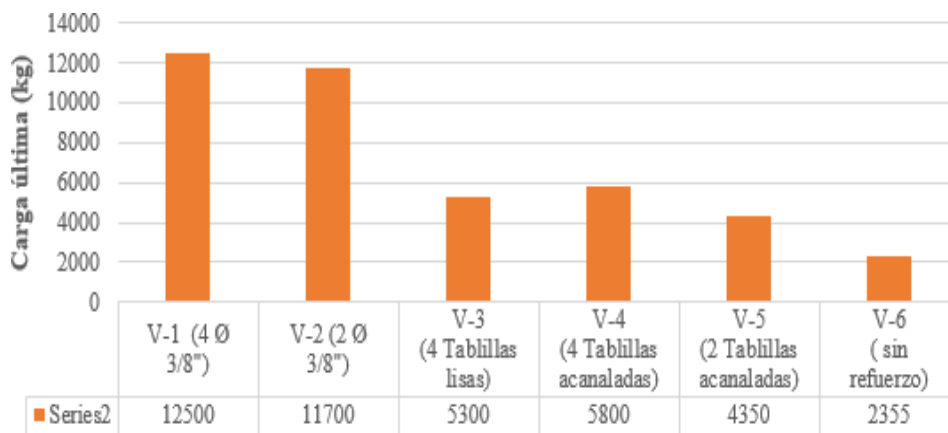


Figura 10. Ensayo mecánico de flexión en vigas.

4. CONCLUSIONES

El uso de asfalto líquido RC-250 como impermeabilizante disminuir la variación volumétrica del bambú, evitando la formación de fisuras al momento de la interacción bambú-concreto. Emplear tablillas acanaladas e impermeabilizadas con asfalto líquido RC-250 y aditamento de arena media es una forma eficiente de mejorar la adherencia entre el concreto y el refuerzo de bambú. Además, la mejor alternativa de viga reforzada con bambú son las que contienen 4 tablillas de refuerzo acanaladas e impermeabilizadas con asfalto líquido RC-250, del estudio corresponde a las probetas del tipo V-4 (75,3 kg/cm²). Las cuales alcanzan aproximadamente el 46,5 % de la carga y momento último que se obtiene con vigas reforzadas con acero V-1 (varillas de fierro de 3/8''); y es 2,5 veces más resistente a tracción que una viga V-6, sin refuerzo (30,4 kg/cm²).

Conflictos de intereses

Los autores firmantes del presente trabajo de investigación declaran no tener ningún potencial conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito.

Contribuciones de los autores

Preparación y ejecución: WV, ACV, JCC; Desarrollo de la metodología: WV, ACV, JCC; Concepción y diseño: WV, ACV, JCC; Edición del artículo: WV, ACV, JCC; Supervisión del estudio: WV, ACV, JCC.

5. LITERATURA CITADA

- Atauje, M. (1986). Adherencia Bambú-Concreto (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú: Lima, Perú.
- Capera, A., & Erazo, W. (2012). Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la Guadua angustifolia de Municipio de Pitalito-Huila (tesis de pregrado). Universidad Surcolombiana: Neiva, Colombia.
- Dan, G., Zexiang, Li., Tao, Z., Xuhong, Z., & Kwok-fai, C. (2020). Axial compressive behaviour of circular concrete-filled steel tubular stub columns with an inner bamboo culm. *Estructuras*, 26: 156-168.
- Gonzales, L. (2001). Uso del bambu en el concreto armado. Palmira, Colombia: Feriva.

- Gutierrez, M., & Takeuchi, C. (2014). Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela del bambú *Guadua angustifolia* Kunth. *Scientia et Technica*, 19(3): 245-250. doi:<https://doi.org/10.22517/23447214.9117>
- Ikponmwosa, E., Fapohunda, C., Kolajo, O., & Eyo, O. (2015). Structural behaviour of bamboo-reinforced foamed concrete slab containing polyvinyl wastes (PW) as partial replacement of fine aggregate. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, 29: 348-355.
- Kathiravan, N., Manojkumar, R., Jayakumar, P., Kumaraguru, J., & Jayanthi, V. (2020). State of art of review on bamboo reinforced concrete. *Materials today proceedings*, s.p.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2012). Norma Técnica E.100. Lima, Perú.
- Pankaj, R., & Debarati. (2020). Experimental evaluation of bamboo reinforced concrete beams. *Journal of Building Engineering*, 28: 101071.
- Sajjad, Q., Assif, H., Rayed, A., Fahid, A., & Hisham, A. (2020). Flexural strength improvement in bamboo reinforced concrete beams subjected to pure bending. *Journal of Building Engineering*, 31: 101289.