

*Propuesta de un pabellón que utiliza el bambú como material de construcción.
Fuente: Ramírez y Moreno, 2024.*

Hacia la sostenibilidad de la arquitectura cubana: Acerca del bambú y otros materiales alternativos

Towards the Sustainability of Cuban Architecture: About Bamboo and Other Alternative Materials

Mabel R. Matamoros-Tuma y Alfonso Alfonso-González

RESUMEN: El cultivo del bambú y sus múltiples aplicaciones en la arquitectura son prácticas ecológicas poco extendidas en Cuba a pesar de que podrían contribuir a elevar los niveles de producción en la construcción y a reducir su impacto negativo sobre el medio ambiente. Esta investigación se propuso el objetivo de valorar el uso del bambú en relación con la arquitectura cubana desde la perspectiva de la sostenibilidad. Para fundamentar las valoraciones teóricas que se presentan, se aplicaron procedimientos analítico- deductivos, así como herramientas de la investigación cualitativa y del diseño. En este ensayo se discuten experiencias nacionales precedentes sobre materiales de bajo consumo energético y sobre el uso del bambú en la construcción, lo que se contrastó con la situación actual del país. Se concluye que el bambú podría contribuir a la sostenibilidad del sector de la construcción y a la renovación de la arquitectura nacional en un contexto marcado por severas y reiteradas crisis energéticas.

PALABRAS CLAVE: Bambú, materiales de construcción ecológicos, arquitectura alternativa cubana, sostenibilidad, medio ambiente construido

ABSTRACT: Bamboo cultivation and its many applications in architecture are ecological practices that are not widely used in Cuba, even though they could contribute to increasing production levels in construction and reducing its negative impact on the environment. This research aimed to assess the use of bamboo in Cuban architecture from a sustainability perspective. To support the theoretical assessments presented, deductive-analytical procedures, as well as qualitative research and design tools were applied. In this essay, preceding national experiences on materials of low energy consumption and the use of bamboo in construction are discussed, which was contrasted with the current situation of the country. It is concluded that bamboo could contribute to the sustainability of the construction sector and the renewal of national architecture in a context marked by severe and repeated energy crises.

KEYWORDS: bamboo, ecological construction materials, Cuban alternative architecture, sustainability, built environment

RECIBIDO: 20 diciembre 2024

ACEPTADO: 16 abril 2025

Introducción

Se sabe que la construcción genera gran impacto sobre el ambiente, la economía, y la sociedad, por lo que requiere transitar hacia modelos compatibles con el desarrollo sostenible. Sin embargo, aun hoy ese sector no alcanza niveles acordes a dicho propósito, al mantenerse la sobre-explotación de recursos no renovables, la depredación de la naturaleza, el alto consumo energético y el predominio de procesos que contaminan el medio ambiente [1, 2], lo que ha contribuido al deterioro y la transformación del clima global. Estos problemas parecen indicar que las políticas de construcción aplicadas hasta hoy a nivel global no son conscientes de la magnitud de sus consecuencias sobre la realidad ambiental contemporánea.

En Cuba, a lo anterior se adicionan los efectos negativos de continuadas y severas crisis económicas y energéticas, que hacen impostergable el uso de materiales y técnicas de construcción cuyos procesos de producción sean amigables con el medio ambiente, sin deteriorarlo o contaminarlo. Es decir, materiales que además de ser resistentes, accesibles, y apropiados a las condiciones climáticas del país, contribuyan a atenuar la extrema carencia de recursos. Con estos antecedentes, se hace evidente la necesidad de introducir modelos productivos sostenibles y políticas de construcción a escala local y nacional, que ayuden a satisfacer las necesidades crecientes de la población, y sus expectativas en el escenario sociocultural actual y perspectivo.

Los problemas asociados al agotamiento de las fuentes de extracción de materiales de construcción y la extinción de los bosques maderables originales en el contexto nacional, se vieron acrecentados por las severas y reiteradas crisis económicas y energéticas iniciadas en la década de los años 90, que impulsaron múltiples iniciativas para atenuar sus efectos, como los intentos de introducir materiales alternativos de construcción y la implementación de criterios de diseño dirigidos al ahorro de recursos, entre otros, aunque finalmente no alcanzaron sus propósitos [3, 4]. Tales prácticas, cuyos efectos no se han estudiado a fondo, parecen haber presentado dificultades de diverso origen que las limitaron o restringieron, y terminaron siendo desestimadas.

Dentro de esas experiencias pioneras se encuentran las relacionadas con el uso del bambú como material para la construcción, cuyas ventajas aparecen bien documentadas en la literatura internacional, y comprobadas en la práctica en numerosas regiones del mundo con climas similares al de Cuba (Figura 1). Se conoce que desde los años 90 del pasado siglo hasta los primeros años del presente, en diferentes zonas del país se llevaron a cabo programas de reforestación con esta gramínea, y se desarrollaron investigaciones y proyectos que impulsaron planes a pequeña escala para la construcción de viviendas y la producción de tableros de bambú, fundamentalmente en las regiones central y oriental [5].

Sin embargo, la información sobre la continuidad de tales experiencias es hoy casi nula, evidenciándose una ruptura en la transmisión de los conocimientos y las buenas prácticas, lo que abre múltiples brechas e interrogantes sobre las posibilidades actuales del uso del bambú en la construcción. ¿Podría considerarse la introducción de técnicas y prácticas constructivas asociadas al bambú como una de las alternativas que benefician la arquitectura cubana desde la perspectiva de la sostenibilidad? ¿Dentro de qué límites?

- [1] Cabalé Miranda E, Rodríguez Pérez de Agreda G. El desarrollo sostenible en la actividad constructiva. Estudios del Desarrollo Social [Internet]. 2017 [consultado: 29 de julio de 2024]; 5(2):40-51. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322017000200005&lng=pt&nrm=iso
- [2] Redacción 360 en Concreto Comunidad Colombia. Caracterización de impactos ambientales en la industria de la construcción. 360 en Concreto [Internet]. s. f. [consultado: 24 de abril de 2025]. Disponible en: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/impactos-ambientales-en-la-industria-de-la-construccion/>
- [3] González Couret D. ¿Viviendas de bajo consumo material y energético? Crisis de los 90 en Cuba. Arquitectura y Urbanismo [Internet]. 2023 [consultado: 10 de diciembre de 2023]; 44(2):17-33. Disponible en: <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/776>
- [4] Alfonso-González A, Peterssen-Soffia G. Crisis energéticas y construcción de viviendas en Cuba: retrospectiva de investigaciones sobre materiales de bajo consumo energético. Arquitectura y Urbanismo [Internet]. 2024 [consultado: 10 de diciembre de 2024]; 45(1):9-26. Disponible en: <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/809>
- [5] Rojas Rojas MP. El tablero de bambú como elemento constructivo en la vivienda social en Bayamo [tesis de maestría]. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Facultad de Arquitectura, 2008.



Figura 1. Colombia es uno de los países de América con más desarrollo en el uso del bambú en la construcción. La foto muestra una estructura construida con este material en el Jardín Botánico de Medellín. Fotografía: M. R. Matamoras, 2011.

Con estos antecedentes, el presente trabajo se propuso el objetivo de hacer una valoración sobre el uso del bambú como material de construcción en relación con la arquitectura cubana desde la perspectiva de la sostenibilidad, mediante una revisión crítica de la experiencia precedente y la búsqueda de posibles aplicaciones prácticas, teniendo en cuenta las actuales y futuras condiciones del país.

El trabajo aborda la actividad de la construcción desde los enfoques internacionales del desarrollo sostenible, y sus particularidades en Cuba. Para intentar responder al problema planteado, se examinaron las afectaciones productivas derivadas de las crisis económicas y energéticas en las últimas décadas, y se analizaron diversas alternativas que se han dado en el país para la introducción de materiales de construcción con potencialidades para atenuar las consecuencias negativas de las crisis que afectan al territorio nacional, aunque sus resultados no hayan logrado generalizarse.

Como parte del proceso, se indagaron los antecedentes históricos del uso del bambú, tanto en el ámbito internacional, como nacional; se definieron sus características, posibilidades y ventajas como material de construcción, y se identificaron investigaciones y experiencias que han tenido lugar en el país.

Desde el punto de vista metodológico, se siguió un proceso deductivo-analítico que partió de las condiciones generales a las particulares del problema. Se realizó la revisión y discusión de las fuentes bibliográficas, y el análisis de las experiencias nacionales, tanto teóricas como prácticas, dirigidas a la introducción de materiales y técnicas constructivas sostenibles. Se tuvieron en cuenta las necesidades materiales, económicas y ambientales del país; la influencia de las características climáticas y de los eventos extremos del contexto; los requisitos técnicos; los recursos económicos disponibles; y la evaluación crítica de las experiencias realizadas.

Los estudios teóricos se complementaron con fases propositivas dirigidas a explorar posibles aplicaciones del bambú como material de construcción, que abarcaron diferentes aplicaciones en el contexto de las regiones central y occidental del país.

Los resultados permitieron adelantar algunas respuestas acerca de las ventajas y las limitaciones del uso del bambú como un material alternativo, ecológico, económico y de posible obtención local, que podría ser apropiado en el contexto nacional.

Los objetivos del desarrollo sostenible y los compromisos de Cuba

Desde la época prehistórica hasta hoy, los seres humanos han recurrido a la utilización de los recursos naturales disponibles para conformar su hábitat. Sin embargo, el desarrollo creciente y global de la actividad constructiva contemporánea ha devenido en la causa de severos impactos a la naturaleza y al medio ambiente, y altos consumos energéticos. La minería extractiva de materiales para la construcción intensifica la erosión, el sellado y el deterioro de los suelos, y perjudica la naturaleza de numerosas regiones. Avanza la deforestación y la desertificación y continúa la tala de importantes reservas boscosas en el mundo, como la selva amazónica, considerada entre los pulmones del planeta. La contaminación atmosférica y el calentamiento ambiental global son acentuados por los altos consumos energéticos en la elaboración de los materiales y componentes constructivos. Se afirma que las edificaciones representan más del 40 % del consumo energético en el mundo y generan la emisión de diversos contaminantes, como el CO₂, que aporta entre el 25 % y el 30 % del total, contribuyendo al calentamiento global en cifras estimadas entre el 10 % y el 12 %. [6]

[6] CCAC Secretaría. La última base de datos de calidad del aire urbano de la OMS muestra que los niveles de contaminación del aire aumentan en muchas de las ciudades más pobres del mundo. Climate & Clean Air Coalition [Internet]. 12 mayo 2016 [consultado: 17 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/es/resources/whoglobal-urban-air-pollutiondatabase-update-2016>

A lo largo de varias décadas, fue extendiéndose una corriente opuesta a las prácticas que afectaban al equilibrio ecológico a nivel global y provocaban el agotamiento de recursos y la contaminación ambiental, lo que derivó en las primeras concepciones del Desarrollo Sostenible (DS) formuladas en el llamado Brundtland Report “Nuestro futuro común” de 1987 [7- 9], donde se proclamó la integración de las políticas ambientales y las estrategias (en sus componentes económico y social) y se identificaron “tres dimensiones” y “tres pilares” del desarrollo. En eventos posteriores de las Naciones Unidas, como la Cumbre Mundial de 2002, en Johannesburgo, y la Asamblea General de 2010, hasta la Cumbre Mundial de 2015 [10], se avanzó en la esencia del Desarrollo Sostenible como concepto integrador real y en el proceso de establecimiento de sus objetivos (ODS). Posteriormente, algunos autores propusieron que se adicionara la consideración de los aspectos tecnológicos [11], los políticos y los culturales, aunque mundialmente no prevalece una definición homogénea en sus componentes. Por ejemplo, en Filipinas se incluyen cinco pilares, mientras que Madagascar reconoce siete, con 24 ámbitos temáticos para evaluar ventajas y desventajas. Pocos países tienen un mecanismo de coordinación que funcione bien para lograr objetivos congruentes [12]. Se trata de un proceso complejo e interconectado a numerosos aspectos de un movimiento que opera en una inmensa cantidad de formas y fenómenos, que se reflejan en un cambio esencial y necesario en el tiempo.

Los conceptos del desarrollo sostenible pretenden propiciar una transición hacia grados de racionalidad crecientes, para que la cantidad de recursos usados no sobrepasen los límites de su regeneración [13], lo que requiere que se definan objetivos (ODS) globales concretos dirigidos hacia esos fines. Tal concepción ha ido tomando fuerza gradualmente a escala internacional, promoviendo la adhesión de numerosos países al establecimiento de compromisos con objetivos precisos, indicadores específicos y metas futuras en su agenda [14]. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de las Naciones Unidas, se afirma que aún no se ha logrado influir lo suficiente en la obtención de resultados satisfactorios, y se evidencian desequilibrios en los que la dimensión ambiental es la que menos se ha tenido en cuenta por todos los actores [15]. En el sector de la construcción, por ejemplo, aún siguen predominando hasta el momento, prácticas globales no sostenibles.

Cuba también ha declarado su compromiso con la promoción del desarrollo sostenible (DS), refrendado en la Constitución vigente desde 2019 [16], que lo establece como uno de los fines esenciales del Estado (Capítulo I, artículo 13, inciso e). Sin embargo, llama la atención que aparece asociado solamente a la prosperidad individual y colectiva, y a la equidad y justicia social. Otros aspectos relacionados con las dimensiones y pilares del desarrollo sostenible relativos a la protección medioambiental, que constituyen la base para una economía verde [9], y el enfrentamiento al cambio climático, que amenaza la sobrevivencia de la especie humana, se recogen en sitios apartes en la Carta Magna (Capítulo II, artículo 19) [16], y no aparecen declarados como integrantes del concepto tradicional de desarrollo sostenible que, según la Agenda 2030 de las Naciones Unidas [10], se sustenta en su naturaleza interconectada e indivisible. Algo similar ocurre con los componentes económicos declarados, que también deben estar interconectados con los ambientales [8] en una economía verde [9]; y con otros aspectos que, al no haber sido considerados como pilares integrados al desarrollo sostenible, persisten independientes, sin suficiente interconexión integral en el proceso de desarrollo.

- [7] Brundtland H. Our Common Future. Oxford (United Kingdom): Uni Press; 1987.
- [8] Puerta González JM. Los tres pilares del desarrollo sostenible. LinkedIn [Internet]. 5 abril 2022 [consultado: 10 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.linkedin.com/pulse/los-tres-pilares-del-desarrollo-sostenible-puerta-gonz%C3%A1lez-%E9%A9%AC%E5%B8%8C%E6%96%87-?utm_source=share&utm_medium=member_android&utm_campaign=share_via
- [9] CEPAL-ONU (Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Acerca de Desarrollo Sostenible [Internet]. s. f. [consultado: 17 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>
- [10] Naciones Unidas (ONU). La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [Internet]. s. f. [consultado: 13 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- [11] Peterssen Soffia G. El desarrollo sostenible en los materiales de construcción de la vivienda en Cuba [tesis doctoral]. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, 1998.
- [12] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). El desarrollo sostenible de las naciones. Sustainability Pathways [Internet]. 2014 [consultado: 13 de agosto de 2024]. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Sustainable-Development-Nation-ES.pdf
- [13] PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). Los ODS en acción. Objetivos de Desarrollo Sostenible [Internet]. s. f. [consultado: 23 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- [14] PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). Objetivo 7 Energía asequible y no contaminante [Internet]. s. f. [consultado: 23 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/energia-asequible-no-contaminante>
- [15] ONU DAES (Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales). Equilibrar los pilares para el desarrollo sostenible [Internet]. s. f. [consultado: 23 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.un.org/es/desa/desarrollo-sostenible>
- [16] ANPP (Asamblea Nacional del Poder Popular). Constitución de la República de Cuba. Cubadebate [Internet]. 2019 [consultado: 20 de septiembre de 2024]. Disponible en: <http://media.cubadebate.cu/wp-content/uploads/2019/01/Constitucion-Cuba-2019.pdf>

Con tales antecedentes, el primer Informe de Cuba ante el Foro Público de Alto Nivel de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible [17] precisa 17 Objetivos de la Agenda 2030, y en las metas ambientales focaliza a las ciudades, pero desde el punto de vista urbano, faltando abordar la escala arquitectónica. Se enfatiza la vivienda, priorizando, entre otros sectores, a la construcción y la energía; y se propone poner fin a la deforestación; aumentar los recursos para conservar y utilizar de forma sostenible los ecosistemas; restaurar los bosques degradados (objetivos de documentos precedentes [14]); y prevenir la invasión de especies exóticas invasivas. No obstante, parte de las metas no serán factibles de ser cumplidas, por diversas causas, como la inestabilidad externa, factores climatológicos y problemas estructurales e institucionales, según declara el propio documento.

Lo anterior indica que, a pesar de estar creadas las bases legales encaminadas al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible, aun se aprecian brechas en su concepción, por falta de conexión entre los diferentes ámbitos que abarca. Esto podría estar frenando la implementación de políticas que conduzcan a la sostenibilidad en el sector de la construcción, corriéndose el riesgo de que tales concepciones terminen como simples formulaciones teóricas.

Antecedentes de la producción de materiales de construcción en el contexto nacional

En el aspecto climático, Cuba se caracteriza por un ambiente cálido-húmedo, generalmente lluvioso, con altas humedades relativas, estaciones alternas de seca y lluvia, y un régimen de vientos Alisios predominantes [18]. Está sometida a fenómenos meteorológicos extremos frecuentes, con fuertes tormentas, copiosas precipitaciones, inundaciones pluviales, invasiones (ras) del mar en zonas bajas costeras e intensos vientos, al estar situada en “el camino de los huracanes” en el Mar Caribe [19]. Tales circunstancias someten a las construcciones del país a efectos dañinos, lo que se considera como una amenaza alta y constante. [4]

Cuba también sufrió la sobreexplotación de sus bosques originales, durante el dominio colonial español como fuente suministradora de madera hacia la metrópoli, y después para el habitual consumo interno, lo que condujo a su extinción paulatina. A pesar de las acciones de reforestación que han tenido lugar en todo el país desde hace varias décadas y la implementación de regulaciones para el manejo y gestión del patrimonio forestal, estipuladas en La Ley Forestal de 2015 [20], la madera continúa siendo altamente deficitaria en el sector de la construcción.

Ya desde el periodo colonial, las autoridades presionaron para sustituir en las ciudades el uso de madera en las obras [21] y se fueron imponiendo edificaciones con materiales de origen mineral, proceso que se había iniciado tempranamente en el siglo XVI con la construcción de fortificaciones para proteger el territorio de los enemigos. Eran obras más estables y pesadas, menos vulnerables al embate de frecuentes tormentas y huracanes, aunque los gruesos muros macizos, por ser altos acumuladores de calor, resultaban molestos en el ambiente cálido y húmedo de la isla. No obstante, los materiales de hormigón que les sucedieron en el siglo XX no disminuyeron tal efecto, por tener propiedades similares de ser altos acumuladores térmicos.

Entre los materiales de construcción que sustituyeron paulatinamente a la madera durante el periodo colonial, se encentraban principalmente sillares, mampostería ordinaria, cal, argamasa, ladrillos de arcilla cocida y

- [17] Presidencia y Gobierno de Cuba. Objetivos para el desarrollo sostenible en Cuba. I Informe Nacional Voluntario Cuba Julio 2021 [Internet]. s. f. [consultado: 23 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.presidencia.gob.cu/es/gobierno/objetivos-de-desarrollo-sostenible-en-cuba/>
- [18] Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Atlas Nacional de Cuba LX Aniversario [Internet]. 2022 [consultado: 4 enero de 2024]. Disponible en: <https://atlas.geotech.cu/>
- [19] Carrodegua N. Ciclon tropical y huracanes que han azotado Cuba y el Caribe. Norfipc [Internet]. 2023 [actualizado: 29 de agosto de 2023; consultado: 30 diciembre de 2023]. Disponible en: <https://norfipc.com/cuba/ciclon-tropical-y-huracanes-han-azotado-cuba.php>
- [20] Ley Forestal. Ley 85/1998 de 21 de julio. Gaceta Oficial de la República de Cuba, nº 046 ordinaria, [31-08-1998]. Disponible en: <http://juriscuba.com/wp-content/uploads/2015/10/Ley-No.-085-Forestal.pdf>
- [21] Richter J, Alfonso González A. Projected traditions? Tracing an East German-Cuban Collaboration in Loam and Soil Cement Construction in Havana-Cocosolo. ABE Journal. [Internet]. 2024 [cited 2024 Dec 04]; 23. Available from: <https://doi.org/10.4000/12ebo>

las denominadas técnicas de tierra. A partir de 1895, comenzó a proliferar el uso del cemento Portland, al instalarse en Cuba la primera fábrica de este aglomerante en América Latina, hasta alcanzar elevados niveles de producción y uso en los años 80 del pasado siglo. [4] Esto dio lugar a diferentes iniciativas de tendencia ecologista que impulsaron la exploración de materiales de construcción alternativos amigables con el medio ambiente, utilizando residuos agrícolas, fibras e, incluso, retomando antiguas técnicas de tierra apisonada o moldeada, entre otras, cuyos resultados no llegaron a implementarse. [4]

A inicios de la década de los años 90, la desaparición de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) se reflejó en una severa crisis económica y energética en Cuba, que repercutió en una drástica reducción de la producción de los principales materiales de construcción altos consumidores de energía que eran utilizados en ese entonces [22]. Entre ellos, se pueden mencionar el cemento, la cal y la arcilla cocida, los cuales producen, además, depredación de los suelos y contaminación de la atmósfera. Se estima, por ejemplo, que cada kilogramo de cemento que se produce emite entre 0,86 y 0,9 kilogramos de CO₂. Planos y Gutiérrez [23] han cuantificado las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generados en Cuba por la producción de materiales de construcción en los años indicados, donde se observa la apreciable reducción de las emisiones de GEI derivada de la carencia energética en ese periodo. (Tabla 1)

[22] ONEI. Anuario Estadístico de Cuba 2022. La Habana: Oficina Nacional de Estadística e Información de Cuba; 2023.

[23] Planos Gutiérrez EO, Gutiérrez Pérez TL, editores. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana: Ama Sello Editorial; 2020. [Consultado: 15 agosto de 2023]. Disponible en: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication.%20Cuba.pdf>

Tabla 1. Registros de las emisiones (GEI) ocasionadas por la producción de diversos materiales de construcción en Cuba en varios años seleccionados de la serie 1990-2016 según 3ra Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.

Subcategorías de producción	1990	2000	2010	2012	2014	2016
2.A.1 Cemento	1505.4	808.9	927.1	954.9	712.9	672.0
2.A.2 Cal	136.3	65.9	38.0	41.8	39.4	37.2
2.A.3 Vidrio	14.8	0.7	NE	NE	NE	NE
2.B.1 Amoniaco	571.0	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 Ácido Nítrico	265.4	46.6	45.5	75.6	72.0	50.8
2.B.5 Carburo de Calcio	12.0	9.0	NE	NE	NE	NE
2.C.1 Hierro y Acero y Coque Metalúrgico	438.6	27.3	22.2	22.2	20.6	16.4
Total	2943.5	958.4	1032.8	1093.5	844.9	776.3
NE: No Estimado, NO: No Ocurre. Fuente: Equipo Técnico de IPPU, con base a los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y Mindus.						

Fuente: Planos y Gutiérrez, 2020 [23].

La crisis de los años 90 en el sector de la construcción en Cuba

Dadas las nuevas condiciones que enfrentaba el país, las instituciones productivas del sector de la construcción adoptaron una serie de estrategias dirigidas a solucionar los conflictos derivados de la crisis. En paralelo, las universidades emprendieron investigaciones y proyectos encaminados a la búsqueda de técnicas y materiales alternativos que garantizaran la sostenibilidad de los procesos.

Las estrategias nacionales se enfocaron en racionalizar los proyectos arquitectónicos mediante el establecimiento de nuevos indicadores de áreas de construcción para reducir los costos y el consumo de recursos; la elaboración de normas y recomendaciones para el ahorro energético y material; la introducción de equipamiento manual para conformar los componentes constructivos y su colocación; y la implementación de conceptos tales como áreas mínimas, locales flexibles y transformables, con componentes y mobiliario multiuso. No obstante, también se paralizaron temporalmente numerosas obras. Más adelante se introdujeron criterios "de construcciones crecederas", fundamentalmente en los proyectos de vivienda, basados en el completamiento parcial de las obras según etapas progresivas, que incluían parte de los locales, revocos, terminaciones, y el completamiento gradual de la instalación de componentes hidrosanitarios y de carpintería. Se implantaron también los criterios de autogestión y de autoconstrucción (asistida o no por arquitectos de la comunidad) entre otras modalidades. Esas acciones estuvieron enfocadas hacia la economía de la construcción y al uso de materiales apropiados, de bajo costo, de bajo consumo material y energético, u otros, que no llenaron las expectativas previstas, ni alcanzaron el éxito deseado. [3]

En paralelo, varias universidades y centros de investigación se enfocaron en la búsqueda de materiales ahorradores que cumplieran los parámetros fiables de calidad y pudieran ser considerados como posibles sustitutos de los que anteriormente se utilizaban. En una primera etapa, estas investigaciones tuvieron objetivos principalmente ecológicos. Se buscaba propiciar la protección ambiental, el fácil acceso a los recursos constructivos y la participación popular. Otra etapa posterior tuvo como objetivos adicionales contrarrestar las carencias de recursos materiales, económicos y energéticos, mediante el aprovechamiento de recursos locales no contaminantes ni dañinos al medio ambiente, y que pudieran ser elaborados con tecnologías de fácil acceso. Se pretendía también que las soluciones de diseño fueran compatibles con el imaginario sociocultural de la población. [4]

En el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, ISPJAE¹, por ejemplo, se investigaron diversos materiales alternativos, elaborados a base de adobe y tierra compactada, suelo prensado, lodo de papel, emulsiones geotérmicas, residuos arcillosos, fibras, cáscaras, residuos industriales y de la producción agrícola, u otros aglomerados [4] (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Construcción experimental de bajo consumo energético y material, en Cocosolo, La Habana, 1990-93, con bloques de suelo local estabilizados con cemento Portland (5-7%).
Proyectistas: Alfonso Alfonso, Gabriela Peterssen y otros colaboradores del Programa del ISPJAE-RDA. Fuente: Archivo personal de Alfonso Alfonso.



Figura 3. Muestra de material experimental de construcción económico, ecológico, ahorrador de energía, y con excelentes prestaciones físico-resistentes, elaborado con residuos industriales, sin incluir cemento, producido en 1992 en la Facultad de Arquitectura del ISPJAE. Fuente: Archivo personal de Alfonso Alfonso.

¹ Esta institución actualmente se denomina Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae.

Como parte de estas búsquedas se ensayaron varios estabilizadores, tales como cemento, cal, puzolanas de diversas fuentes de origen, fibras de vegetales diversos, emulsión de asfalto, melazas y jugos vegetales, entre otros. A lo anterior se sumó la experimentación de la acreción marina para la elaboración de algunos componentes. Esas investigaciones se apoyaron en la realización de proyectos de arquitectura, prototipos y ensayos de laboratorio, promoviéndose su implementación y generalización con resultados muy alentadores, que merecieron diversos reconocimientos nacionales e internacionales². (Figura 4)

Algunas de esas prácticas, desarrolladas a pequeña escala, quedaron en fase experimental o tuvieron escasas aplicaciones. Tales son los casos de la producción de materiales a base de tierra apisonada y otras técnicas de conformación, con la adición de residuos industriales o agroindustriales; suelo estabilizado; productos procedentes de plantaciones arbóreas renovables; desechos; materiales reciclados; y varios derivados de la agricultura. [4]

En términos generales, la mayoría de las técnicas y los materiales que habían salido de estas investigaciones no fueron implementados ni generalizados en la práctica constructiva del país, a pesar del respaldo científico- técnico que avalaba su efectividad, demostrando la desconfianza que despertaban esas tecnologías poco conocidas, el apego a las prácticas tradicionales y la inercia conservadora de las instituciones.

Retrospectiva sobre el uso del bambú en el contexto nacional

Una vertiente importante dentro de las búsquedas para superar la crisis de los años 90 del pasado siglo fue la de introducir el uso del bambú en la construcción, lo que involucró a varias universidades de las zonas central y oriental del país.

En muchas regiones del mundo, el bambú se ha utilizado a lo largo de la historia para múltiples usos, entre ellos, construir espacios habitables. Particularmente en Asia, está fuertemente enraizado en la cultura popular, aunque también se pueden citar otras regiones de Oceanía, África, así como en Centro y Sur América, donde su cultivo tiene también una presencia significativa [24]. En esos contextos geográficos, se reconoce que las posibilidades que brinda el bambú en la construcción son prácticamente ilimitadas. Su implementación promueve, además, la continuidad de prácticas milenarias, fortaleciendo la cultura local y la generación de empleos. Ese material, de prestaciones similares a las de la madera, le supera en relación con su ritmo de crecimiento, conociéndose que en el término de cinco años se puede disponer de bosques económicamente explotables, sin necesidad de grandes trabajos de mantenimiento. El uso del bambú constituye una alternativa para la preservación del medio ambiente sobre bases sostenibles. Su aporte de oxígeno a la atmósfera y su alta capacidad para absorber el CO₂ contenido en ella, son otras de las múltiples ventajas de esta gramínea desde el punto de vista ecológico. [25]

Sin embargo, el uso del bambú en Cuba no cuenta con una tradición arraigada, como sucede en otras regiones, a pesar de que esta planta se ha adaptado bien a las condiciones naturales del país, identificándose varias especies, entre las cuales se encuentra la *Bambusa Vulgaris*, que tiene buenas prestaciones como material de construcción. Algunas publicaciones permiten inferir su presencia en diferentes zonas geográficas, con diversos usos, entre ellos, en la producción de muebles y objetos artesanales, y en la producción de carbón [26].

[24] Soler Soler P. Uso del bambú en la arquitectura contemporánea [tesis de grado]. Valencia: Universitat Politècnica de València; 2018 [consultado: 15 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/106203>

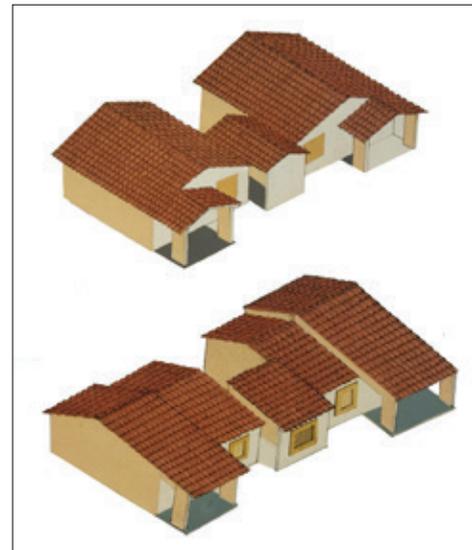


Figura 4. Proyecto ecológico ganador de una mención en el Concurso Iberoamericano "Viviendas Contemporáneas de Tierra" de Habiterre, España, 1990. Autores: A. Alfonso, A. San-Miguel, D. Cañizares, J. Planas y otros. Facultad de Arquitectura del ISPJAE. Fuente: Archivo personal de Alfonso Alfonso.

² Reconocidos por CRATerre en Navápalos; y por los Primeros Premios otorgados por el Instituto de Planificación Física de Cuba (IPF), en 1992; por la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC), también en 1992; así como por los Primeros Premios a Investigaciones, otorgados por la 1ra Bienal UNAICC, en 1990; por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) de Ensenada, México, en 1995; y por la Comisión Nacional de Ciencia y Técnica (CONACyT), México, en 1996.

Desde mediados de la década del 90 hasta el año 2010 aproximadamente, diversos proyectos de colaboración, como Bambú-biomasa, promovieron la reforestación con bambú, demostrándose en la práctica, que la extensión de su cultivo podía contribuir a frenar la degradación de los suelos y a la regeneración del medio ambiente a mediano plazo, por su rápido crecimiento y facilidad de mantenimiento. [25]

En una publicación del proyecto Bambú-biomasa, que data del año 2006 [25], se hace referencia a las posibilidades que brinda esta gramínea como material para la fabricación de tableros, lo cual quedó demostrado en pequeños talleres artesanales localizados en Bayamo y otras localidades. Ese reporte informa también sobre la edificación de viviendas y otras pequeñas obras en varias provincias de las regiones central y oriental del país, como Villa Clara, Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma y Santiago de Cuba. Sin embargo, pasados veinte años de realizado dicho proyecto, la información sobre la continuidad de esas experiencias, sobre la extensión y distribución del cultivo del bambú en la geografía nacional, y sobre los planes de reforestación es muy escasa [27], en algunos casos, inexistente. Tampoco se han encontrado publicaciones que den cuenta del comportamiento de las obras construidas con bambú hace dos décadas, ni sobre la producción de tableros de bambú en la actualidad. La paralización de la producción de nuevos conocimientos y resultados, así como la dispersión de los colectivos que desarrollaron estas experiencias, constituyen hoy un obstáculo real para su continuidad.

El bambú, una alternativa para la sostenibilidad de la arquitectura cubana

A pesar de las experiencias antes referidas, encaminadas a hacer más sostenible el sector constructivo nacional, lo cierto es que hasta el día de hoy las nuevas urbanizaciones continúan adoptando modelos ajenos a las condiciones tropicales, y en su construcción predomina el empleo de materiales de alto consumo de energía. La incidencia de frecuentes desastres naturales y crisis energéticas agravan el panorama constructivo del país, e influyen en la acumulación de necesidades sociales no satisfechas.

Fuentes oficiales revelan que en junio de 2024 las labores constructivas en Cuba mantenían un ínfimo ritmo de producción y que aumentaban los tiempos previstos para detener el deterioro del fondo habitacional, mientras que los materiales fabricados con soluciones locales representaban menos del 0,5 % del total [28]. Se insiste, además, en la relevancia de este último asunto, pues hasta marzo de 2024 se habían producido solo alrededor de 2100 viviendas, mientras el déficit habitacional superaba los 850 000 hogares, con la persistencia de 8 915 cuarterías y ciudadelas y 87 368 pisos de tierra [28]. Por su parte, la Comisión de Industria, Construcciones y Energía de la Asamblea Nacional del Poder Popular de Cuba ha expresado recientemente que la edificación de viviendas y la estrategia nacional para mejorar el fondo habitacional del país y eliminar las precariedades existentes son temas de prioridad y atención permanentes, a pesar de lo cual no se alcanza el impulso necesario, ni el avance integral en acciones de rehabilitación y conservación de inmuebles en los territorios [29]. En este contexto, urge la búsqueda de alternativas que contribuyan a elevar los ritmos de producción, para satisfacer las necesidades de la población, y mitigar los efectos negativos derivados de la escasez de energía y los daños al medio ambiente causados por prácticas no consecuentes con el desarrollo sostenible. Algunas de las posibles respuestas a este problema conducen necesariamente a

- [25] Cuba. Reforestación con bambú como alternativa ecológica para la producción sostenible de materiales de construcción y viviendas (Bambú-biomasa). Estudio de caso de las buenas prácticas. La Habana: PNUD América Latina y el Caribe; 2006. [Consultado: 20 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/reforestacion-con-bambu-como-alternativa-ecologica-para-la-produccion-sostenible-de-materiales-de-construccion-y>
- [26] Llamazares González R. Cuba potencia uso de bambú ante Cambio Climático. Canal Caribe [YouTube]. 17 septiembre 2023 [consultado: 20 de agosto de 2024] [2:56]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=sCpCR7QFw1A>
- [27] Cordero Miranda EM. Propuesta para el manejo sostenible de *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland con objetivo protector de diferentes condiciones ecológicas del río Cuyaguatete, Pinar del Río [tesis doctoral]. Pinar del Río: Universidad de Alicante-Universidad de Pinar del Río; 2010 [consultado: 20 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://rc.upr.edu.cu/bitstream/DICT/164/1/2013.6.18.u1.s2.t.pdf>
- [28] Angulo Leiva JE. Por el derecho de una vivienda digna. Granma. Cuba. Miércoles 17 de julio de 2024 [consultado 30 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.granma.cu/cuba/2024-07-17/por-el-derecho-a-una-vivienda-digna-17-07-2024-00-07-45>
- [29] Díaz González I. La prioridad y sensibilidad que merece y demanda la construcción de viviendas en Cuba. Asamblea Nacional Poder Popular República de Cuba. 22 abril 2024 [consultado: 30 agosto de 2024]. Disponible en: <http://www.parlamentocubano.gob.cu/noticias/la-prioridad-y-sensibilidad-que-merece-y-demanda-la-construccion-de-viviendas-en-cuba>

revalorizar diferentes experiencias desarrolladas en el pasado reciente, entre ellas, el uso del bambú como material de construcción. Con tal propósito, los autores de esta investigación emprendieron diversas acciones, enmarcadas dentro del campo del diseño, encaminadas a encontrar posibles usos de este material para las condiciones actuales. [30, 31]

Teniendo en cuenta que en décadas anteriores se habían obtenido discretos resultados en la ejecución de un grupo de viviendas y obras agropecuarias que utilizaban el bambú, en este caso se consideró oportuno explorar otras alternativas. La primera se enfocó en instalaciones turísticas en entornos naturales [30], lo cual se justificaba por las posibilidades que ofrecería para la recuperación de la inversión inicial, en caso de encontrarse posibles promotores, y porque el bambú brinda innumerables posibilidades para la experimentación formal, algo deseable en este tipo de programa arquitectónico. Como parte del proceso de investigación, se seleccionó un terreno en la zona costera al norte de Corralillo, en la provincia de Villa Clara, por la disponibilidad de plantaciones cercanas de la gramínea, y por el interés en el desarrollo turístico de dicho territorio. Las soluciones aportadas en ese primer estudio evidenciaron ventajas de diversa índole. Una de ellas tiene que ver con las amplias posibilidades que ofrecía este material para lograr obras que no solo satisfacen los requerimientos funcionales y técnicos para esta tipología arquitectónica, sino que también daba la posibilidad de proponer algo nuevo dentro de la estética de las edificaciones de su tipo en el país. (Figuras 5 y 6)

Según se pudo estimar, el conjunto turístico, concebido con técnicas mixtas³ y medidas específicas para el tratamiento, mantenimiento y protección y seguridad de las instalaciones, resultó tener un costo de construcción más bajo que uno similar de materiales pétreos. En particular, el costo por metro cuadrado de la cabaña típica, que representa el mayor volumen de construcción, arrojó un valor del 61 % respecto a una que se construyera con materiales y técnicas tradicionales.

En otra etapa de trabajo, se exploraron posibles usos del bambú como material constructivo en dos tipos de aplicaciones: espacios y componentes [31]. En relación con los espacios, se consideraron edificaciones de pequeña escala, tales como pabellones comerciales y expositivos, equipamiento urbano y alojamiento emergente, entre otros. (Figuras 7 y 8)

[30] Matamoros Tuma MR, Álvarez López AE, Rojas Rojas MP, Pérez Ríos B, Fonseca Salgado JP. Villa turística de bambú ¿Una alternativa para el desarrollo hotelero en Cuba? *Arquitectura y Urbanismo* [Internet]. 2019 [consultado: 30 de septiembre de 2024]; 40(1):72–87. Disponible en: <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/519>

[31] Ramírez Ledesma Y, Moreno Sánchez ML. Uso del bambú como material de construcción. Aplicaciones para el diseño de espacios y componentes constructivos en la provincia de Pinar del Río [tesis de grado]. La Habana: Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. Facultad de Arquitectura, 2024.



Figura 5. Propuesta de villa turística de bambú en Corralillo, Villa Clara. Esquema del fitness center. Fuente: Matamoros, Álvarez, Rojas, Pérez y Fonseca, 2019 [30].



Figura 6. Propuesta de villa turística de bambú en Corralillo, Villa Clara. Esquema de la zona de alojamiento. Fuente: Matamoros, Álvarez, Rojas, Pérez y Fonseca, 2019 [30].

³ En esta propuesta de diseño el bambú constituye el material de construcción predominante, pero se previó que los objetos de obra estuvieran adosados a núcleos conformados por materiales pétreos para rigidizar y estabilizar las estructuras y para servir como refugio en caso de desastres.



Figura 7. Propuesta del uso del bambú en espacios: mercado. Fuente: Ramírez y Moreno, 2024 [31].

Dentro de los componentes, se indagaron posibles usos del bambú en techumbres, cierres, cercados y elementos similares (Figuras 9 y 10). En general, se trataba de espacios y de componentes que habitualmente no están incluidos en los grandes planes constructivos, o no son considerados por las administraciones locales, por lo que no se ejecutan, o se solucionan con precariedad por parte de la población.

Estas búsquedas en el campo del diseño permitieron explorar posibles aplicaciones del bambú en la construcción que pudieran contribuir a satisfacer múltiples necesidades sociales, y servir como alternativas para la recuperación posdesastre. Esto último tuvo un peso importante en la selección de Pinar del Río como contexto para el estudio, al ser una de las provincias más afectadas por la incidencia de los huracanes, que ocasionan cada año grandes pérdidas en las viviendas y en las instalaciones productivas, especialmente, de tabaco.

Las soluciones que se derivan de las fases propositivas de este trabajo, abarcaron con toda intención, diferentes escalas del diseño, desde un conjunto hotelero hasta una simple estructura para cobijo, o para reponer partes deterioradas de una obra existente. Sin embargo, todas tienen en común que fueron concebidas a partir de un material de comprobadas propiedades ecológicas. Su cultivo y explotación podrían no sólo contribuir a sanear el medio ambiente y beneficiar los suelos, sino también, convertirse en fuente de empleo para muchas personas, impulsando la prosperidad colectiva. En sentido general, el bambú podría sustituir de forma alternativa a materiales como la madera y otros cuya producción, procesamiento y extracción demandan cantidades considerables de energía o degradan extensos territorios, con la consiguiente contaminación



Figura 8. Propuesta del uso del bambú en espacios: parada de ómnibus. Fuente: Ramírez y Moreno, 2024 [31].



Figura 9. Propuesta del uso del bambú en componentes de paredes y estructura del techo de una casa de tabaco para la reconstrucción pos-desastre. Fuente: Ramírez y Moreno, 2024 [31].



Figura 10. Propuesta del uso del bambú en el diseño de componentes de techos en instalaciones productivas. Fuente: Ramírez y Moreno, 2024 [31].

que esto supone. Habría que añadir que la consideración de esta alternativa podría contribuir también a la renovación de los paradigmas estéticos vigentes, especialmente en la arquitectura vinculada a paisajes naturales, aspecto que fue de especial atención en esta etapa de trabajo.

Existen otros usos del bambú en la construcción, con precedentes a pequeña escala en el país, como es el caso de los tableros elaborados a partir de este material, que podrían tener amplias posibilidades de aplicación, tanto en obras nuevas, como en la conservación de edificios, los que no fueron abordados en este trabajo, por requerir estudios particulares posteriores.

A pesar de sus múltiples ventajas, los estudios revelaron posibles riesgos y obstáculos para la implementación en Cuba del bambú como material constructivo. En primer lugar, debe hacerse referencia a la carencia de una sólida cultura de construcción con bambú, la que habría que crear sobre la marcha, a partir del desarrollo de investigaciones y experimentos a escala real. En relación con las especies de bambú, se aprecia que no hay consenso entre los especialistas sobre la posibilidad de extender en el país, con fines productivos, otras con mejores prestaciones para su uso en la construcción, en especial, la *Guadua Angustifolia*. El esclarecimiento de esta interrogante podría ser de gran importancia en el futuro. Existen también obstáculos de tipo técnico que limitan su uso actual, como la escasa experiencia en el cálculo de las estructuras y la falta de normas técnicas adaptadas a las características de las especies cubanas. Otras dificultades provienen de incertidumbres sobre la durabilidad y resistencia de las construcciones con bambú en las condiciones climáticas del país, para lo cual habría que partir de conocer el estado de conservación de las viviendas ejecutadas hace alrededor de veinte años. Pero, probablemente, los más difíciles de sortear sean los obstáculos de tipo sociocultural, pues en el contexto nacional, las construcciones con bambú están asociadas a la precariedad y la pobreza.

De cualquier forma, ninguna de estas limitantes es insalvable, pues están relacionadas principalmente con la reducida experiencia en el uso de este material y con la falta de sistematicidad en la transmisión de los resultados, los conocimientos y las mejores prácticas que tuvieron lugar en años anteriores. Para vencer estos obstáculos se requeriría de la participación de múltiples actores, tanto estatales como privados, y de la actualización de las políticas de construcción, alineadas con los objetivos del desarrollo sostenible, capaces de impulsar el cultivo y la explotación de esta gramínea.

Estas valoraciones refuerzan la idea inicial de que el bambú se encuentra entre los materiales alternativos ecológicos y de acceso local, compatibles con los requerimientos climáticos de las condiciones de Cuba, con grandes posibilidades de propiciar un incremento sostenible de la construcción ante las limitaciones materiales y energéticas, al reducir el consumo de energía sin contaminar el medio ambiente. Es por eso que, a pesar de las limitaciones que se identifican en la actualidad, los estudios y experiencias precedentes sugieren que la revalorización de las técnicas y prácticas constructivas asociadas al bambú podrían ayudar a encontrar respuestas para la renovación de la arquitectura cubana en términos productivos, ambientales y económicos, aunque sus ventajas se extenderían también a otras esferas, como la social y la cultural, en coherencia con los principios del desarrollo sostenible.

Conclusiones

Desde el punto de vista del desarrollo sostenible, el análisis de la situación actual de Cuba demuestra que es impostergable la introducción de técnicas y materiales alternativos que sean resistentes, ecológicos, de producción local, no contaminantes ni depredadores del medio ambiente y de bajo consumo material y energético.

El bambú, entre otros muchos, podría ayudar a incrementar, en calidad y cantidad, los niveles productivos que necesita el país, en un contexto marcado por carencias, severas afectaciones a la producción y reiteradas crisis energéticas, aprovechando, como se evidencia en este estudio, las ventajas ecológicas de su cultivo y la experiencia acumulada, para satisfacer necesidades constructivas, con beneficios sociales y económicos, bajo un enfoque de sostenibilidad.

Adicionalmente, la implementación de las prácticas constructivas asociadas al bambú, a pesar de no estar profundamente arraigadas en el acontecer productivo ni cultural del país, podría contribuir con la renovación estética de la arquitectura nacional en diversos programas y a diferentes escalas.

Editor: M.Sc. Arq. Alexis Jesús Rouco Méndez



Mabel R. Matamoros-Tuma
Arquitecta, Doctora en Ciencias Técnicas, Profesora Titular Emérita de la Facultad de Arquitectura, Universidad Tecnológica de La Habana José A. Echeverría, CUJAE, La Habana, Cuba.
E-mail: mabelmt@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9850-1249>



Alfonso Alfonso-González
Arquitecto, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular del Colegio San Gerónimo de La Habana, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
E-mail: alfonsoalfonsog@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5820-8352>

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que representen riesgos para la publicación del artículo.

DECLARACIÓN DE DE LA RESPONSABILIDAD AUTORAL

Mabel R. Matamoros-Tuma:
Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción, revisión y edición del manuscrito.

Alfonso Alfonso-González:
Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción, revisión y edición del manuscrito.