

Influence of Bamboo (*Guadua angustifolia*) as a structural element in the construction of a two-story house compared to a masonry

Garcia-Roque Thalia, Bachiller en Ingeniería Civil¹, Moreno-Canchumani Rodolfo Rolando, Bachiller en Ingeniería Civil², Manturano-Chipana, Maestro en Educación Superior³

^{1,2,3}Universidad Privada del Norte, Perú, N00085417@upn.pe, N00112720@upn.pe, ruben.manturano@upn.edu.pe

*Abstract— Currently in Peru and in different parts of the world, the bamboo construction system is being used as one of the economic and ecological alternatives in housing construction. From modern combinations and ancestral techniques, seismic resistant designs are carried out. On the other hand, bamboo, being an element of natural origin, has some limitations compared to other conventional materials, therefore, by overcoming these disadvantages, a material suitable for the construction of stable and economical structures can be obtained. The objective of this research article is to determine the influence of bamboo (*Guadua angustifolia*) as a structural element for the construction of a two-story house compared to a masonry house, being a low-cost material, with less execution time and less environmental impact in the construction. In addition to further promoting and encouraging its industrialization and use in construction, as an accessible and alternative material. For which we rely on different bibliographic information related to bamboo as a structural element or material in construction, both in Peru and in the world. Subsequently, a cost and time comparison of a bamboo house versus a masonry house was made, both with the same two-story architectural design.*

Keywords— Profitable construction, bamboo, Mechanical properties, sustainable structure.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Influencia del Bambú (*Guadua angustifolia*) como elemento estructural en la construcción de una vivienda de dos pisos respecto a una de albañilería

García-Roque Thalia, Bachiller en Ingeniería Civil¹, Moreno-Canchumani Rodolfo Rolando, Bachiller en Ingeniería Civil², Manturano-Chipana Ruben Kevin, Maestro en Educación Superior³
^{1,2,3}Universidad Privada del Norte, Perú, N00085417@upn.pe, N00112720@upn.pe, ruben.manturano@upn.edu.pe

Resumen— Actualmente en el Perú y en diferentes partes del mundo el sistema constructivo con bambú está siendo empleado como una de las alternativas económicas y ecológicas en la construcción de viviendas. A partir de las combinaciones modernas y técnicas ancestrales se llevan a cabo diseños sismorresistentes. Por otro lado, el bambú al ser un elemento de origen natural posee algunas limitaciones frente a otros materiales convencionales, por lo cual, al superar estas desventajas, se puede obtener un material apto para la construcción de estructuras estables y económicas. El objetivo de este artículo de investigación es determinar la influencia del bambú (*Guadua angustifolia*) como elemento estructural para la construcción de vivienda de dos pisos respecto a una vivienda de albañilería, siendo un material de bajo costo, de menor tiempo de ejecución y de menor impacto ambiental en la construcción. Además de promover e incentivar aún más su industrialización y uso en la construcción, como un material accesible y alternativo. Para lo cual la investigación se sustentó en diferentes informaciones bibliográficas relacionadas al bambú como elemento estructural o material en la construcción, tanto en el Perú como en el mundo. Posteriormente, se realizó una comparación de costo y tiempo de una vivienda de bambú frente a una de albañilería, ambos con un mismo diseño arquitectónico de dos pisos.

Palabras claves— Construcción rentable, bambú, Propiedades mecánicas, estructura sustentable.

I. INTRODUCTION

En la actualidad experimentamos constantes cambios en el rubro de la construcción, donde los avances tecnológicos son constantes, así como los efectos del cambio climático que nos afectan cada día más, donde las catástrofes hacen que grandes afluencias de personas se trasladen de un lugar a otro, lo cual hace que el uso de recursos sea muy elevado, es decir que la construcción es uno de los sectores con mayor consumo de la sociedad [1]. A su vez, las organizaciones internacionales y gobiernos se plantean como objetivo del desarrollo actual en reducir la pobreza, lograr la equidad en la salud y apoyar a los grupos excluidos [2]. Asimismo, estos objetivos planteados por las entidades deben presidir en el desarrollo social y económico para la sociedad, siendo el elemento clave la vivienda eco-sostenible [3].

Asimismo, Juárez analizó la rentabilidad y el uso del bambú como material de construcción. Esto debido a la búsqueda de nuevos materiales alternativos para el rubro constructivo, esta indagación por usar un nuevo material tuvo como finalidad reducir costos, reducir el impacto del medio ambiente y dar una mayor accesibilidad a diferencia

de materiales tradicionales. También realizó el modelamiento estructural, metrado y presupuesto [4].

Además, otro estudio analizó el comportamiento estructural de una vivienda de bambú, sus beneficios que ofrece al construir con un material ecológico, frente a una de albañilería confinada con un diseño de acuerdo a la realidad en la provincia de Piura, a partir de ello poder considerarlo como una alternativa para reemplazar los materiales tradicionales [5].

También en otra investigación se realizó un diseño estructural de una vivienda sostenible utilizando únicamente el bambú, con el fin de demostrar que este material ofrece diferentes ventajas tanto en sus propiedades físicas-mecánicas, durabilidad, costo y como material renovable en contraste de otros materiales conocidos o adobe. Así mismo, se detalló las ventajas y desventajas del uso de este material, el ciclo de vida del bambú y finalmente algunas aplicaciones en el rubro de la construcción [6]. Asimismo, otra investigación realizó la recopilación de información sobre las ventajas y desventajas del sistema constructivo de una vivienda de bambú y el sistema de hormigón armado, donde el análisis comparativo es el tiempo de construcción, es antisísmica, es económico y el impacto ambiental es mínimo. Así mismo se verifican los valores de las propiedades físicas y mecánicas del bambú según la norma técnica de construcción [7].

Por otro parte, Rojas analiza los comportamientos sismorresistentes y la rentabilidad de una vivienda de bambú frente a una de albañilería confinada, los cuales cumplen los parámetros de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para los procesamientos de datos se utilizaron programas como el ETABS V.18, Safe, Mathcad y Excel. Así mismo se realizó el análisis de costos y presupuestos de ambos sistemas con un mismo diseño arquitectónico [8]. También esta investigación menciona que existen materiales naturales que desde la antigüedad han sido utilizados de diferentes maneras en la construcción, otorgando beneficios hasta la actualidad. Uno de los materiales es el bambú el cual ha sido base de algunas civilizaciones y fue denominada por el arquitecto colombiano Simón Vélez como el “acero vegetal”, este término se ha utilizado por muchos arquitectos e ingenieros alrededor del mundo. Esta denominación se dio debido a sus grandes propiedades y beneficios ambientales, otorgando más posibilidades a la hora de construir [9].

El bambú [4] es una alternativa para este paradigma, ya que se encuentra en todo el mundo a excepción de los polos y Europa. Principalmente se ubica en los trópicos, y la mayoría en regiones cálidas y tropicales, de los cuales

presentan 1600 especies que están distribuidas en 33 países en un área aproximada de 31.5 millones de hectáreas. Este material presenta un rápido crecimiento y propagación, lo que representa grandes beneficios productivos, económicos y ambientales [10].



Fig. 1. Distribución natural del bambú en el mundo.

Por otro lado, en América existen 20 géneros de bambú y 429 especies, dentro del género *Guadua* se destaca el tipo de *Guadua angustifolia* Kunth la cual es nativa de Colombia, Ecuador y Perú, esta especie es destaca por sus propiedades físicas y mecánicas, además que tiene una tasa de crecimiento de 10 cm por día, alcanzando una altura de 30 m y 25 cm de diámetro [10]. En el Perú se encuentran identificados nueve géneros con más de cuarenta especies nativas además de un gran número de especies. Es posible observar especies de bambú en las tres regiones del Perú (costa, sierra y selva) siendo la especie más representativa el *Guadua angustifolia*.

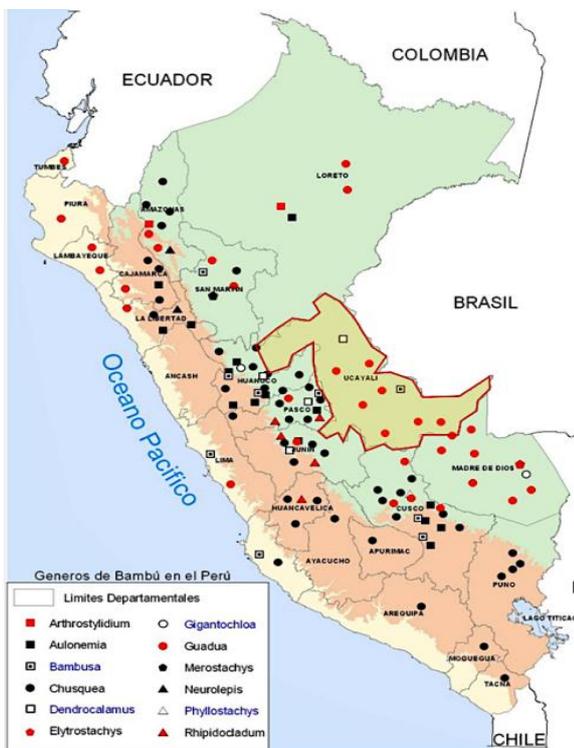


Fig. 2. Distribución del bambú en el Perú.

El Perú posee setenta especies diferentes de bambú repartidas en diferentes regiones del país, según el SERFOR el Perú tiene 3000 hectáreas de plantaciones de bambú en Cajamarca, Piura, Amazonas y San Martín, mientras tanto en Ucayali, Madre de Dios y Cusco existen 8 millones de

hectáreas de bosques de bambú. [11]. El bambú presenta una elevada escala de contribución para edificaciones ya que genera la probabilidad de restaurar materiales industriales, la sociedad sólo utiliza el bambú de manera artesanal ya que no cuenta con investigaciones que generen teoría y conocimiento del uso del bambú en diversas clasificaciones de manera sustentable [12].

El objetivo fue determinar la influencia del uso del bambú como elemento estructural en la construcción de una vivienda respecto a una de albañilería de dos pisos en el departamento de Lima. La finalidad de este proyecto es de incentivar a la sociedad y a profesionales a buscar nuevos materiales constructivos que cumplan con las necesidades y la economía de las familias de bajos recursos, otorgándoles seguridad además de contribuir con el medio ambiente.

Por ello entre las diversas especies de bambú, sobresale el “*Guadua angustifolia*”, el cual presenta muchos beneficios y característica físicas-mecánicas que lo hacen apto como material en la construcción [13]. Estos beneficios hacen que el bambú sea un material sostenible alternativo para la construcción en nuestro país.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio estará sustentado por trabajos teóricos, mediante análisis y deducción de fuentes bibliográficas como artículos, normas técnicas, manuales, tesis, entre otros, para llegar a una sistematización deseada. Se aplica métodos cuantitativos, pero por su alcance comprende un método descriptivo-explicativo, basados en conocimientos y estudios sobre el bambú como elemento estructural en la construcción. Para la selección de información se recopiló una base de datos relacionados al bambú, así como se muestra en la figura 3.

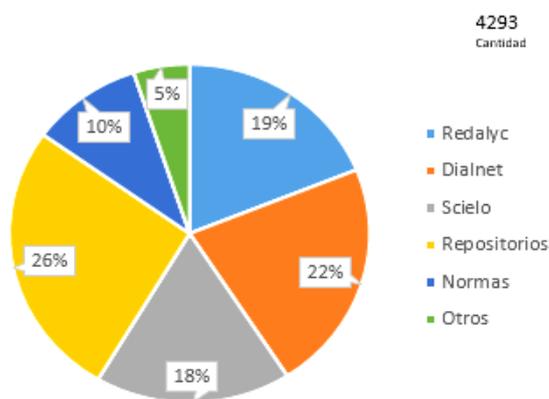


Fig. 3 Sitios webs para selección de información

Para tener información concreta se realizó un filtro con la palabra “*El bambú como material en la constructivo*”, de los cuales se optó por estudios cuya realización y publicación estén comprendidos entre los años 2010 – 2022, las cuales se encuentran activos y vigentes. Otro criterio de inclusión de los estudios es que solo se tomó en cuenta publicaciones científicas, tesis, revistas profesionales y normas vigentes.

Para el análisis de la rentabilidad se realizó una comparación de una vivienda de dos pisos de acuerdo con los requerimientos y especificaciones mínimos de la norma

técnica vigente. El cual está diseñado con un área de 72 m² de dos pisos, el primer nivel está conformado por una sala, cocina, comedor, baño, 1 dormitorio y un patio posterior. Mientras que el segundo nivel lo conforman 3 habitaciones y un baño, la escalera se ubicará en la parte interior de la vivienda, según se muestra en las Figuras 4:

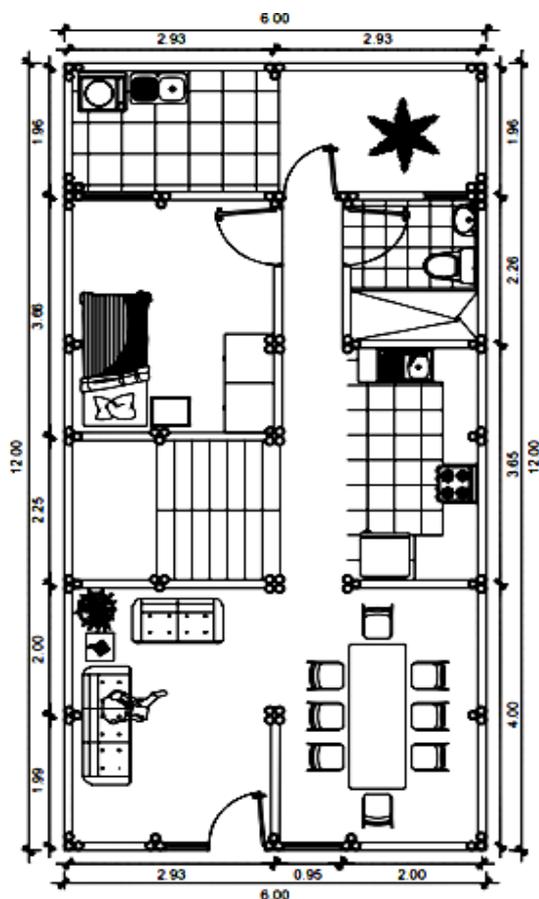


Fig. 4 Primera planta.

Para el diseño de los muros se consideró arriostres de un diámetro de 10 cm con un espesor de 1.5 cm, mientras que para las columnas y vigas se consideró un diámetro de 14 cm con un espesor de 2 cm., según la norma E-100 de Bambú. Además, de un sobrecimiento de 20 cm, siendo la altura entre piso de 2.72m.

Por otro lado, la estructuración de la vivienda de albañilería se adapta al plano de bambú, sin embargo, se utilizó elementos tradicionales como columnas y vigas de concreto y muros de albañilería, así mismo nos referenciamos en la Norma Técnica Peruana E.070 y el Reglamento Nacional de Edificación. Finalmente, con todos estos datos, se realizan los planos en el software AutoCAD, así como se muestran en la figura 3 y 4.

Por consiguiente, se realizó el cálculo del Análisis de Precios Unitarios y presupuesto en el programa S10 de acuerdo a lo que propone el instituto de CAPECO, donde se consideró las partidas de estructura y arquitectura, ya que el costo de las partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias es similar para la vivienda de bambú y albañilería. Asimismo, se realizó la programación de ejecución en el software Microsoft Project de ambas viviendas para determinar el tiempo de construcción.

Es importante aplicar este método en conjunto para la gestión de accesos dado que se puede llevar a cabo futuras investigaciones y se pueda proponer opciones como la investigación de un artículo que se enfoca a identificar los beneficios del bambú en el campo de la construcción civil, donde propone al bambú como un material alternativo de construcción estructural de uso para sectores de bajos recursos.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Luego de realizar la revisión de diferentes documentos se obtuvieron los siguientes resultados:

Influencia del bambú (Guadua angustifolia) como elemento estructural en la construcción- El bambú es un material de rápido crecimiento, el cual alcanza la madurez en 4 o 6 años. De esta forma consigue un rendimiento de 3.3 veces mayor que la madera. Por otro lado, posee propiedades físicas y mecánicas, que permite el uso de este elemento en diferentes piezas estructurales, además los nudos que posee el bambú tienen unos tabiques transversales que le otorga una mejor rigidez y elasticidad. Por lo que permite que se curve sin romperse, lo que lo hace ideal para la construcción de elementos sismorresistentes [1] [13].

Las propiedades mecánicas del bambú, fueron dependientes de factores como la especie, tipo de suelo, edad, clima, humedad, época de sembrado y cosecha. Asimismo, los resultados de sus propiedades también generaron variación que fue influenciada por los tipos de ensayos que se llevó cabo en cada investigación [15].

TABLA 1
Ensayos realizados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Bogotá, con cañas de guadua, especie que también se utiliza en Perú

Tracción	Compresión	Flexión	Mod. Elasticidad
1660 – 1940 (Kg/cm ²)	230 -700 (Kg/cm ²)	s/d	107000 – 170000 (Kg/cm ²)

Fuente [15]

TABLA 2
Ensayos realizados en la Universidad Nacional de Ingeniería con cañas de guadua

Tracción	Compresión	Flexión	Corte
180 – 190 (Kg/cm ²)	321 - 414 (Kg/cm ²)	60 – 90 (Kg/cm ²)	65 – 85 (Kg/cm ²)

Fuente [15]

Los análisis estadísticos de las propiedades físicas y mecánicas de la caña guadua, así como sus estudios, conllevan que este material sea un elemento de construcción viable, económica y sostenible, ya que se obtuvieron beneficios y características similares a los materiales tradicionales, con muchas posibilidades de que sea industrializado [15].

Para que este material sea utilizado en la construcción es necesario y obligatorio que cumpla con los valores mínimos

de fuerzas admisibles que establece la Norma Técnica Peruana E.100 de bambú, para llevar a cabo una adecuada y segura construcción.

TABLA 3
Esfuerzos admisibles.

ESFUERZOS ADMISIBLES				
Flexión (fm)	Tracción paralela (ft)	Compresión paralela (fc)	Corte (fv)	Compresión perpendicular (f'cl)
50 Kg/cm ²	160 Kg/cm ²	130 Kg/cm ²	10 Kg/cm ²	13 Kg/cm ²

Fuente [16]

Además, por tener una sección circular, usualmente hueca, hacen que este material sea liviano, de fácil transporte y almacenamiento. Lo que permite que la construcción se realice de manera rápida, eficiente y segura. Por otro lado, la zona externa del bambú posee una alta resistencia a la tracción, la cual es comparable al acero. Su resistencia a la compresión lo hace equiparable al concreto y su dureza que esta posee, resistencia y flexibilidad lo hacen de un material eficaz para los distintos elementos estructurales [1] [13].



Fig. 5 Fibras de bambú y sección circular.

El bambú posee una capa externa que es altamente resistente a la tracción, la cual es comparada al acero. Su alta resistencia a la compresión se podría comparar a la que ofrece el concreto. Por otro lado, la dureza, resistencia y flexibilidad que posee la hacen que sea eficaz para una variedad de elementos estructurales y revestimientos [1]. Además, que este material permite que se pueda combinar con otros materiales de construcción como barro, madera, concreto entre otros [14].

TABLA 4

Cuadro comparativo con los materiales más utilizados en la construcción.

Material	Resistencia al diseño (R) (kg/cm ²)	Masa por volumen (M) (kg/cm ²)	Relación de Resistencia (R/M)	Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm ²)	Relación de rigidez (E/M)
Concreto	82.00	2400.00	0.032	127400.00	53.00
Acero	1630.00	78000.00	0.209	2140000.00	274.00
Madera	76.00	600.00	0.127	112000.00	187.00
Bambú	102.00	600.00	0.170	203900.00	340.00

Concreto	82.00	2400.00	0.032	127400.00	53.00
Acero	1630.00	78000.00	0.209	2140000.00	274.00
Madera	76.00	600.00	0.127	112000.00	187.00
Bambú	102.00	600.00	0.170	203900.00	340.00

Fuente [15]

El bambú es un material que no contamina el medio ambiente, ya que no deja residuos que no sean biodegradables [1]. Este material no presenta cortezas o partes que se consideren desecho. Es una caña orgánica porque todas sus partes (hojas, ramas y tallo) y todo lo que queda de la cosecha se restituye al suelo [14]. Soler explica que el bambú por ser un recurso natural “consume menos energía primaria en su transformación y produce menos impacto que otros materiales a lo largo de su ciclo vida del producto” [1]. En la tabla 5 se muestra la tasa de energía para la producción de materiales de construcción:

TABLA 5

Tasa de energía para la producción de materiales de construcción (Eco-Costo)

Material	Unidad	Valor
Bambú	MJ/m ³ por N/mm ²	30
Madera	MJ/m ³ por N/mm ²	80
Hormigón	MJ/m ³ por N/mm ²	240
Acero	MJ/m ³ por N/mm ²	1500

Fuente [7]

En el medio ecológico el bambú influye en un rol importante, ya que este brinda distintos servicios al medio ambiente como, regulación hídrica de microcuencas, protección de riberas de los cursos de agua, protege los suelos de la erosión y recicla nutrientes, genera una reducción en el riesgo de deslizamiento, captura y almacena el dióxido de carbono [15].

El bambú es un material de bajo costo y ecológico, ya que la misma población puede cultivarlas, así contribuir en el desarrollo constructivo y crecimiento sostenible de las zonas rurales [15]. Por lo tanto, es un material de fácil acceso para las diferentes clases sociales [1]. La construcción con bambú representa un ahorro respecto a una construcción de concreto. El tiempo de ejecución para una construcción de bambú es más rápido respecto a una convencional [5].

Así como presenta influencias también presenta limitaciones como elemento estructural en la construcción, así como:

El bambú es frágil a los rayos ultravioletas y a la humedad, por lo que se requiere protección durante su manejo, ejecución y mantenimiento. Si la caña está en contacto directo con el suelo y el agua pierde algunas de sus características de resistencia. Asimismo, es vulnerable al ataque de insectos y hongos, por ello deben ser curados durante su corte [4] [16]. De acuerdo con su especie y el lugar donde crece, su edad, contenido de humedad y sección de culmo del bambú, su comportamiento estructural puede variar dificultando su construcción. El bambú al secarse se contrae y su diámetro disminuye. Para ello se debe prever que la caña esté seca y/o tomar en cuenta este cambio [16].

El bambú tiene baja durabilidad, sin tratarse no suelen durar mucho, aunque con ciertos tratamientos pueden extenderse con técnicas simples y estándar dura 15 años y con técnicas y mejores tratamientos puede durar hasta los 60 en teoría. La caña de bambú tiende a rajarse con facilidad, por lo que se debe evitar el uso de clavos gruesos [4]. Para la ejecución de edificaciones se debe utilizar bambú que alcanzan la madurez apropiada, debido a que sus fibras adquieren su mayor resistencia, la cual ocurre cuando está cumple 4 años de edad. Por otro lado, se debe evitar utilizar las que presenten alguna deformación, rajadura, que estén en estado de pudrición o con hongos, y evitar conicidad alta [9].

Por otro lado, existen métodos de preservación que permiten mejorar la vida útil de bambú, así como sus propiedades físicas-mecánicas, y evitan que sea afectado por algún organismo. Estos métodos pueden ser de tipo químico o tradicional [9].



Fig. 6 Tipos de preservación del bambú.

El método tradicional se utiliza acorde de las características y recursos presentes en las distintas zonas, como por ejemplo el vinagrado que es económico, inocuo y comprobado por la sapiencia popular. Así mismo el método químico es la más recomendada, mediante un proceso de inmersión en soluciones de bórax y ácido bórico debido a su eficacia, costo y seguridad para usuarios y medio ambiente; Para realizar este procedimiento se debe sumergir cañas secadas durante una semana y que conserven su color verdoso [9].

Igualmente, para obtener una edificación de alto nivel y que cumpla los lineamientos técnicos que rige la norma de construcción en caña guadua. En el Perú se creó la norma E.100 de bambú, mediante el decreto supremo N°011-2012-VIVIENDA, la cual indica el proceso constructivo que se aplica a edificaciones con elementos estructurales de bambú, lo cual es aplicada obligatoriamente para edificaciones de hasta dos niveles. En base a esta norma y a estos procesos podemos llevar a cabo una correcta y segura construcción de edificaciones [3].

Así mismo aún no existen normas técnicas respecto a las propiedades y utilización del bambú y/o manuales técnicos, lo que hace difícil la construcción masiva de estructura con este material, así mismo las investigaciones previas nacionales siguen metodologías diferentes para conseguir resultados de sus propiedades mecánicas, los cuales necesitan estar homologados para ser utilizados en la construcción [16].

Análisis comparativo de costo

Para determinar el costo directo de las partidas se a tomado precios a base de la tabla de precios unitarios directos de la CAPECO. En las tablas 6 y 7 se muestran el análisis de precios unitarios adaptados para la partida de muros para la vivienda de bambú y albañilería. Asimismo, el costo de la caña de bambú de 6m de longitud es de S/.35.00 (costo en Lima) el cual será usado para la vivienda de bambú.

En la tabla 6 se muestra el Análisis de Precios Unitarios (APUs) de la partida 01.01.01 muro de bambú (caña chancada), el cual cuenta con sus propios insumos y materiales. En esta partida se tiene una cuadrilla de 0.0542 capataz, 0.2710 operario, 0.2710 oficial y 1.0840 peón, que multiplicado por el precio unitario se halla el precio parcial y la suma de montos parciales resultara el precio unitario de la mano de obra de S/.29.14 por m2. Asimismo, el precio de los materiales se calcula como la cantidad necesaria para esta partida y el precio en el mercado por unidad, que resulta de S/.59.04 por m2. Para el equipo se usó herramientas manuales que se calculó como el 5% de precio unitario de la mano de obra, lo cual resulta S/.1.46 por m2.

TABLA 6
Análisis de precios unitarios (APUs) para muro de vivienda de bambú

01.01.01 MURO DE BAMBU (CAÑA CHANCADA)				89.64
Costo unitario directo por : m2				Parcial
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	S/.
Mano de obra				
CAPATAZ	hh	0.0542	24.00	1.30
OPERARIO	hh	0.2710	21.91	5.94
OFICIAL	hh	0.2710	17.55	4.76
PEON	hh	1.0840	15.82	17.15
				29.14
Materiales				
ALAMBRE GALVANIZADO N°16	kg	0.2000	13.50	2.70
MALLA DE GALLINERO	m	1.0000	2.90	2.90
HEXAGONAL 0.95m x 3/4"	m	2.8000	5.83	16.32
BAMBU D>=12cm (latillas)	m	5.6200	0.82	4.61
LISTONES DE MADERA	p2	6.0000	1.88	11.28
ARANDELA	und	6.0000	1.88	11.28
TUERCA	und	6.0000	1.88	11.28
ESPARRAGOS D=3/8"	m	0.5000	19.90	9.95
				59.04
Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.46	1.46
				1.46

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7 se muestra el APU de la partida 01.01 muro de ladrillo King Kong de 18 huecos, el cual cuenta con sus propios insumos y materiales. En esta partida se tiene una cuadrilla de 0.124 capataz, 1.24 operario y 1.116 peón, que multiplicado por el precio unitario se halla el precio parcial y la suma de montos parciales resultara el precio unitario de la mano de obra de S/.47.80 por m2. Para el precio de los materiales se calcula como la cantidad necesaria para esta partida y el precio en el mercado por unidad, que resulta de S/.72.32 por m2. Asimismo, para equipos y herramientas manuales se calculó como el 5% del precio unitario de la mano de obra, lo que resulto S/.7.39 por m2.

TABLA 7
Análisis de precios unitarios (APUs) para muro de vivienda de albañilería

01.01 MURO DE LADRILLO KING KONG DE 18 HUECOS				127.51
Costo unitario directo por : m2				Parcial
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	S/.

Mano de obra				
CAPATAZ	hh	0.1240	24.00	2.98
OPERARIO	hh	1.2400	21.91	27.17
PEON	hh	1.1160	15.82	17.66
				47.80
Materiales				
CLAVOS PARA CEMENTO	kg	0.0220	3.82	0.08
ARENA GRUESA	m3	0.0580	40.00	2.32
CEMOTO PORTALAND TIPO I	bol	0.4080	29.00	11.83
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und	66.0000	0.88	58.08
				72.32
Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.39	2.39
ANDAMIO DE MADERA	hm	0.5800	5.00	5.00
				7.39

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la figura 7 se observa los resultados obtenidos del costo de la vivienda de bambú con respecto a una de albañilería. De esta manera, se obtiene un presupuesto total de S/. 80,818.80 para la vivienda de bambú y un valor de S/. 105,565.47 para la vivienda de albañilería.

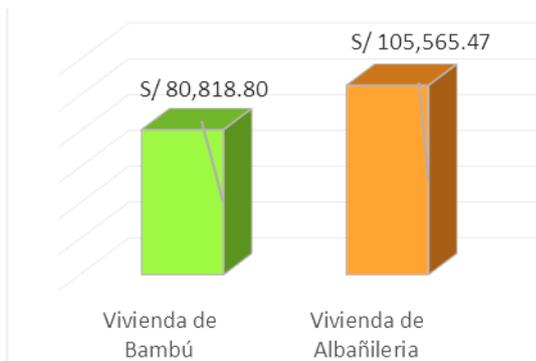


Fig. 7 Presupuesto comparativo del costo de construcción entre una vivienda de bambú y albañilería

Con los resultados obtenidos de la Fig. 7, se definió un índice de ahorro para cada vivienda correspondiente tanto el de bambú como el de albañilería. Este índice de ahorro viene dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de ahorro (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Costo de vivienda de bambú}}{\text{Costo de vivienda de albañilería}}\right) * 100$$

Por lo tanto, el índice de ahorro es la diferencia porcentual de costos al utilizar el bambú como elemento estructural en la construcción en lugar de un material convencional como la albañilería. El resumen comparativo de costos para ambas viviendas se observa en la Tabla 08.

TABLA 8

Cuadro comparativo de costos de construcción entre vivienda de bambú y albañilería

Partidas	Vivienda de Bambú (S/.)	Vivienda de Albañilería (S/.)	Índice de Ahorro (%)
Estructuras	S/.50,334.26	S/.62,509.94	19.48%
Arquitectura	S/.30,484.54	S/.43,055.53	29.20%

Costo Directo total	S/.80,818.80	S/.105,565.47	23.44%
---------------------	--------------	---------------	--------

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 08 se observa que las partidas de estructuras tienen un mayor costo en la vivienda de albañilería que en la de bambú, debido a que en la albañilería se requiere un volumen de ladrillo, encofrados y mortero. Así mismo en la partida de arquitectura la vivienda de bambú tiene menor costo debido a que los muros de caña de bambú tienen un acabado caravista que no requiere tarrajeo, por ende, tampoco pintura.

Tiempo de ejecución

En la figura 8 se muestra el tiempo aproximado de ejecución de la vivienda de bambú y la vivienda de albañilería de dos pisos, los cuales se calcularon con el Software Ms Project. Donde se estima un plazo de 81 días para la vivienda de albañilería y 70 días para bambú.

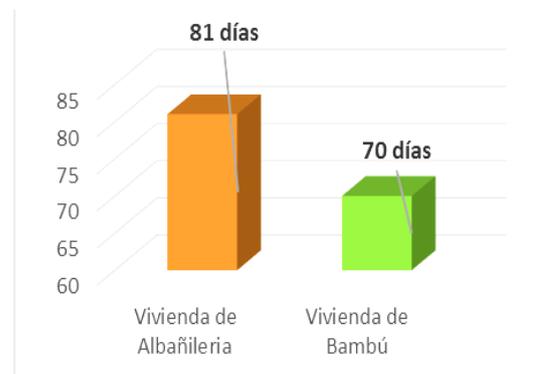


Fig. 8 Plazo de ejecución de la vivienda de bambú y albañilería

IV. VALIDACIÓN Y CONCLUSIONES

El bambú posee diversos beneficios que lo hacen apto para el uso estructural y construcción de vivienda. Su forma circular hueca lo hace un material liviano, por lo que permite una construcción rápida y económica. Además que su rigidez y elasticidad le permiten resistir los movimiento sísmicos, actuando como un amortiguador natural. A diferencia de los materiales tradicionales, el bambú ofrece ventajas ambientales con respecto a los materiales convencionales, los cuales contaminan y tienen un precio elevado en su construcción y traslado, así mismo, este material se utiliza como planta de reforestación. Los métodos de preservación y mantenimiento de las cañas de bambú permiten que estas tengan mejores propiedades mecánicas, haciendo así un material idóneo y seguro para la construcción de viviendas. Es por ello por lo que se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis de estudio donde coincidimos con (Echezuria, 2018) y (Bello & Villacreses, 2021) que mencionan diversos beneficios del bambú como material constructivo. Finalmente este material puede ser usado junto a otros materiales, siguiendo las indicaciones de la Normas Técnicas.

En base a estos resultados se concluye que la construcción de una vivienda de bambú es mucho más rentable que la vivienda de albañilería en un 23.44%, este índice de ahorro puede ser mayor si se consideran los gastos

generales. Con respeto al tiempo de ejecución la vivienda de bambú es mucho más rápido que la de albañilería. Es por ello que el bambú es un material económico y de menor tiempo de ejecución frente a la construcción en albañilería que se refuta en las investigaciones de Frías, 2019 y Juárez 2020, donde deducen que las construcciones con acero vegetal resultan más beneficiosas respecto a una convencional.

Finalmente, las instituciones públicas no demuestran interés en promover su plantación y uso, o estas son una minoría. Para lo cual se sugiere la incorporación de universidades y sectores educativos del estado que deben concientizar a la sociedad el uso correcto del bambú, bajo una política responsable y sostenible que pueda contribuir a la reforestación de áreas vulnerables, y fomentar el equilibrio del ecosistema. De esta manera estimular la formación de mano de obra calificada para el manejo adecuado en construcciones de bambú.

REFERENCES

- [1] P. Soler., «Uso del Bambú en la Arquitectura Contemporánea.» Setiembre del 2017. [En línea]. Available: https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106203/SOLER%20-%20CSA_F0111%20Uso%20del%20bamb%20C3%BA%20en%20la%20arquitectura%20contempor%20C3%A1nea.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [2] S. Yuca, “Gestión integral y adaptativa de recursos ambientales para minimizar vulnerabilidades al cambio climático en microcuencas andinas”, Soluciones Prácticas (ITDG), Lima, 2010
- [3] J. Arizabal, O. Leyva, J. Rodríguez & C. Eyzaguirre, “Diseño de una vivienda saludable rural orgánica y vernacular para pobladores en situación de pobreza de la región amazónica utilizando bambú guadua empacutado”. Julio del 2020. Available: https://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP592.pdf
- [4] D. Juárez, «Uso y rentabilidad del bambú como material estructural de construcción.» 2020. [En línea]. Available: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15946>
- [5] J. Frías. «Análisis del comportamiento estructural y beneficios de una vivienda de bambú respecto a una de albañilería confinada en la provincia de Piura». 2019.
- [6] G. Pozo, J. Rodríguez & C. Yupari, “Diseño estructural de una vivienda unifamiliar eco sostenible a base de bambú de interés social en el distrito de Morropon en la región de Piura”. Lima 2020. Available: <https://repositorio.usil.edu.pe/items/a84bd7b7-5e08-4d74-870e-d881cab802b7>
- [7] J. Bello & C. Villacreces, «Ventajas y desventajas del Sistema constructivo con bambú frente al Sistema de hormigón armado en viviendas de interés social» Vol. 6, No 9, septiembre 2021, pp. 1987-2011. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8094507.pdf>
- [8] W. ROJAS. «Análisis del comportamiento estructural y rentabilidad de una edificación ecológica de bambú respecto a una de albañilería confinada, Trujillo 2022». 2022. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30905/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [9] J. Morán, «Construir con Bambú – Manual de construcción» 3ra Edición, Lima-Perú 2015. [En Línea]. Available: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normализacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf
- [10] B. Torres, M. Segarra & L. Braganca, «El bambú como alternativa de construcción sostenible.» 2019. Available: <http://dx.doi.org/10.30972/eitt.503787>
- [11] Spa, «Estudio logra identificar 70 especies de bambú en todo el Perú» setiembre del 2022. [En línea]. Available: <https://www.actualidadambiental.pe/estudio-logra-identificar-70-especies-de-bambu-en-todo-el-peru/>
- [12] O. Tovar., «Las Gramíneas (Poaceae del Perú)» Tomo.13 Madrid, 1193. Available: <https://bibdigital.rjb.csic.es/medias/ed/45/4e/e9/ed454ee9-afae-4a7a-9740-56aa008ee04b/files/Ruizia13.pdf>
- [13] M. Añazco. & S. Rojas. «Estudio de la cadena desde la producción al consume del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia». Abril 2015. Available: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccioc81n-al-consumo-del-bmabucc81-en-ecuador.pdf>
- [14] J. Encalada. «Modelo de panel prefabricado en guadúa, aplicado a la industrialización de la construcción, para divisiones verticales». Mayo del 2016. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/38670651.pdf>
- [15] P. Carpio & J. Vásquez. «características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales». Trujillo-Perú. 2016. Available: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4462/1/REP_ING_CIVIL_PABLO.CARPIO_JUAN.V%20C3%81SQUEZ_CARACTER%20C3%8DSTICAS.F%20C3%8DSICAS.MEC%20C3%81NICAS.BAMB%20C3%9A.FINES.ESTRUCTURALES.pdf
- [16] Norma E. 100, Lima - Perú, 2020. Available: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-san-luis-gonzaga/ingenieria-civil/norma-e100-bambu-de-peru-usenlo-para-el-curso-de-construccion-1-y-2/25968812>