

Evaluación térmica de una vivienda prototipo elaborada con paneles laminados de guadua en Andoas-Ecuador

Thermal evaluation of a prototype house built with laminated guadua panels in Andoas-Ecuador

Avaliação térmica de uma habitação protótipo construída com painéis laminados de guadua em Andoas-Ecuador

Tapia-Ortiz, Freddy Ricardo
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
ftapiao@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7139-783X>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE2/1021>

Como citar:

Tapia-Ortiz, F. R. (2025). Evaluación térmica de una vivienda prototipo elaborada con paneles laminados de guadua en Andoas-Ecuador. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(E2), 166–177.

Recibido: 18/06/2025

Aceptado: 28/07/2025

Publicado: 30/09/2025

Resumen

La presente investigación comprende el estudio de las condiciones térmicas en una vivienda prototipo, ubicada en Ecuador en la provincia de Pichincha en la Central del Bambú Andoas. Esta edificación fue elaborada con paneles de guadua con texturas y recubrimientos en las envolventes. Se emplea una metodología experimental basada en criterios bioambientales con registros de temperatura ambiental en los espacios de la vivienda, en un lapso de 7 días, para determinar el comportamiento térmico promedio de la construcción en guadua y comparar estos resultados con dos materiales comúnmente utilizados en la zona como son el bloque de hormigón alivianado y el ladrillo macizo, con el uso de simulaciones respectivas de cada material en un prototipo digital y comparar los comportamientos del confort térmico en un día promedio. Así también comportamiento térmico de las superficies con el análisis termográfico en la envolvente edilicia. Los resultados obtenidos ponen en evidencia que los laminados en guadua, presentan mayor rango de horario de confort térmico en ambientes interiores con respecto a los materiales tradicionales utilizados en la construcción con sistemas de regulación térmica con sistemas pasivos, con una adecuada orientación en su implantación.

Palabras clave: Ecuador, guadua, construcción, confort-térmico, envolvente.

Abstract

This research comprises the study of thermal conditions in a prototype house located in Ecuador in the province of Pichincha at the Andoas Bamboo Center. This building was constructed using guadua panels with textures and coatings on the exterior. An experimental methodology based on bio-environmental criteria was used, with environmental temperature records taken in the spaces of the house over a period of seven days to determine the average thermal behavior of the guadua construction and compare these results with two materials commonly used in the area, namely lightweight concrete blocks and solid bricks, using respective simulations of each material in a digital prototype and comparing the thermal comfort behaviors on an average day. It also analyzed the thermal behavior of surfaces using thermographic analysis of the building envelope. The results obtained show that guadua laminates offer a wider range of thermal comfort in indoor environments than traditional materials used in construction with passive thermal regulation systems, provided they are properly oriented during installation.

Keywords: Ecuador, guadua, construction, thermal comfort, envelope.

Resumo

A presente investigação compreende o estudo das condições térmicas numa habitação protótipo, localizada no Equador, na província de Pichincha, na Central del Bambú Andoas. Esta construção foi elaborada com painéis de guadua com texturas e revestimentos nas envolventes. É utilizada uma metodologia experimental baseada em critérios bioambientais com registos da temperatura ambiente nos espaços da habitação, durante um período de 7 dias, para determinar o comportamento térmico médio da construção em guadua e comparar esses resultados com dois materiais comumente utilizados na zona, como o bloco de betão aliviado e o tijolo maciço, com o uso de simulações respectivas de cada material num protótipo digital e comparar os comportamentos de conforto térmico num dia médio. Assim também o comportamento térmico das superfícies com a análise termográfica no revestimento do edifício. Os resultados obtidos evidenciam que os laminados em guadua apresentam maior intervalo de conforto térmico em ambientes interiores em relação aos materiais tradicionais utilizados na construção com sistemas de regulação térmica com sistemas passivos, com uma orientação adequada na sua implantação.

Palavras-chave: Equador, guadua, construção, conforto térmico, envolvente.

Introducción

La *Guadua angustifolia* es una especie de bambú que forma parte de la subfamilia Bambusoidea, que tiene la capacidad de diversificarse en un bosque. Esta al ser procesada se convierte en un material de construcción muy versátil y resistente (Londoño. 2011). Es por tanto un recurso valioso a ser aprovechado.

Los sistemas de aire acondicionado en funcionamiento pueden constituir hasta el 75% del consumo total de energía de un inmueble. En Ecuador, se proyecta que para el 2030 el 35% de las construcciones empleen estos sistemas (Viera, et al., 2021).

Una de las tácticas pasivas para conservar una temperatura adecuada en las construcciones es emplear materiales aislantes en la edificación de las paredes exteriores. La *Guadua*, recolectada y procesada de manera responsable y sostenible, representa una opción ecológica a tener en cuenta.

La comunidad mundial, especialmente las zonas de gran densidad urbana, están sufriendo las consecuencias del cambio climático, provocado por el calentamiento global. Hoy en día, tienen una gran dependencia en el uso de energías fósiles no renovables para satisfacer sus requerimientos energéticos. (Evans y de Schiller, 2014). Es necesario recurrir a técnicas constructivas que permitan mitigar estos efectos.

Si bien la utilización de los materiales como bloque y ladrillo en las paredes de la mayoría de las viviendas de la provincia de Pichincha es la más común (Páez, 2018). La aplicación de estos materiales en la construcción presenta ciertas características propias de su comportamiento en el confort térmico (Viera, et al., 2018). En tal virtud es necesario el buscar otros materiales fabricados a nivel local y propios de cada zona como la *guadua*, que se han empleado de manera poco habitual, pero que ofrecen una nueva alternativa, al brindar una capacidad de aislamiento térmico, lo que justifica este estudio de investigación.

Fundamentación teórica

La Guadua es un recurso renovable cuyas características físicas y mecánicas, permiten la construcción de edificaciones con espacios adecuados y confortables de manera sustentable con el medio ambiente (Arroyo, 2020). Siendo muy importante el comportamiento térmico de la guadua, como un material que se auto regula de manera natural en las temperaturas de sus superficies con respecto a su entorno inmediato (Jaramillo, 2019)

La inercia térmica de los materiales es un factor esencial en la regulación térmica de los espacios, y este atributo único de los elementos se utiliza en la construcción. (Stevenazzi y Stevenazzi, 1972). Por lo tanto, es crucial elegir los materiales más apropiados para conseguir las mejores condiciones térmicas en los espacios de una vivienda. Un punto importante a considerar en las características básicas que debe de contar una construcción es su morfología y como esta se relaciona con la envolvente para obtener la mayor eficiencia para obtener las condiciones térmicas adecuadas con la utilización de los sistemas pasivos de regulación térmica y confort térmico (Tapia, 2024). Este refiere a cuando las condiciones de radiación solar, temperatura, humedad y circulación del aire resultan agradables y cómodas para la actividad que se lleva a cabo. Esto significa que los individuos no experimentan sensación de calor ni de frío (Tudela, 1982).

El método de los 'Triángulos de Confort' se muestra en el enfoque bioambiental del diseño. (Evans, 2007), considerando las condiciones climáticas según la latitud y sus variables ambientales, se añaden dos variables nuevas a considerar: la temperatura media y la variabilidad térmica, durante un día específico.

Es importante señalar que, según diversos estudios bio-ambientales, se evidencia que de todas las variables ambientales (como la temperatura exterior, la humedad relativa, la radiación solar, la velocidad y dirección del viento, la presión atmosférica relativa), la temperatura es la que ejerce mayor influencia. Por lo tanto, resulta crucial seleccionar los

materiales adecuados para el diseño y edificación de las envolventes de las estructuras (Evans, 2003).

Los comportamientos de la temperatura de las envolventes de los materiales de origen vegetal, permiten aprovechar recursos propios de las zonas donde se realizará la edificación, como también facilitan el aprovechamiento de sus características térmicas para general el mayor confort térmico respecto a las técnicas tradicionales de construcción (Viera, et al., 2021). Esto ha permitido considerar a la guadua como un elemento relevante en la construcción de viviendas sostenibles con un bajo impacto ambiental (Schettini, 2024).

Metodología

Caso de estudio

Se seleccionó como caso de estudio una construcción prototipo de vivienda ubicada en Ecuador en la provincia de Pichincha en la Central del Bambú Andoas. Esta elaborada con paneles de guadua semi industrializados, utilizados en las paredes, pisos y con una estructura de caña guadua. Todos los materiales utilizados en la elaboración de la edificación son propios de la zona, siendo una propuesta de diseño bioambiental, como lo muestra la siguiente Figura 1:

Figura 1

Vivienda prototipo de guadua



Nota: (Autor, 2025).

Método experimental

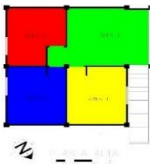
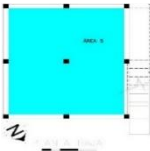
Para conseguir los datos requeridos, se llevó a cabo el diseño de la investigación siguiendo una metodología de diseño experimental. Por ende, se trató de un estudio para la determinación del confort térmico en los ambientes de una vivienda prototipo de guadua y comparar estos resultados, con respecto una simulación de la misma edificación, construida con los materiales tradicionales como: el bloque de cemento alivianado y el ladrillo artesanal.

En ese contexto, los componentes de la metodología son

- Procedimiento para la medición de temperatura por ambiente
- Comparación de comportamiento térmico del modelo físico en guadua con respecto a la simulación digital en bloque alivianado y ladrillo artesanal
- Determinación de triángulo de confort térmico
- Termografías de envolventes de prototipo

En relación con el emplazamiento de los registradores de temperatura, fueron situados en la Planta Baja, con el propósito de adquirir las mediciones más representativas, las cuales se presentan en la Tabla 1. Se fijó un periodo de mediciones continuas de 7 días con pausas de registro de 15 minutos, eligiendo los 3 días con los valores de temperatura más elevados. (Schiller y Evans, 2014).

Tabla 1
Ubicación de registradores de Temperatura

Ubicación de ambientes en planta alta	Ambientes	Área	Altura	Hobo
	1 Exterior cubierto.	Área 1	1,7 m	Hobo 1
	2	área 2	1.6 m	Hobo 2
	3 Interior	Área 3	1,2 m	Hobo 3
	4	Área 4	1,6 m	Hobo 4
Ubicación de ambientes en planta baja	Ambientes	Área	Altura	Hobo
	5 Exterior cubierto.	Área 5	2,9 m	Hobo 5
	6 Exterior	Área 5	2 m	Hobo 6

Nota: HOBO = nombre comercial de los registradores de datos de T, fabricados por Onset (Autor, 2025).

Se utilizaron seis registradores Hobo: UX100-001, colocados uno por cada ambiente del prototipo, como se indica una muestra en la Figura 2. Este registra únicamente la temperatura.

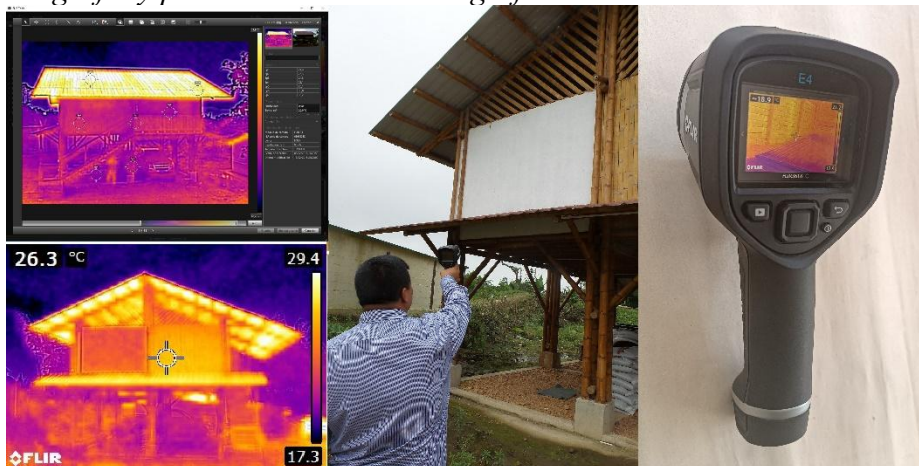
Figura 2
Registrador de Temperatura



Nota: (Autor, 2025).

Se empleó la cámara termográfica FLIR E4 para llevar a cabo el análisis termográfico de las envolventes de la edificación. Uno de los beneficios que proporciona es la amplia superficie que puede cubrir y la rapidez con la que se capturan las imágenes. (FLIR. & ITC,2011). En el manejo de los datos se empleó el software FLIR Tools, tal como se ilustra en la Figura 3.

Figura 3
Cámara termografía y procesamiento de termografías de envolventes



Nota: (Autor, 2025).

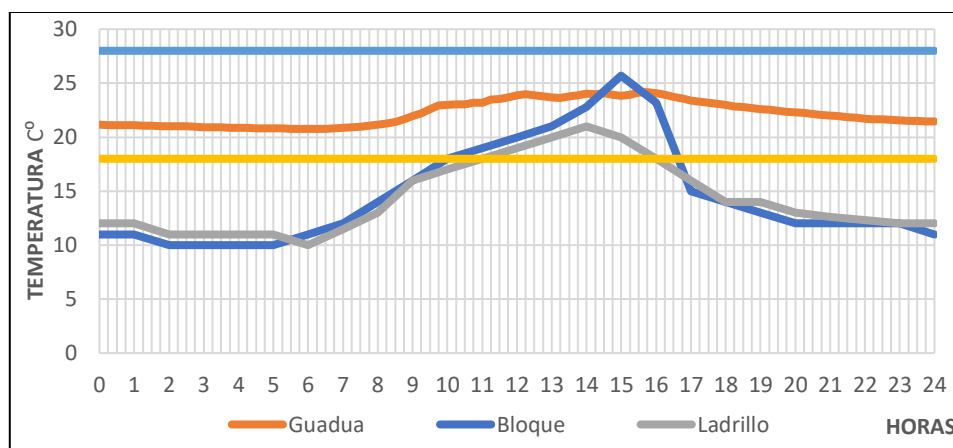
En la simulación del comportamiento térmico del prototipo construido con los materiales (Bloque y ladrillo) se empleó el software Ecotect Analysis.

Resultados

Los resultados medios alcanzados en las mediciones de temperatura de los espacios seleccionados del caso de estudio y cuyas ilustraciones se presentan en la Figura 4. Se estableció que permanecen entre los límites de confort térmico para actividades sedentarias durante el intervalo de: 10:00 a 16:45 horas en el caso del bloque y de 11:00 a 16:00 horas en el caso del ladrillo. Por otra parte, en el caso de la guadua su rango fue de 0:00 a 24:00 horas.

Figura 4

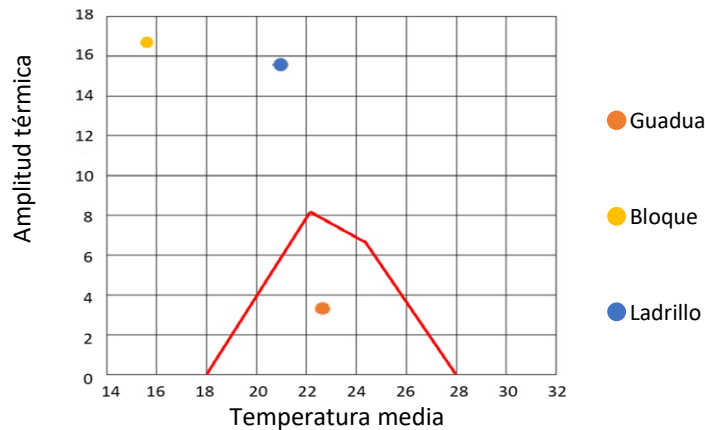
Comparativa de temperatura promedio de ambientes y límites de confort de prototipo por material



Nota: (Autor, 2025).

En la comparativa de ubicación del prototipo por material en el triángulo de confort. Se puede observar en la Figura 5. La diferencia entre los materiales. Tanto en amplitud térmica como en temperatura media, donde la guadua se encontró dentro de los rangos de 18 °C a 28 °C, del día promedio, a diferencia del bloque y el ladrillo que estaban fuera de este rango

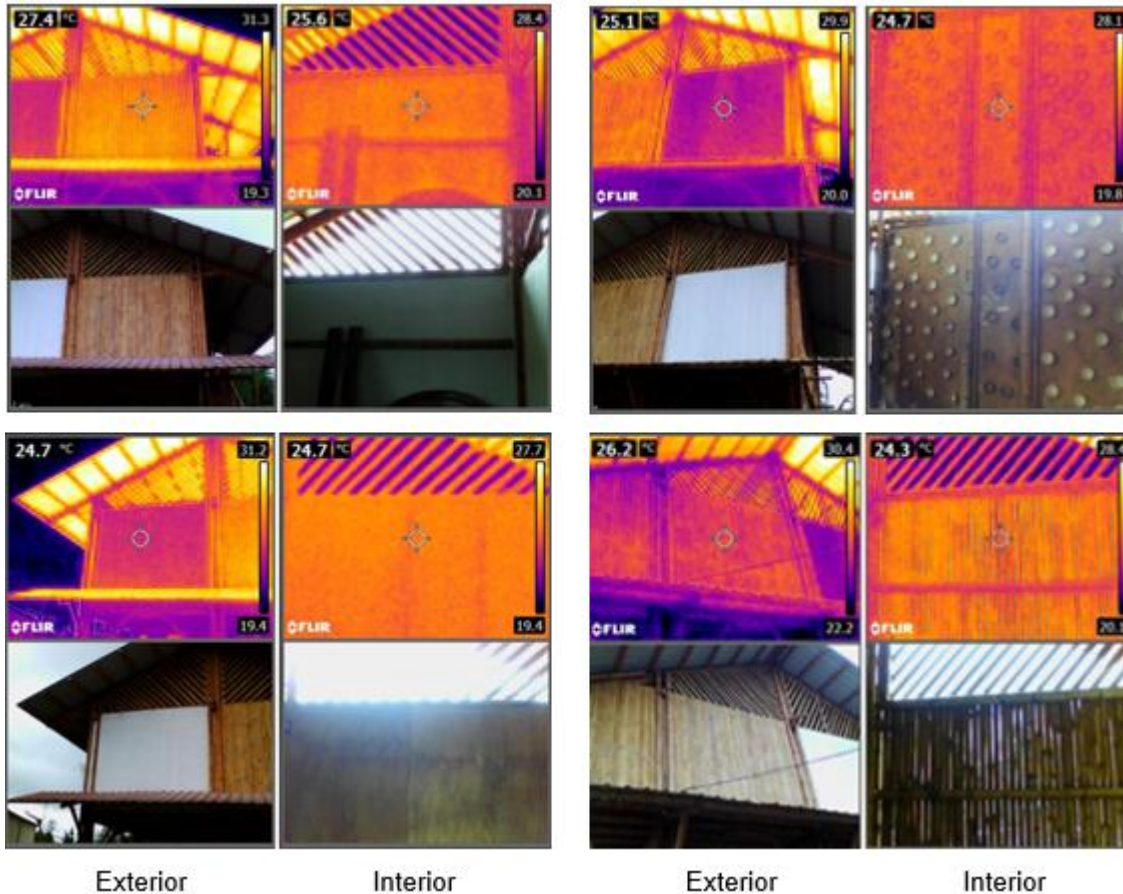
Figura 5
Comparativa de triángulos de confort de prototipo por material



Nota: (Autor, 2025).

Las mediciones termográficas de las envolventes en las fachadas con mayor incidencia de radiación solar directa presentaron variaciones promedio de temperatura a nivel superficial. Tanto las que se encontraban expuestas al exterior con mayor temperatura, como las interiores con menor temperatura esta variación se presentó en los módulos de las fachadas: Noreste con 1.8 °C y Suroeste con 0.4 °C. En su modulo derecho, donde la primera la envolvente interior un módulo tenía un recubrimiento de mortero de cemento en color blanco, en tanto que en la segunda el caso al inverso. Por otra parte, el módulo izquierdo de la fachada Noreste con paneles de guadua semi industrializado al interior con recubrimiento de mortero de cemento de color blanco al exterior, presento una variación de 0 °C. En tanto que el módulo izquierdo de la fachada Suroeste elaborado de guadua laminada presento una variación de 1.9 °C, como se expresa en la Figura 6.

Figura 6
Medidas termográficas de temperatura superficial de las Fachadas



Nota: (Autor, 2025).

Un factor a considerar que presento, una variación en los resultados que se obtuvieron, fue la radiación solar directa, así como la dirección y velocidad del viento, por efecto de las condiciones atmosféricas en los días que se realizaron las mediciones.

Conclusión

En la determinación de los valores obtenidos de la comparativa entre el prototipo de vivienda construido de guadua y los prototipos realizados en bloque de hormigón y ladrillo artesanal, por simulación digital se observó que la guadua se encuentra dentro de los límites del confort térmico en el rango de las 24 horas, a diferencia de los dos materiales mencionados.

Los parámetros de límite de confort térmico en los materiales del prototipo realizados por simulación digital muestran un límite temporal, para el caso del bloque de hormigón de

7.45 horas, en el día. En tanto que en el caso del ladrillo artesanal su límite temporal es de 6 horas en el día, siendo necesario reformular la propuesta arquitectónica para estos materiales y así obtener el confort térmico adecuado.

La variación de temperatura superficial de los módulos de la fachada Noreste tiene una diferencia promedio de 2.7 °C en exterior y de 0.9 °C en interior. En tanto que la fachada Suroeste tiene una diferencia promedio de 1.1 °C, en exterior y de 0.4 °C en interior.

El módulo izquierdo de la fachada Suroeste presenta un diferencial de 1.9 °C, lo cual indica que la guadua laminada permite un mejor aislamiento térmico que los otros módulos presentes en el prototipo.

La determinación de la orientación de la implantación del prototipo muestra una relación directa del comportamiento térmico con las condiciones ambientales existentes en especial la incidencia de la radiación solar directa.

Referencias bibliográficas

- Cajigas Arroyo, S., Santos Gil, N., & Távora Rivera, E. D. P. (2020). Importancia del bambú como material alternativo en construcción de viviendas en el Centro Poblado Villa Vicus-Chulucanas en Piura 2020.
- Elizondo, M., Ojeda, J., Gomez, A., Esparza, C., & Cabrera, A. Evaluación térmica de materiales compuestos como aislante térmico para casas habitación en el Estado de Colima a partir de bambú y tierra cruda. In XXI Congreso Internacional Anual de la SOMIM del (Vol. 23).
- Elizondo, M., Ojeda, J., Gomez, A., Esparza, C., & Cabrera, A. (23-25 de septiembre 2015) Evaluación térmica de materiales compuestos como aislante térmico para casas habitación en el Estado de Colima a partir de bambú y tierra cruda [Resumen de presentación de la conferencia]. XXI Congreso Internacional Anual de la SOMIM Coatzacoahuila, Veracruz, México. https://www.researchgate.net/publication/282577276_Evaluacion_termica_de_materiales_compuestos_como_aislante_termico_para_casas_habitacion_en_el_estado_de_Colima_a_partir_de_bambu_y_tierra_cruda
- Evans, J. & de Schiller, S. (2014). Medición y simulación de comportamiento térmico en edificios. Proyecto Prometeo secretaria de Educación Superior, Ciencia y Tecnología, SENESCYT
- Evans, J. (2007). Los Triángulos de confort en el diagnóstico bioclimático de viviendas.

Ciencia y tecnología para el desarrollo. (405RT0271),161-172

- EVANS, J. M. (2003). Herencia y vigencia de la arquitectura bioclimática en América del Sur. Rodríguez Viqueira M. (Compilador) (2006). Estudios de Arquitectura Bioclimática, 5.
- FLIR. & ITC. (2011). Guía sobre termografía para aplicaciones en edificios y energía renovable.
http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820325/T820325_ES.pdf
- I. LOMBILLO, L. VILLEGAS. (2008). Metodologías no destructivas aplicadas a la rehabilitación del patrimonio construido: un estado del arte (parte2). Revista END de 2º Trimestre, 44, (12-20),12-21.
- Jaramillo, A., Valle, Â. D., & Librelo, L. (2019). Termografía infrarroja (TI) para detectar los defectos internos causados por los insectos xilófagos en los culmos de bambú. Revista De Ingeniería De Construcción, 34(3), 278–287. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732019000300278>
- Londoño, X. (2011). El bambú en Colombia. Biotecnología vegetal, 11(3).
- Schettini, L. A. C., Loo, M. G. A., & Arvelo, M. G. V. (2024). Identificación de materiales alternativos y sostenibles utilizados en la construcción de vivienda social en Manabí. Polo del Conocimiento, 9(12), 2107-2138.
- Stevenazzi, D. & Stevenazzi, M. (1972). Termodinámica. Cesarini Hnos.
- Tapia, F. (2024). Método de evaluación de las condiciones ambientales generadas por la morfología arquitectónica y las características de la envolvente en edificios patrimoniales. Scientific Journal of Applied Social and Clinical Science, 4(8), 2–8. <https://doi.org/10.22533/at.ed.216482423048>
- Tudela, F. (1982). Ecodiseño. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Viera, P., Tapia, F., & Monzó, J. M., (15-29 de noviembre 2021). Evaluación térmica de una vivienda prototipo construida con muros de fardos de paja en Quito-Ecuador [Resumen de presentación de la conferencia]. VIII Congreso Internacional de Investigación REDU. Universidad Técnica de Ambato. <https://www.medwave.cl/resumenescongreso/ci2022/desarrollোসostenibilidad/8628.html>
- Viera, P., Tapia, F., Monzó, J. M., & Fuentes, X. (2018). Evaluación del comportamiento térmico de módulos experimentales construidos con paredes de mampuesto en QUITO. Ciencia, 20(4), 209-227.