



Manual de Mantenimiento para Construcciones de Bambú



Ministerio de Desarrollo
Urbano y Vivienda



©MSB, SOMOS, FUNHABIT, INBAR., 2021. Manual de Mantenimiento para Construcciones de Bambú.
Quito-Ecuador

Acerca de este documento

Este manual fue realizado por la Mesa Sectorial del Bambú en Ecuador (MSB), la Fundación SOMOS, la Fundación Ecuatoriana del Hábitat-FUNHABIT y la Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR) a través del proyecto *“Apoyo a la Construcción Sostenible a través de la Escuela Taller de Manabí y el Fortalecimiento de la Cadena Productiva de Construcción con Bambú”*, financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

Contenido técnico

Robert Bermeo, Daniela Cadena, Nicolás van Drunen, Luis Gallegos, Raúl Hidalgo Zambrano, Felipe Jácome, Rafael López, Riccardo Mondello, Fabián Moreno, Andrea Olvera, Esteban Torres Haro, Robinson Vega

Equipo técnico de la Subsecretaría de Vivienda del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador.

Sistematización

Vanessa Pinto

Revisión Técnica Externa

Sebastian Kaminski

Ilustraciones

Jorge Yépez

Fotografías

Daniel Cadena

Riccardo Mondello

Juan Salazar

Saúl Vera

INBAR, Oficina para América Latina y el Caribe

ARUP

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	4
2. EL BAMBÚ Y SU APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN	5
3. CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL USO DEL BAMBÚ EN LA CONSTRUCCIÓN	12
3.1 Requisitos de calidad del material	12
3.2 Requisitos de diseño según los respectivos componentes de la vivienda	13
3.3 Requisitos de construcción según los respectivos componentes de la vivienda	15
3.4. Mantenimiento	15
4. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS CONSTRUCCIONES CON BAMBÚ	16
4.1 Descripción de patologías	16
4.2 Evaluación periódica	21
5. RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES CON BAMBÚ	23
5.1 Pérdida de color de los culmos	23
5.2 Rajadura de culmos	24
5.3 Oxidación o corrosión en herrajes	24
5.4 Fisuras en enlucido de paredes	25
5.5 Afectaciones por insectos	25
5.6 Afectaciones por hongos	25
6. RECOMENDACIONES PARA LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE BAMBÚ	27
6.1 Afectaciones por uso inadecuado del bambú en la construcción	27
6.2 Reemplazo de culmos	31
6.3 Reemplazo de la sección inferior de una columna	31
6.4 Reducción de luces para pisos	33
7. BIBLIOGRAFÍA	34
8. ANEXOS	35

1. INTRODUCCIÓN

El bambú es un recurso natural renovable. Cuenta con más de 1.642 especies distintas, distribuidas en las zonas tropicales y subtropicales del planeta, muchas de ellas con características maderables (INBAR, 2021). Algunas, gracias a sus características físico mecánicas y de manejo, pueden convertirse en un sustituto ideal de la madera y utilizarse como materia prima para la construcción. Además, el fortalecimiento de la cadena productiva del bambú presenta un alto potencial para el desarrollo sostenible por su impacto en las economías familiares y por las múltiples funciones ambientales que puede cumplir (MAG, MSB e INBAR, 2018).

Sin embargo, el inadecuado uso del bambú en la construcción o la falta de mantenimiento de las edificaciones construidas con este material pueden afectar su durabilidad y resistencia estructural. Pensando en ello, el presente documento ha sido desarrollado con el objetivo de promover el uso adecuado del bambú en la construcción a través de la difusión de recomendaciones para su mantenimiento.

El Manual de Mantenimiento para Construcciones de Bambú se elaboró a partir de lo establecido en la NEC-SE-GUADÚA, de la información bibliográfica disponible sobre el tema, del Conversatorio Técnico sobre Mantenimiento para Estructuras de Bambú: Teoría y Práctica realizado en junio de 2021 con la participación de varios especialistas (Anexo 1 listado completo), y las recomendaciones recogidas mediante consultas a los expertos mencionados en los créditos de esta publicación. Es, asimismo, fruto de un esfuerzo conjunto entre la Mesa Sectorial del Bambú en Ecuador-MSB, con su Eje Temático de Construcción, la Organización Internacional del Bambú y el Ratán-INBAR, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo-AECID, la Fundación SOMOS y la Fundación Ecuatoriana del Hábitat-FUNHABIT.

El documento está organizado en cuatro partes: una primera parte que aborda el uso del bambú en la construcción, analizando sus características físico mecánicas así como los criterios técnicos para su uso; en una segunda parte, se desarrollan mecanismos para la evaluación técnica de las construcciones con bambú, incluyendo un acápite referido a la identificación de patologías; en la tercera, se han incluido las recomendaciones sobre mantenimiento; finalmente, la última parte recoge algunas recomendaciones para la reparación de estructuras de bambú que presenten un alto grado de deterioro por el incumplimiento de lo establecido en la norma técnica o por falta de mantenimiento (esta sección pretende diferenciar estos casos de lo que se recomienda en el marco del mantenimiento habitual de una edificación).

2. EL BAMBÚ Y SU APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

El bambú es una gramínea, por lo que, a diferencia de las maderas, presenta un rápido crecimiento; además, ofrece múltiples ventajas, pues si se la maneja adecuadamente, es una fuente que puede ser aprovechada de manera perenne (MAG, MSB e INBAR, 2018).



Figura 1. Mancha natural de bambú, Ecuador

Fuente: INBAR, 2021

De las múltiples especies de bambú que se encuentran en el Ecuador, dos de ellas son las más utilizadas como materia prima en la construcción, debido a sus características anatómicas y propiedades físico-mecánicas.



Figura 2. Especies de bambú, Ecuador

Fuente: Juan Salazar, 2019

1. La *Guadua angustifolia* Kunth (Gak), también conocida como caña guadúa o caña brava



Figura 3. Plantación de *Guadua angustifolia*, Ecuador
Fuente: INBAR, 2018

2. El *Dendrocalamus asper* o bambú gigante.

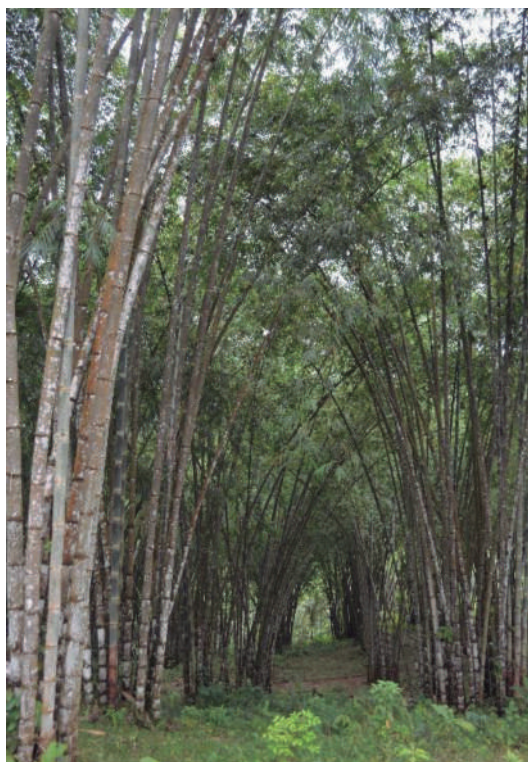


Figura 4. Plantación de *Dendrocalamus asper*, Ecuador
Fuente: INBAR, 2021

La caña guadúa es reconocida como una de las mejores especies de bambú del mundo para la construcción debido a su ligereza (alta resistencia en relación a su peso) (Añazco y Rojas, 2015).



Figura 5. Estructura de bambú, Jipijapa, Ecuador
Fuente: INBAR, 2021

El sistema constructivo de bahareque encementado fue diseñado para promover el uso estructural del bambú en zonas sísmicas. La combinación del bambú con acero, mortero y hormigón armado resulta en un sistema constructivo ligero y dúctil que responde muy bien a cargas sísmicas (Kaminski, 2013).



Figura 6. Bahareque encementado, Ecuador
Fuente: INBAR, 2019

Los costos de arrastre y almacenamiento, así como los de las instalaciones, herramientas y equipos necesarios para su manejo primario son bajos (MAG, MSB e INBAR, 2018).



Figura 7. Transporte fluvial de guadúa, Ecuador
Fuente: INBAR, 2021



Figura 8. Transporte de guadúa con acémilas, Ecuador
Fuente: INBAR, 2019

Dinamizan las economías al promover la contratación de mano de obra local y la reducción de importaciones de materiales externos como el acero.



Figura 9. Construcción de estructura de bambú, Ecuador
Fuente: INBAR, 2019

El uso del bambú en la construcción aporta directamente en al menos 7 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS.



Figura 10. Objetivos de Desarrollo Sostenible

La huella de carbono que produce la utilización del bambú es significativamente menor en comparación con otros materiales de construcción y corresponde aproximadamente a la mitad de la huella generada por construcciones convencionales (Rincón y Hurtado, 2019).

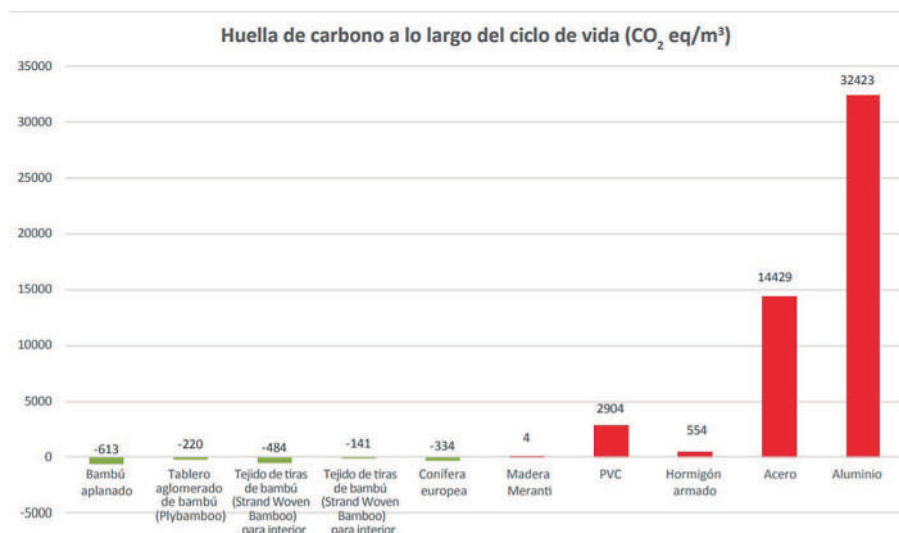


Figura 11. Huella de carbono de materiales

Fuente: INBAR, 2014

El bambú permite la construcción de viviendas bioclimáticas, confortables y energéticamente más eficientes, que minimizan la explotación de los recursos no renovables (Rincón y Céspedes, 2019).

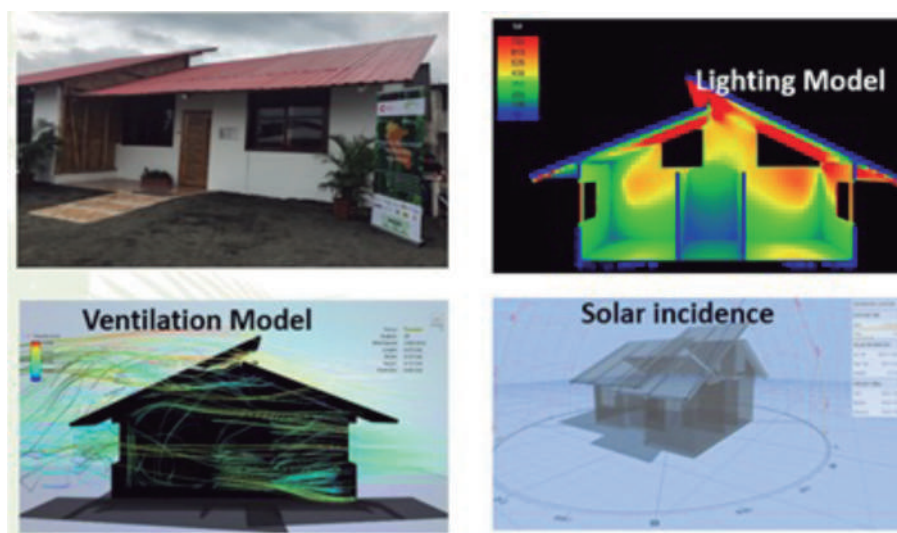


Figura 12. Diseño bioclimático de vivienda de bambú

Fuente: INBAR, 2019

Al tratarse de un material de origen vegetal, el bambú es vulnerable al ataque de hongos e insectos; por lo tanto, necesita ser protegido a través de métodos de preservación y protección por diseño tales como muros perimetrales o grandes voladizos de cubierta, entre otros.



Figura 13. Limpieza de bambú con hidrolavadora, Ecuador

Fuente: INBAR, 2019

3. CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL USO DEL BAMBÚ EN LA CONSTRUCCIÓN

El uso del bambú, como material de construcción, requiere cumplir con requisitos fundamentales en las fases de diseño (arquitectónico, estructural y de sistemas técnicos), de adquisición del material y construcción, con el fin de garantizar durabilidad y resistencia estructural. Todos estos requisitos, estipulados en la NEC-SE-GUADÚA, se pueden cumplir mediante la contratación de profesionales con experiencia y conocimiento en el uso adecuado del bambú para la construcción y la adquisición de materia prima apta para este fin. Al respecto, la NEC-SE-GUADÚA señala los siguientes requisitos:

3.1 Requisitos de calidad del material

Establece los procesos que deben cumplir los culmos antes de ser utilizados como material de construcción, desde la plantación hasta la comercialización, para garantizar su calidad como material de construcción, e incluyen la identificación de tallos o culmos apropiados, selección, corte, transporte, preservado, secado y almacenamiento. El adecuado manejo del bambú en cada una de estas fases es indispensable, pues cumplir con estos requisitos garantiza la calidad del material.



Figura 14. Proceso de transporte, preservado, secado y almacenamiento de bambú, Ecuador

Fuente: INBAR, 2019

3.2 Requisitos de diseño según los respectivos componentes de la vivienda

Toda construcción con bambú debe tomar en cuenta consideraciones de diseño que aseguren la protección del material frente a la acción de la humedad y de la luz solar directa, en particular de aquellas piezas asignadas para uso estructural.



Figura 15. Extensos aleros para protección de bambú, Ecuador

Fuente: INBAR, 2021



Figura 16. Diseño que incluye protección del material, Nobol, Ecuador

Fuente: INBAR, 2021

Con respecto a la protección por diseño, se debe tomar en cuenta que, para proteger el bambú de los hongos, es necesario mantener el bambú seco y resguardado de la lluvia torrencial durante toda su vida. Con este fin, se deben considerar las siguientes recomendaciones:

- Elevar la base de la estructura por encima de las cimentaciones con una pared corta de concreto o mampostería para protegerlo de las inundaciones.
- Utilizar una membrana resistente a la humedad para separar la marca de bambú/madera desde la pared corta.
- Tener una cubierta resistente y con aleros generosos que sobresalgan.
- Proteger el bambú con paredes con bahareque encementado.
- Nunca sumergir el bambú dentro del concreto (ver Figura 16).

Cabe señalar que, si una estructura cumple con todas estas reglas, puede tener una vida de más de 50 años sin necesidad de mayor mantenimiento.

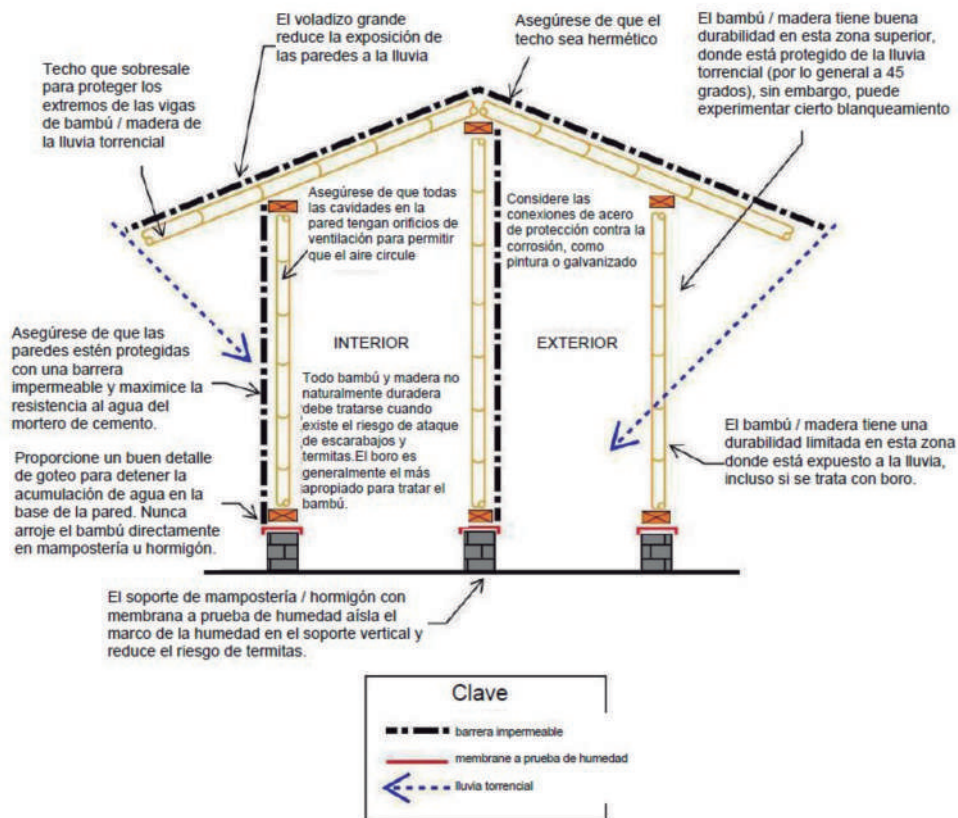


Figura 17. Recomendaciones para el diseño
Fuente: Sebastián Kaminski, 2021

3.3 Requisitos de construcción según los respectivos componentes de la vivienda

Es indispensable garantizar que el proceso de construcción cumpla con el uso adecuado del material, de acuerdo a sus características anatómicas y físico mecánicas en lo que respecta a uniones, cortes y acabados.



Figura 18. Cortes y uniones adecuadas

Fuente: INBAR, 2019

3.4. Mantenimiento

El mantenimiento comprende la inspección periódica de la obra con el fin de identificar de manera oportuna afectaciones a causa de hongos, termitas, humedad, aplastamiento, fisuras, entre otros, para realizar acciones correctivas como el reemplazo de elementos estructurales afectados.



Figura 19. Masillado de fisuras menores que no comprometen más de un canuto

Fuente: INBAR, 2021

4. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS CONSTRUCCIONES CON BAMBÚ

4.1 Descripción de patologías

Las acciones de mantenimiento se orientan a garantizar la durabilidad del bambú en la construcción para lo cual es indispensable la evaluación periódica de las edificaciones, orientada a la identificación temprana de las patologías. Cabe señalar que es necesario indagar sobre el origen de las patologías identificadas para realizar acciones correctivas, pues el apareamiento de las mismas puede deberse a las siguientes causas:

- El diseño no está cumpliendo con los requisitos básicos para garantizar la durabilidad de las construcciones.
- Han existido errores en la ejecución de la construcción.
- Ha existido un inadecuado manejo de la materia prima antes o durante el proceso de construcción.

Las principales patologías identificadas en las edificaciones de bambú se describen a continuación:

Pérdida de color de los culmos

La pérdida de color en los culmos es una consecuencia de la sobreexposición a los rayos ultravioleta y pone en evidencia un proceso de fotodegradación que eventualmente puede afectar la resistencia estructural de los culmos y, lo que es más importante, generar grietas que debiliten los tallos y permitan que entre agua si se exponen a la lluvia.



Figura 20. Estructura que presenta decoloración de los culmos

Fuente: Daniel Cadena, 2021

Rajadura en los culmos

La rajadura en los culmos puede producirse como consecuencia de la sobreexposición a los rayos ultravioleta, oxidación de los pernos, ensambles mal ejecutados, cargas excesivas no planificadas, construcción con bambú verde, cortes alejados por más de 5 cm del nudo, ajuste excesivo de los pernos o cambios acelerados del contenido de humedad del material. Las rajaduras en los culmos también afectan la resistencia del material y lo exponen al ataque de insectos y hongos.



Figura 21. Estructura que presenta rajadura de los culmos por uniones y cortes mal ejecutados
Fuente: INBAR, 2021



Figura 22. Estructura que presenta rajadura de los culmos por aplastamiento
Fuente: INBAR, 2021

Oxidación o corrosión en herrajes

La oxidación y la posterior corrosión en los herrajes se produce por la interacción de las piezas metálicas con el ambiente, sobre todo en lugares de alta humedad o salinidad, y afectan la resistencia de las uniones.



Figura 23. Herrajes corroídos

Fuente: INBAR, 2020

Fisuras en enlucido de paredes

Las rajaduras en el enlucido de paredes se producen por mezclas de mortero mal proporcionadas o por falta de una segunda capa de enlucido, posterior al fraguado de la primera capa. Debido a que, tras la colocación del mortero, la caña picada se deshidrata, disminuyendo el hinchamiento de las fibras y provocando rupturas en el mortero, es indispensable colocar una segunda capa de mortero, entre 10 y 12 días después de la primera capa para evitar fisuras posteriores.

También se pueden formar rajaduras, después de la construcción, por movimientos telúricos, sobrecargas de elementos estructurales y asentamientos en el terreno.

Deformaciones estructurales

Las deformaciones estructurales se producen por cargas que sobrepasan la resistencia de las piezas utilizadas, debido a diseños que no han contemplado el cálculo estructural de las cargas actuantes.



Figura 24. Estructura que presenta deformaciones estructurales

Fuente: Riccardo Mondello, 2021

Insectos

El bambú es propenso al ataque de dos tipos de insectos xilófagos: escarabajos y termitas (comején). Ciertos escarabajos son atraídos por el almidón en el bambú y ponen sus huevos en perforaciones dentro del material, luego los huevos eclosionan, las larvas hacen galerías dentro del bambú y, eventualmente, van hacia afuera para escapar, dejando pequeños agujeros redondos u ovalados (alrededor de 1-6mm de diámetro) (BRE, 2003). Los escarabajos de polvo (*Dinoderus minutus*), que dejan orificios de salida de 1-2 mm, son particularmente comunes. Aunque la vulnerabilidad al ataque de escarabajos varía entre las diferentes especies de bambú, incluso las especies más “resistentes” están clasificadas como “muy vulnerables”.

Las termitas son pequeños insectos, parecidos a hormigas, que viven en colonias y se alimentan de material vegetal. También se sienten atraídos por el almidón en el bambú, pero, a diferencia de los escarabajos, tienen enzimas que les permiten descomponer la celulosa. Debido a que viven en grandes colonias, pueden causar daños de manera acelerada (Kaminski et al., 2015).

Con escarabajos y termitas, la tasa de ataque es más rápida en el bambú verde, sin embargo, incluso el bambú seco puede ser susceptible de ataques en climas cálidos y húmedos (Liese et al., 2002).



Figura 25. Culmos atacados por insectos

Fuente: ARUP, 2021

Hongos

Para que el hongo sobreviva, el bambú debe estar relativamente húmedo, con al menos un 20% de humedad (Ridout, 1999). Esto ocurre si el bambú ha estado expuesto a la lluvia, a la humedad por capilaridad o a los efectos de algún tipo de filtración.

Las patologías producidas por hongos pueden presentar crecimientos algodonosos u esponjosos en la superficie del bambú, o coloraciones que van desde el blanco hasta el negro. También existen hongos cromógenos que penetran en la caña y le dan cierta coloración, u hongos xilófagos que producen la pudrición del bambú (Monroy, 2006).

Sin embargo, los hongos no siempre se evidencian inmediatamente, debido a que es más probable que ocurran en áreas ocultas que no pueden respirar y, por lo tanto, permanecen húmedas. Además, los cuerpos fructíferos no siempre son visibles (Arup, 2018). La podredumbre severa se puede identificar en el cambio de sonido si se golpea el bambú, en el ablandamiento de la caña o en el cambio de color y la textura de las fibras. Puesto que la podredumbre no siempre es obvia, suele ser un riesgo subestimado.



Figura 26. Culmos atacados por hongos

Fuente: INBAR, 2021

4.2 Evaluación periódica

Un mantenimiento adecuado de las construcciones de bambú requiere de una evaluación periódica, preferiblemente semestral. Con el objetivo de facilitar dicha evaluación, se propone la siguiente ficha que recoge información sobre las condiciones climáticas del lugar y el estado de los componentes de las edificaciones en función de patologías antes descritas (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Ficha de evaluación periódica de construcciones de bambú

Fecha de evaluación:					
Fecha de evaluación anterior:					
Observaciones de evaluación anterior:					
Acciones correctivas de evaluación anterior:					
Análisis de implantación y agentes climáticos					
				Señalar: Orientación Vientos predominantes Principal dirección de la lluvia Presencia de vegetación que genera sombra Otros agentes a considerar	
EVALUACIÓN	CIMENTACIÓN	PAREDES	ESTRUCTURA	CUBIERTA	POSIBLES CAUSAS
¿Se encuentra aislada de la humedad por capilaridad ?	☐ SI ☐ NO				
¿Existen fisuras en las paredes?		☐ SI ☐ NO			
¿Existen culmos que presentan pérdida de color?	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	
¿Existen rajaduras en los culmos?	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	
¿Las rajaduras exceden un nudo por pieza?	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	
¿Qué es lo que ha provocado las rajaduras?					
¿Existe corrosión en los herrajes?	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	
¿Se identifican piezas aplastadas?	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	
¿Se identifican piezas pandeadas ?	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	
¿Qué es lo que ha provocado el aplastamiento o el pandeo?					
¿Se identifican culmos afectados por insectos?	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	Porcentaje:
¿Se identifican culmos afectados por hongos?	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	Porcentaje:
¿Qué es lo que ha provocado los hongos?					
Observaciones					
Recomendaciones					

5. RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES CON BAMBÚ

Las patologías deben prevenirse a través del cumplimiento de los requisitos de calidad del material y el adecuado diseño y construcción con bambú; de esta manera, se reducirá la necesidad de acciones de mantenimiento. Sin embargo, una evaluación periódica de las construcciones es recomendable, pues permitirá identificar de manera temprana la existencia de patologías y realizar acciones correctivas que permitan garantizar una mayor durabilidad del material.

El presente acápite abordará únicamente acciones de mantenimiento habitual, orientado a corregir patologías que pueden presentarse de manera aislada en la construcción y pueden ser solventadas de forma relativamente sencilla, pues no representan afectaciones mayores. Las afectaciones de mayor grado, relacionadas con fallas en el manejo adecuado del bambú, tales como las deformaciones estructurales, serán abordadas en el acápite de reparaciones.

Para este fin, se han recogido recomendaciones de profesionales y trabajadores de la construcción con experiencia en bambú. Cabe recalcar que dichas recomendaciones surgen de la experiencia de los entrevistados y no necesariamente han cumplido un proceso de comprobación científica.

5.1 Pérdida de color de los culmos

Frente a la pérdida de color en culmos, se recomienda la aplicación de recubrimientos con protección ultravioleta periódicamente. Para esto se debe considerar que, si la estructura no ha alcanzado el equilibrio de humedad para el lugar donde fue construida, continuará deshidratándose y, por tanto, se requerirá la aplicación de recubrimientos de poro abierto (lasures). Sin embargo, si los culmos se encuentran secos, es más recomendable aplicar un sellador antes de colocar la protección UV.

Para colocar un recubrimiento, es necesario que, previamente, se limpie la superficie de impurezas propias del culmo, como la línea grisácea en los nudos, y, de ser necesario, se remueva la capa de pintura existente.

Cabe señalar que los recubrimientos con protección UV resguardarán al bambú de la exposición al sol únicamente de manera temporal por lo que deben ser aplicados periódicamente. Además, estos no prevendrán rajaduras, si el bambú continúa expuesto, por lo que es recomendable extender los aleros de cubierta o colocar un recubrimiento de bahareque, por ejemplo, para mejorar las condiciones de protección de la estructura.

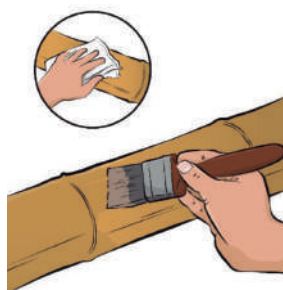


Figura 27. Limpieza y aplicación de recubrimiento en los culmos

5.2 Rajadura de culmos

Se recomienda cerrar grietas pequeñas mediante el uso de masilla con polvo de bambú y tinte para minimizar la entrada de agua e insectos. Adicionalmente, se recomienda colocar abrazaderas (zunchos) en las piezas que presenten rajaduras. Estas recomendaciones aplican siempre y cuando la rajadura cumpla con los límites establecidos en la NEC-SE-GUADÚA (3,8 e); de otro modo, será necesario reemplazar la pieza (ver Cuadro 2). Es necesario tener en cuenta que las fisuras en las áreas expuestas a la lluvia pueden permitir la entrada de agua y provocar la pudrición de los culmos. De ahí que sea especialmente importante la sustitución de piezas con fisuras en zonas expuestas a la lluvia.

Cuadro 2. Límites a fisuras en la GaK

Tipo	Se permite	Límites	Recomendación
Grieta longitudinal	Sí	La grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta pasa al canuto siguiente no debe tener una longitud superior al 20% del culmo.	Si los culmos presentan fisuras después de instalados, estos pueden ser tratados por medio de abrazaderas o zunchos metálicos.

Fuente: NEC-SE- GUADÚA (2017)¹

5.3 Oxidación o corrosión en herrajes

Si el herraje está oxidado, pero aún no existe corrosión, se puede lijar, aplicar antioxidante y pintar con pintura anticorrosiva. Si los herrajes ya se encuentran corroídos, es necesario reemplazarlos. Como estrategia preventiva, es recomendable recubrir con pintura anticorrosiva los nuevos pernos antes de introducirlos en la estructura para proteger desde el interior y en los lugares donde queda expuesto. De no ser posible pintar, se puede impregnar todo el perno con aceite viscoso. También se recomienda hacer las perforaciones para los pernos con un diámetro un poco mayor que el perno para que se introduzca con una mínima fricción, especialmente en los sitios donde se coloca mortero de cemento ocupando los entrenudos, pues esto fijará el perno. Se sugiere también colocar capuchones, pintura anticorrosiva o masilla en los herrajes expuestos en ambientes con alta humedad o salinidad en el aire.

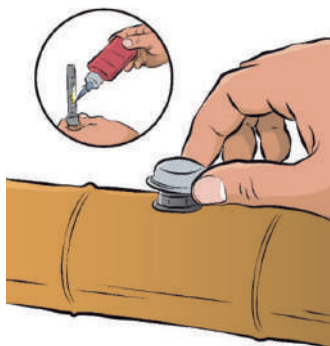


Figura 28. Colocación de aceite en pernos y colocación de capuchones

¹ Norma Ecuatoriana de la Construcción: Estructuras de Guadúa (Registro Oficial - Edición Especial N° 842 jueves 19 de enero de 2017)

5.4 Fisuras en enlucido de paredes

Para resanar fisuras en paredes, es necesario descascarar la pared, en los sitios donde ha sido afectada, con una espátula o un cincel y, posteriormente, colocar empaste.



Figura 29. Corrección de fisuras en paredes de bahareque

5.5 Afectaciones por insectos

Únicamente en caso de que la presencia de insectos no sea generalizada en un culmo, se recomienda realizar una perforación en los canutos afectados, inyectar una solución a base de sales de boro y, después, tapar la perforación. Si la afectación es significativa, es necesario reemplazar las piezas afectadas.

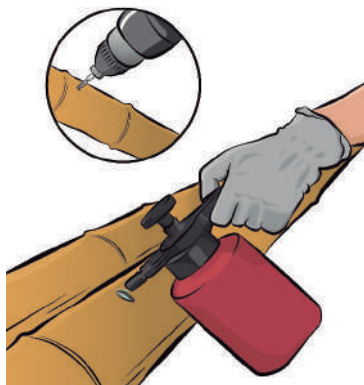


Figura 30. Tratamiento por inyección frente al ataque de insectos

5.6 Afectaciones por hongos

Si hay daño por hongos, el primer paso es determinar la fuente de la humedad y tomar medidas que eviten la propagación para luego reemplazar las piezas afectadas. Por ejemplo, si la fuente ha sido una filtración en el techo, es necesario

detenerla; si la fuente ha sido la humedad del suelo, es posible que se requiera una membrana a prueba de humedad; si la causa ha sido la lluvia torrencial, es necesario cambiar el diseño: extender el techo, agregar refugio adicional o proteger el bambú cubriéndolo con bahareque encementado. Cuando los hongos son visibles, normalmente la pieza necesita ser reemplazada completamente.

6. RECOMENDACIONES PARA LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE BAMBÚ

El incumplimiento de los requisitos de calidad del material, el diseño y la construcción con bambú, así como la falta de un mantenimiento periódico en las edificaciones puede deteriorarlas, lo que hace indispensable su reparación. Las afectaciones más frecuentes en estos casos son las siguientes:

6.1 Afectaciones por uso inadecuado del bambú en la construcción

- Pudrición por humedad y hongos.



Figura 31. Pudrición por humedad

Fuente: ARUP, 2021

- Ataque masivo de insectos.

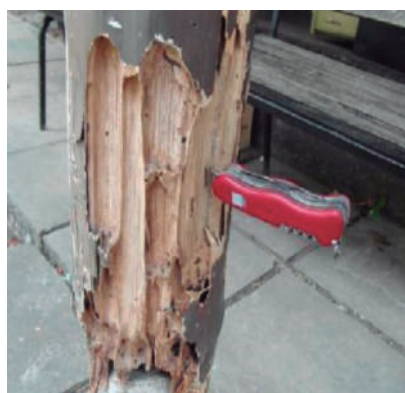


Figura 32. Ataque masivo de insectos

Fuente: ARUP, 2021

- Aplastamiento de piezas estructurales.



Figura 33. Aplastamiento de piezas estructurales
Fuente: INBAR, 2021

- Rajaduras continuas en el culmo por exposición directa de los rayos UV, por cortes realizados después de 5 cm del nudo o por la colocación de pernos después del nudo en dirección hacia el corte del culmo.



Figura 34. Rajaduras continuas de culmos
Fuente: INBAR, 2021

- Pérdida de resistencia y color por efectos de rayos UV.



Figura 35. Decoloración de culmos

Fuente: INBAR, 2021

- Falla en uniones que carecen de un diseño estructural apropiado; por ejemplo, uniones estructurales con clavos, tornillos o alambre.



Figura 36. Uniones mal ejecutadas

Fuente: INBAR, 2021

- Culmos pandeados por luces muy largas y carga excesiva.



Figura 37. Culmos pandeados
Fuente: INBAR, 2021

- Pudrición de culmos en la base de las estructuras por haber sido fundidos en el concreto.

Es uno de los errores más comunes y pone en riesgo toda la estructura. No se evita con la aplicación de alquitrán, brea o plásticos.



Figura 38. Piezas de guadua embebidas en hormigón
Fuente: INBAR, 2021

En estos casos es necesario realizar reparaciones que deben ser ejecutadas por profesionales con experiencia en construcción con bambú y que responderán a la especificidad de cada caso, donde se evaluará la necesidad de incluir refuerzos estructurales. Sin embargo, a continuación, se plantean algunas recomendaciones generales para la reparación de estructuras.

6.2 Reemplazo de culmos

El reemplazo de culmos, ya sea en columnas, vigas, diagonales o elementos compuestos, va a requerir el siguiente proceso:

1. Colocar piezas de apoyo temporales.
2. Cortar y retirar la pieza afectada.
3. En el caso de uniones rellenas de mortero, se debe picar el mortero para exponer la varilla.
4. Colocar la pieza de reemplazo.
5. Colocar nuevas piezas metálicas de unión.
6. Aplicar el relleno de mortero en puntos críticos, incluyendo anclajes al sobrecimiento, canutos en vigas que reciben cargas mayores, canutos que queden abiertos al exterior, entre otras acciones.

Si el daño ha sido producido por hongos, es indispensable eliminar la fuente de la humedad, de lo contrario los hongos volverán a aparecer.

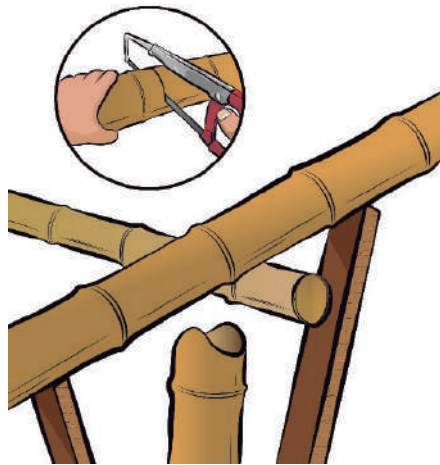


Figura 39. Reemplazo de culmos

6.3 Reemplazo de la sección inferior de una columna

En caso de que sea necesario reemplazar una sección de columna que se haya afectado en su extremo inferior (por lo general, por haber sido fundida dentro del hormigón), se requiere:

1. Romper el piso alrededor de los culmos fundidos en el hormigón.
2. Colocar elementos de apoyo temporales en el contorno de la columna.

3. Recortar los culmos para que queden a la altura recomendada por la NEC-SE-GUADÚA en relación al suelo.
4. Realizar la excavación para construir el cimiento y los pilares donde se apoyarán los culmos recortados.
5. Colocar las varillas de anclaje que deben estar amarradas a la estructura del sobrecimiento.
6. Colocar el encofrado para el sobrecimiento.
7. Verter la mezcla hasta el borde de los culmos.
8. Una vez que seque el sobrecimiento, hacer una perforación en el primer canuto y rellenarlo de mezcla, tal como se indica en la NEC-SE-GUADÚA
9. Retirar el encofrado.



Figura 40. Reemplazo de la sección inferior de una columna

Fuente: Saúl Vera, 2021

6.4 Reducción de luces para pisos

En caso de que las vigas tengan deflexiones excesivas que afecten la funcionalidad del piso, se puede reducir sus luces colocando apoyos intermedios como, por ejemplo, dados en hormigón armado debidamente arriostrado en planta baja o pies de amigo en entrepisos.



Figura 41. Reducción de luces para pisos

Es indispensable que todas estas acciones sean ejecutadas bajo la supervisión de profesionales con experiencia en construcción con bambú y mano de obra calificada.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Añazco, Mario y Sebastián Rojas. (2015). Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *guadua angustifolia*. Quito: Red Internacional de Bambú y Ratán-INBAR
- Arup (2018). Arup Technical Guidance Note 03: Durability and Treatment of Bamboo in Cox's Bazar. Version 1.0. Arup, London/
- BRE. (2003). Recognising wood rot and insect damage in buildings, 3rd edition (BR453). Bracknell, UK: BRE
- INBAR. (2014). Informe de Síntesis de Políticas: El bambú: un recurso estratégico para que los países reduzcan los efectos del cambio climático. República Popular China
- Liese W., Gutiérrez J. & González G. (2002). Preservation of bamboo for the construction of houses for low income people. In Bamboo for Sustainable Development, pp.481-494
- Ridout, B. (1999). Timber Decay in Buildings: The Conservation Approach to Treatment: (Guides for Practitioners). UK: Historic Scotland
- Kaminski, S. (2013). 'Casas de bambú diseñadas para comunidades de bajos ingresos en América Latina'. The Structural Engineer, octubre de 2013, pp. 14-23
- Kaminski, S; Lawrence, A; Trujillo, D. (2015). Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado. Beijing. Red Internacional de Bambú y Ratán
- Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG, Mesa Sectorial del Bambú-MSB, Red Internacional del Bambú y el Ratán-INBAR. (2018). Ecuador: Estrategia Nacional del Bambú. Lineamientos para un desarrollo verde e inclusivo. Quito
- Monroy, E. Tratamiento químico de cuatro especies de bambú para su preservación, utilizando ácido bórico-bórax-dicromato de sodio por el método de inmersión y baño caliente-frío. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala en <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08-1001-Q.pdf> Acceso 2006.
- Red Internacional del Bambú y el Ratán. (2021). ¿Por qué bambú y ratán? en <https://www.inbar.int/es/why-bamboo-rattan/> Acceso 2021.
- Rincón, E. y Hurtado, H. (2019). Estudio de Confort Bioclimático para la Tipología de Vivienda Bioclimática en Bambú para la Región Costa, Ecuador. Informe Técnico Proyecto Binacional Bambú ARAUCLIMA, INBAR-AECID. Quito
- Rincón, E y Céspedes, R. (2019). Estudio de Huella de Carbono para la Tipología de Vivienda Bioclimática en Bambú para la Región Costa de Ecuador. Informe Técnico Proyecto Binacional Bambú ARAUCLIMA, INBAR-AECID. Quito

8. ANEXOS

Anexo 1: Lista de especialistas participantes en el Conversatorio Técnico sobre Mantenimiento de Estructuras de Bambú: Teoría y Práctica, realizado de manera virtual el 10 de junio de 2021.

NOMBRES	INSTITUCIÓN/ORGANIZACIÓN	PAÍS
Andrea Olvera	Mesa Sectorial del Bambú	Ecuador
Carlos Restrepo Agudelo	Mesa técnica de la guadúa de Caquetá	Colombia
Daniela Cadena	Universidad Central del Ecuador	Ecuador
Dennix Yulieth Villanueva Clavijo	INBAR	Colombia
Esteban Torres Haro	MIDUVI	Ecuador
Fabian Moreno Ortiz	INBAR LAC	Ecuador
Faouzi Jabrane	IVUC-USMP	Perú
Felipe Jácome	Mesa Sectorial del Bambú	Ecuador
Hector Fabio Silva	Sociedad Colombiana del Bambú - Universidad del Valle	Colombia
Jorge Augusto Montoya	Universidad Tecnológica de Pereira	Colombia
Nicolas van Drunen	Mesa Sectorial del Bambú	Ecuador
Luis Gallegos	FUNHABIT	Ecuador
Pablo Jácome Estrella	INBAR	Ecuador
Raphael Paucar	INBAR	Perú
Raúl Hidalgo Zambrano	Universidad Técnica de Manabí	Ecuador
Roberto Alejandro García Mejía	MIDUVI	Ecuador
Robinson Vega Jaramillo	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	Ecuador
Rubén Duque	UCSG	Ecuador
Sebastian Kaminski	ARUP	Reino Unido
Tatiana Ortega	INBAR	Ecuador
Vanessa Pinto	Fundación SOMOS	Ecuador
Vitor Marçal	Rede Brasileira do Bambu/ Projetobambu.com	Brasil
Wilson Aristizabal Mejía	Mesa Sectorial del SENA Cadena Guadúa	Colombia
Yann Barnet	IVUC-USMP	Perú



Ministerio de Desarrollo
Urbano y Vivienda



Juntos
lo logramos

Webpage: www.bambu.com.ec

Facebook: [@bambu.com.ec](https://www.facebook.com/bambu.com.ec)

Twitter: [@BambuEcuador](https://twitter.com/BambuEcuador)

Instagram: [@bambuecuador](https://www.instagram.com/bambuecuador)