

IDEA



Construcción y Madera

Volumen 5 - Año: 2023 - ISSN: 2590-4612



Centro de Tecnologías para
la Construcción y la Madera

SENNOVA
Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



**CTCM
SENNOVA**

Análisis de conductividad térmica de la especie bambusoidae *Guadua aculeata* para una biblioteca comunitaria en Cachuananche municipio Arcelia, Guerrero. México.

Flores Martínez César Ulises¹, Valerdi Matrigal Héctor², Barnard Amosourrutia Roberto Gustavo³

¹ Centro: Posgrado en diseño bioclimático, Ciencias y artes para el diseño (CyAD) Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Azcapotzalco, Ciudad México-Alcaldía Azcapotzalco, México, al2201800466@azc.uam.mx.

² Laboratorio de arquitectura bioclimática, Departamento de Medio Ambiente UAM- CyAD Azcapotzalco, Ciudad México-Alcaldía Azcapotzalco, México, hvm@azc.uam.mx.

³ Coordinación del Posgrado en Diseño Bioclimático, UAM- CyAD Azcapotzalco, Ciudad México-Alcaldía Azcapotzalco, México

Resumen

En la comunidad de Cacahuananche Municipio de Arcelia Guerrero se tiene clima cálido húmedo. En los meses de abril y mayo la temperatura está un rango de 40°C y 50°C y una humedad relativa media de 72%. Actualmente las viviendas en esta comunidad, utilizan láminas en los techos; el calor está fuera del rango de confort. El Posgrado Diseño Bioclimático con el título “Análisis de confort higrotérmico en un diseño bioclimático con *bambusoidae Guadua aculeata* para una biblioteca comunitaria en Cachuananche municipio de Arcelia, Guerrero. México” del Posgrado en Diseño Bioclimático UAM-CyAD Azcapotzalco, demuestra científicamente que es posible alcanzar el rango del confort higrotérmico: 20°C-26°C (Martínez, 2020), con las propiedades térmicas del bambú en la biblioteca comunitaria “Xóchitl Tlamatini” (*Sabiduría en una flor. México*).

En esta investigación se ha utilizado una combinación metodológica descriptiva, analítica. Siguiendo la metodología descriptiva, se caracterizó el contexto geográfico-climático de la comunidad de Cacahuananche, municipio de Arcelia Guerrero; para esta primera etapa se caracterizó el clima del lugar donde se construirá la biblioteca, esto se realizó software especializado Meteornom, Climate Consultant, andrewmarsch. Para la parte analítica se realizaron pruebas de conductividad térmica al sistema constructivo el cual incluye el bambú, para ello se consideró una temperatura mayor a 45°C, se

recopilaron datos de conductividad térmica del sistema constructivo con bambú y se procesaron y analizaron en un modelo del edificio en el Software Designbuilder-EnergyPlus, se demostró que el *bambusoidae Guadua aculeata* mantiene la temperatura requerida para alcanzar el confort higrotérmico al interior del edificio. Por lo cual, la presente investigación contribuirá al desarrollo del diseño bioclimático y sustentable, integrando el uso de recursos naturales en los edificios construidos con bambú.

Palabras clave: Bambú, aculeata; conductividad térmica, confort, higrotérmico.

Abstract

In the community of Cacahuananche Municipality of Arcelia Guerrero there is a warm humid climate. In the months of April and May the temperature is in a range of 40° C and 50° C. and an average relative humidity of 72%. Currently, the homes in this community use sheets on the roofs; the heat is outside the comfort range. The Postgraduate Bioclimatic Design with the title “Analysis of hygrothermal comfort in a bioclimatic design with *Bambusoidae Guadua Aculeata* for a community library in Cachuananche municipality of Arcelia, Guerrero. Mexico” scientifically demonstrates; that it is possible to reach the range of hygrothermal comfort: 20°C-26°C, with the thermal properties of bamboo in the community library “Xóchitl Tlamatini” (*Wisdom in a flower. México*).

In this research a descriptive and analytical methodological combination has been used. Following the descriptive methodology, the geographic-climatic context of the community of Cacachuananche municipality of Arcelia Guerrero was characterized, for this first stage the climate of the place where the library will be built was characterized, this was done with specialized software Meteornom, Climate Consultant, andrewmarsch. For the analytical part, thermal conductivity tests were performed to the construction system which includes bamboo, for this a temperature higher than 45° C was considered, thermal conductivity data of the construction system with bamboo were collected and processed and analyzed in a model of the building in the Designbuilder-EnergyPlus Software, it was demonstrated that the *bambusoidae Guadua aculeata* maintains the required temperature to achieve hygrothermal comfort inside the building. Therefore, this research will contribute to the development of bioclimatic and sustainable design, integrating the use of natural resources in buildings constructed with bamboo.

Keywords: Bamboo; aculeata; thermal conductivity, comfort, hygrothermal.

Introducción

Después de 15 años el número de bambúes nativos de México se ha incrementado a 56 especies, de las cuales 31 son endémicas de México Otates (*Otatea acumi-nata*) es una especie de bambú nativos de México INECOL, (Ruiz, 2018). Un ejemplo es el zongón, que al ser cortado crece más rápido y se dispersa mejor por medio de sus rizomas en las zonas tropicales de Veracruz, en el municipio de Arcelia en el estado de Guerrero, hay bambú endémico de México: *Bambusoidae Aculeata*, *Bambusoidae Otatea*, *Bambusoidae Aculinata*, dos por idénticas, otras más que se han adaptado son *Bambusoidae Olhami*, *Bambusoidae Phyllostahquis*.

El confort higrotérmico en un edificio recoge tanto la humedad y las temperaturas óptimas para el confort humano. Según Givoni (1969), los parámetros

recomendados para el confort higrotérmico interior de verano, son de 20 a 27 °C; y para Olgyay (2004), hasta los 28°C; además, estos autores coinciden en determinar como límites apropiados de humedad relativa interior, los valores comprendidos entre el 20 y el 80%. **“Análisis del confort higrotérmico en un diseño bioclimático con Bambusoidae Guadua aculeata para una biblioteca comunitaria en Cacachuananche municipio de Arcelia, Guerrero, México”** es una investigación del Arq. Flores Martínez César Ulises en el Posgrado en Diseño Bioclimático, Ciencias y Artes para el Diseño (CyAD) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (Martínez, 2023), con la cual se obtendrán resultados cualitativos, en un análisis de confort higrotérmico de un edificio construido con bambú y otros materiales naturales; incrementará el uso del bambú y contribuirá al desarrollo del diseño bioclimático y sustentable, integrando el uso de recursos naturales en los edificios construidos con bambú (Martínez, 2020). En la comunidad de Cacachuananche se tiene clima cálido subhúmedo; en los meses de abril y mayo la temperatura está un rango de 37°C - 45°C y una humedad relativa de 27°C. Actualmente las viviendas en esta comunidad utilizan láminas en los techos; el calor está fuera del rango de confort. Con el desarrollo de esta investigación se busca comprobar científicamente que, con las propiedades térmicas del bambú, se puede lograr el confort higrotérmico en los espacios arquitectónicos en una zona con clima cálido húmedo. En esta investigación se ha utilizado una combinación metodológica descriptiva, analítica. Siguiendo la metodología descriptiva, se caracterizó el contexto geográfico-climático de la comunidad de Cacachuananche, municipio de Arcelia Guerrero; para esta primera etapa se caracterizó el clima del lugar donde se construirá la biblioteca, esto se realizó software especializado Meteornom, Climate Consultant. Para la parte analítica se realizaron pruebas de conductividad térmica al sistema constructivo el cual incluye el bambú, para ello se consideró una temperatura mayor a 45° C, se recopilaron datos de conductividad térmica del sistema constructivo con bambú en el laboratorio de termo fluidos del Departamento de Energías, División Ciencias Básicas e Ingeniería (CBI) de la misma unidad académica, mismos datos se procesarán y analizarán en un modelo del edificio en el Software Designbuilder-Energy Plus.

Objetivo general

Lograr el confort térmico en un espacio arquitectónico de una biblioteca comunitaria, en Cacahuananche municipio de Arcelia Guerrero; en una zona con clima cálido subhúmedo se logran tener temperaturas menores 23°C.

Objetivo específico

Demostrar científicamente que se puede aislar la conductividad térmica en un material compuesto: cal, arcilla, *bambusoidae Guadua aculeata*, cubierta propuesta para la biblioteca comunitaria *Xóchitl Tlamatini* (Sabiduría en una flor, en Mexica), las temperaturas mayores a 40° centígrados no se conducen al espacio interior del proyecto.

Metodología

En esta investigación se ha utilizado una combinación metodológica descriptiva, analítica. Siguiendo la metodología descriptiva, se caracterizó el contexto geográfico-climático de la comunidad de Cacahuananche municipio de Arcelia Guerrero, para esta primera etapa se caracterizó el clima del lugar donde se construirá la biblioteca, esto se realizó software especializado Meteornom, Climate Consultan. Para este artículo se presenta la primera etapa de la investigación

total de la tesis, para la parte analítica solo se realizó el análisis de conductividad térmica del material compuesto, falta el análisis de balance térmico del edificio procesando los datos térmicos del material compuesto.

La metodología tiene el siguiente desarrollo:

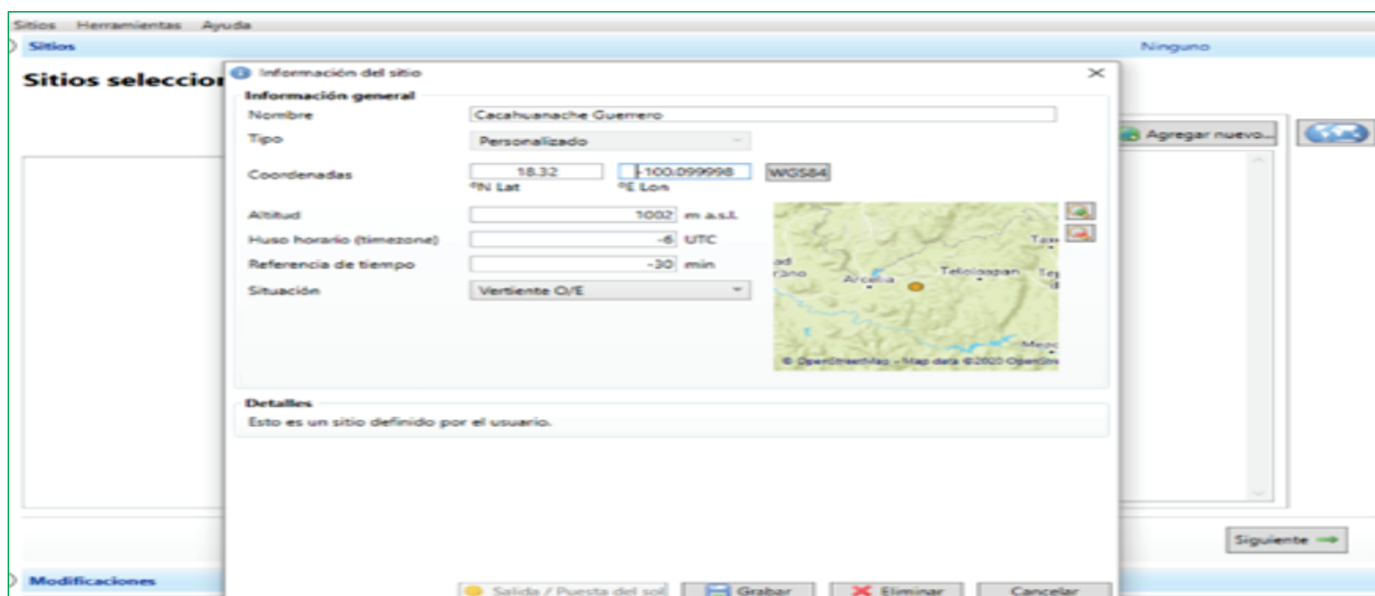
1. Metodología descriptiva
 - 1.1. Clasificación del clima
 - 1.2. Temperatura
 - 1.3. Análisis de asolamiento
2. Prueba de Conductividad térmica
 - 2.1. Descripción del método y especificación de los materiales y espécimen
 - 2.2. Procedimiento de la prueba de conductividad térmica

1.1. Clasificación de clima

Se clasificó el clima de Cacahuananche como cálido subhúmedo Koppen, García (2004) El clima se termino de acuerdo a la clasificación climática Koppen-García (Amaro, 2004). El clima de la comunidad Cacahuananche municipio de Arcelia Guerrero es A W0 (W)(i) g: Cálido húmedo con poca oscilación térmica anual, tipo ganges, no hay canícula; esta clasificación se define de la siguiente forma:

Figura 1.

Ubicación geográfica de Cacahuananche, Arcelia Guerrero, México. Se procesaron las coordenadas geográficas de la Comunidad de Cacahuananche.



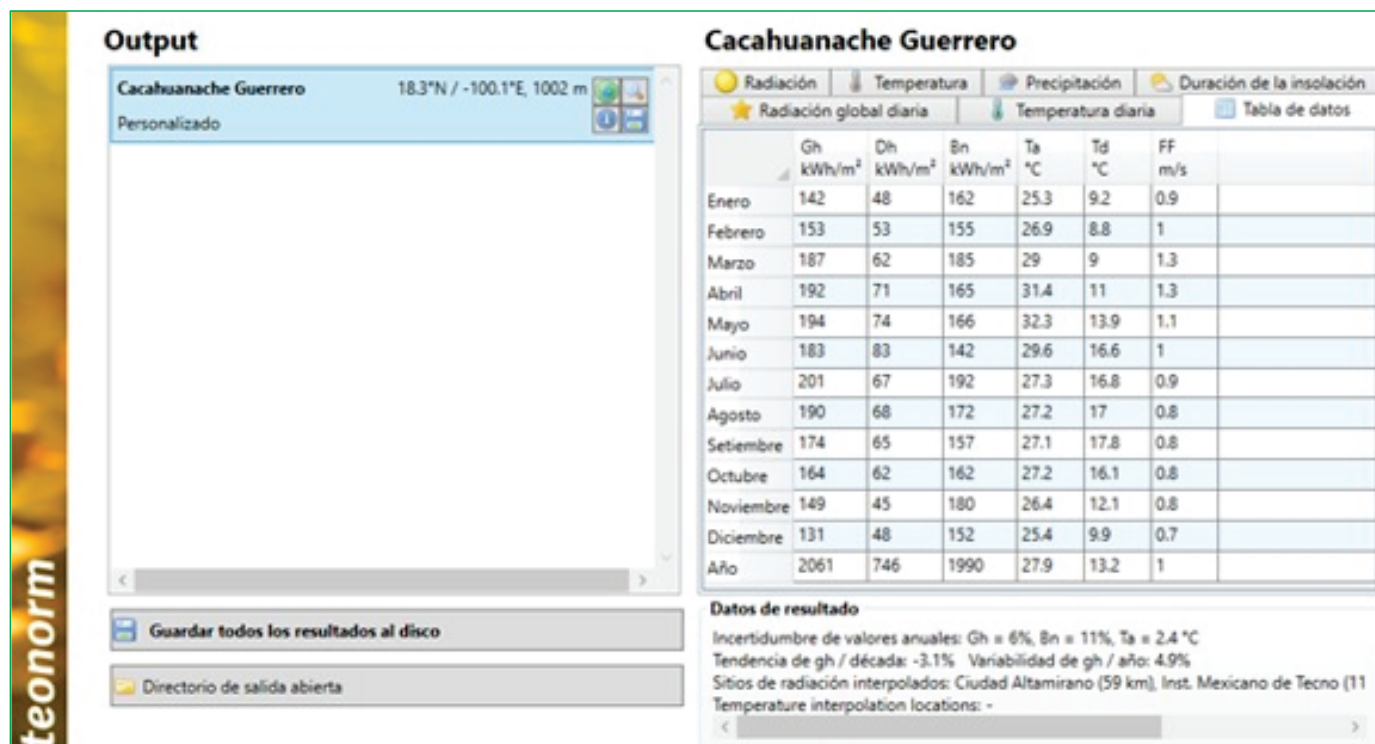
Grupo de clima A: Clima cálido; verano caloroso con una temperatura media anual de 27.8°centígrados, la temperatura del mes más frío es de 25.4°C, mayo tiene la temperatura media más alta de 32.4° centígrados. W0 (W) define al clima sub húmedo con un coeficiente P/T (Precipitación/Temperatura) menor de 43.2, un régimen de lluvias en verano y porcentaje de precipitación invernal menor al 5%. Se generó un documento epw con datos climatológicos de Cacahuananche Guerrero, lugar donde se construirá la biblioteca, esto se realizó con el software especializado Meteornorm, se procesaron Climate Consultant, andrewmarsch. La comunidad Cacahuananche se encuentra en las coordenadas GPS: longitud (dec): -100.126944, latitud (dec): 18.287222.

En la Figura 1 El software Meteornorm nos dice que la comunidad de Cacahuananche se ubica a una altitud de 1,002 m.s.n.m., un huso horario de menos seis horas, una referencia de tiempo de menos treinta minutos y una vertiente O/E lo cual indica una zona de montaña

media. La ubicación de la comunidad de Cacahuananche, se define por el punto naranja entre la zona montañosa de los municipios de Arcelia y Teloloapan, introduciendo las coordenadas geográficas. En esta imagen, el software Meteornorm nos dice que la comunidad de Cacahuananche se ubica a una altitud de 1,002 m.s.n.m, un huso horario de menos seis horas, una referencia de tiempo de menos treinta minutos y una vertiente O/E, lo cual indica una zona de montaña media. La figura 2 muestra datos de las Normales Climatológicas, estación meteorológica del municipio de Arcelia Gro, Estación Meteorológica: 00012008, Altura 414.0 MSNM. Datos procesados de la comunidad de Cacahuananche municipio de Arcelia, Guerrero, el programa considera la información ingresada, para obtener los siguientes datos de resultado, Incertidumbre de valores anuales: GH=6%; Bn=11%; 2.4°C, Tendenciadegh/año 4.9%..Sitios de radiación interpolados, Ciudad Altamirano (59 km), Instituto Mexicano del Techo (11 interpolations temperature locations).

Figura 2.

Generación de documento epw de Cacahuananche en Software Meteornorm.



1.2 Temperatura

En la figura 3, Software Climate consultant, muestra la gráfica de temperatura anual de la comunidad de Cacahuanache, la temperatura media anual es de 27.8°C, la Zona de Confort tiene un límite superior de 24.95°C y 19.95°C. Meses con temperatura media de confort, son los meses marzo, abril y mayo con una temperatura máxima posible arriba de los 43.8°C, el mes con la temperatura máxima extrema se encuentra en mayo con 43.8° C, el mes con la temperatura mínima extrema es el mes diciembre con una temperatura de 14.5°C. Meses con una temperatura en el límite de confort superior (28.95°C) son marzo y junio. La temperatura media más alta es en mayo con una temperatura 32.4°C, el clima en verano es caloroso, el récord de temperatura más alta en el año es de 44°C (figura 3), el mes de mayo tiene este récord, y el récord de temperatura más baja es de 14.5 en diciembre (Meteornom, 2020).

Análisis de carta Psicométrica

La carta psicométrica de la figura 4 del Software la zona de confort está en los 23.95°C y 28.95°C en el bulbo seco (horizontal) como se observa la carta, la mayor parte del año la temperatura es baja por mañanas de julio a octubre en la tarde, no así noviembre, diciembre y enero, que son los meses con temperatura baja en las noches y las mañanas. La estrategia 06: Enfriamiento evaporativo de dos puntos (3063 Hrs) 35.0%. Se necesita enfriar más en las tardes a partir de la 13:00 horas. Durante todo el año las temperaturas son altas, en la gráfica se muestra que la temperatura de bulbo seco va de los 33°C en adelante (SOCIEDAD DE EDUCADORES EN CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN, 2021). Se requiere ventilación en los meses de, marzo, abril y mayo, se debe diseñar ventilación cruzada. La gráfica que en las horas de 8 a 12 horas en la mayor parte del año está en confort.

Figura 3.

Gráfica de temperatura, Software Climate Consultan.

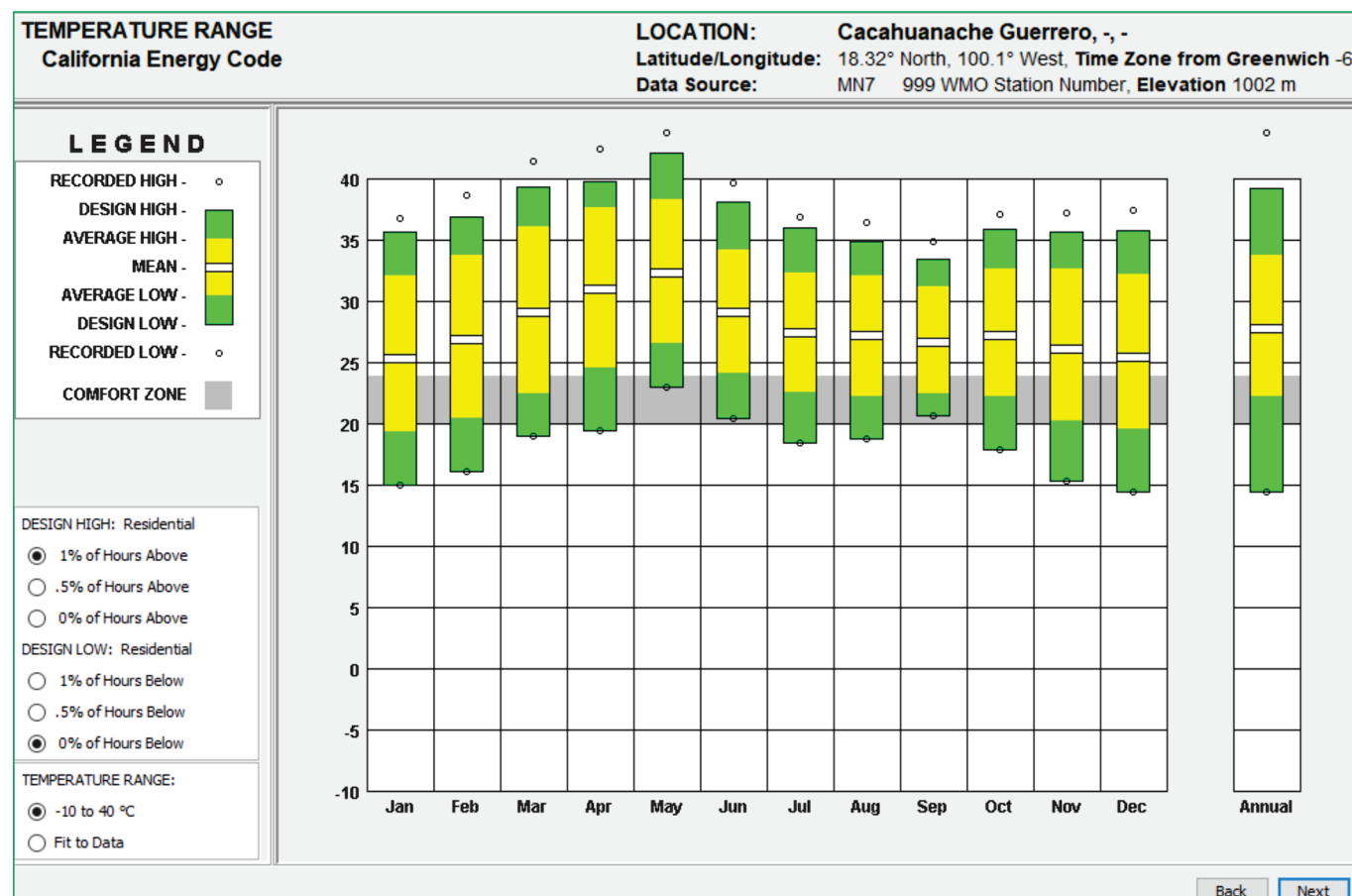
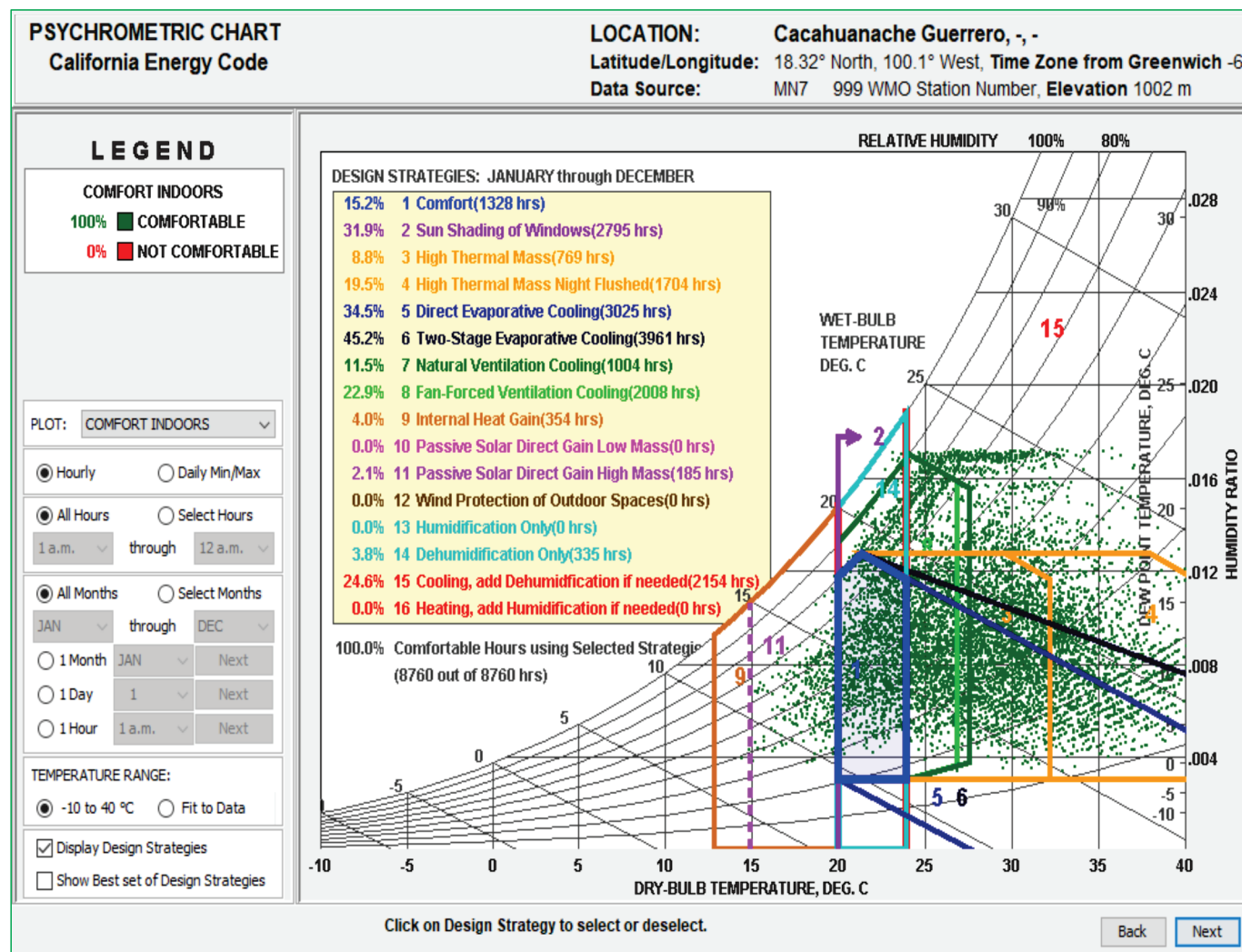


Figura 4.
Carta psicométrica de Cacahuananche, Climate consultan.



1.3 Análisis de asoleamiento

En la figura 5 el asoleamiento y sombreado en la maqueta del proyecto, en octubre de 2022 a las 11:00 a.m., se observa que la sombra del estilete tiene el mismo ángulo de sombreado de la cubierta en la maqueta, el clima es cálido subhúmedo extremoso, por lo cual se optó por el diseño de una cubierta de bambú a doble altura 6 metros para sombrear, en la parte superior de la cubierta se diseñaron unos lucernarios. En esta maqueta la sobra de la cartulina representa iluminación natural. Las áreas sombreadas representan penetración solar para iluminación natural fig.6, el recorrido del sol del 21 de mayo, la cubierta en este modelo se dejó transparente por lo cual, las proyecciones de

los lucernarios en la parte superior de las cubiertas de bambú proyectan sombras del lado este, en realidad es la penetración del sol a través de los lucernarios. Sin aun analizar ciertas horas durante el año, se puede deducir quede 12:00 p.m. a las 15:00 p.m., habrá penetración solar. Se realizan análisis de penetración solar en el 21 de mayo a las 15:00 horas p.m. por ser el mes con las temperaturas más altas, y 21 de diciembre por tener la temperatura más baja., se considera el 21 de mayo para análisis, a las 15:00 p.m., es la hora con mayor temperatura simulado con un modelo del edificio en software Revit-autodesk, las grandes ventanas serán plegadizas con un diseño personalizado con bambú nativo de la comunidad de Cacahuananche.

Figura 5.

Análisis de asoleamiento en software Revit- Autodesk, penetración solar en el interior de la biblioteca.

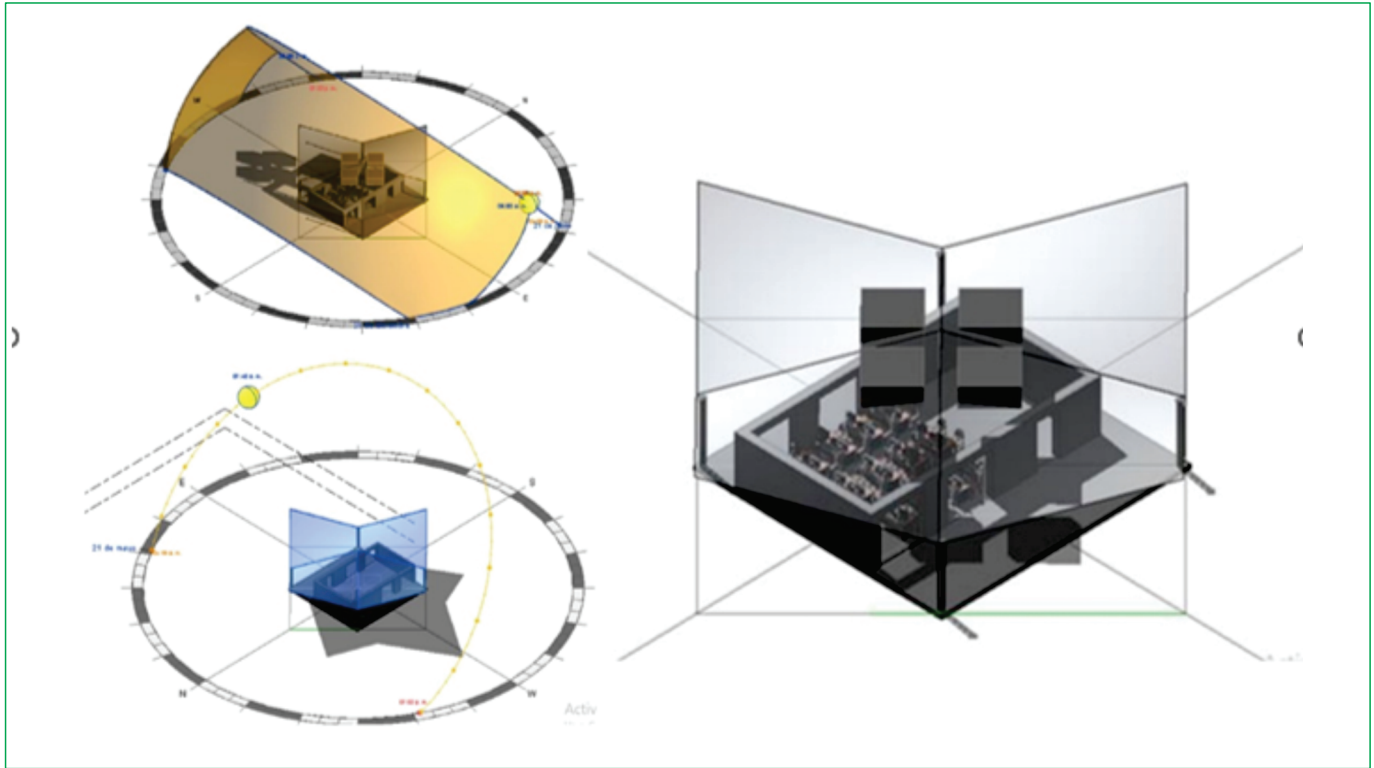
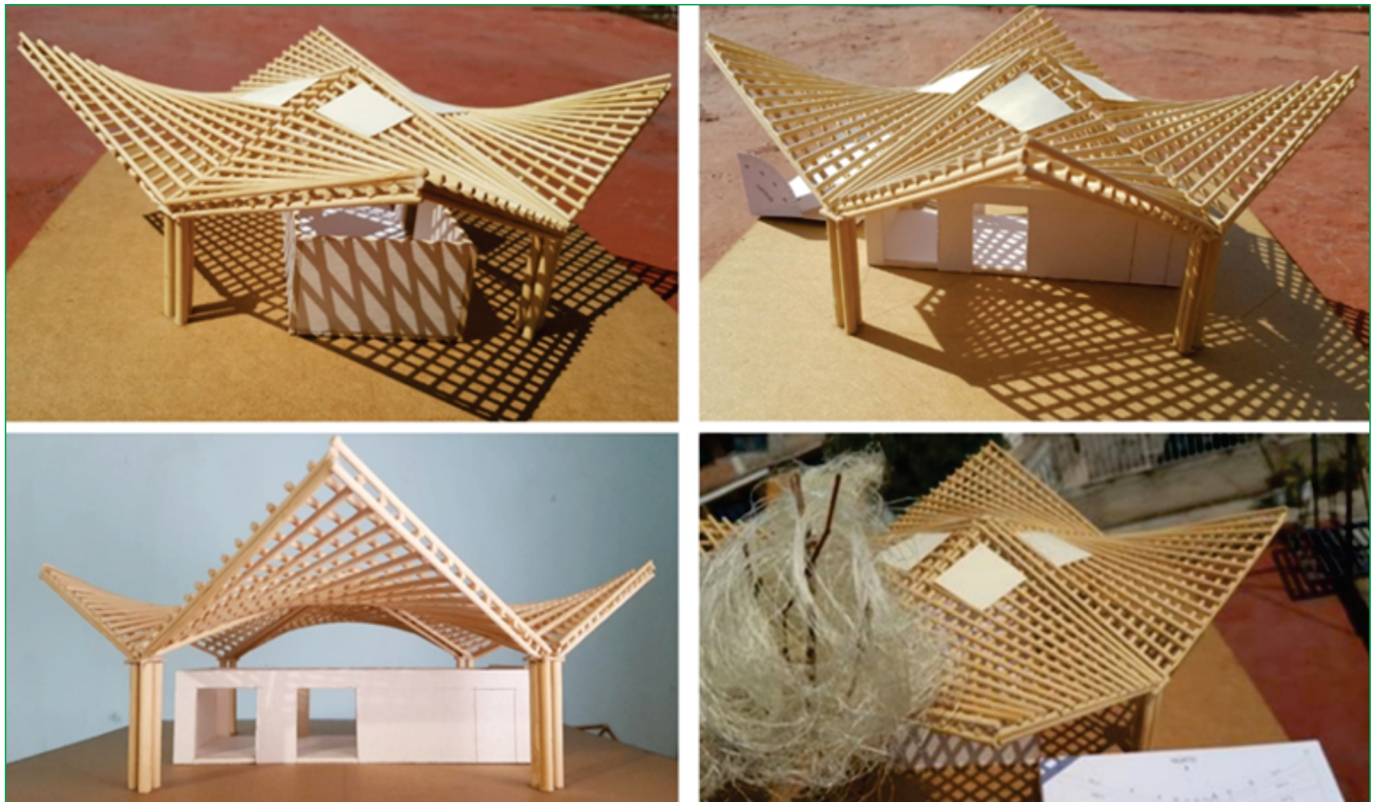


Figura 6.

Maqueta, diseño de estructura en bambú, sobre esta va cubierta de bambú Guadua aculeata. (Martínez, 2020).

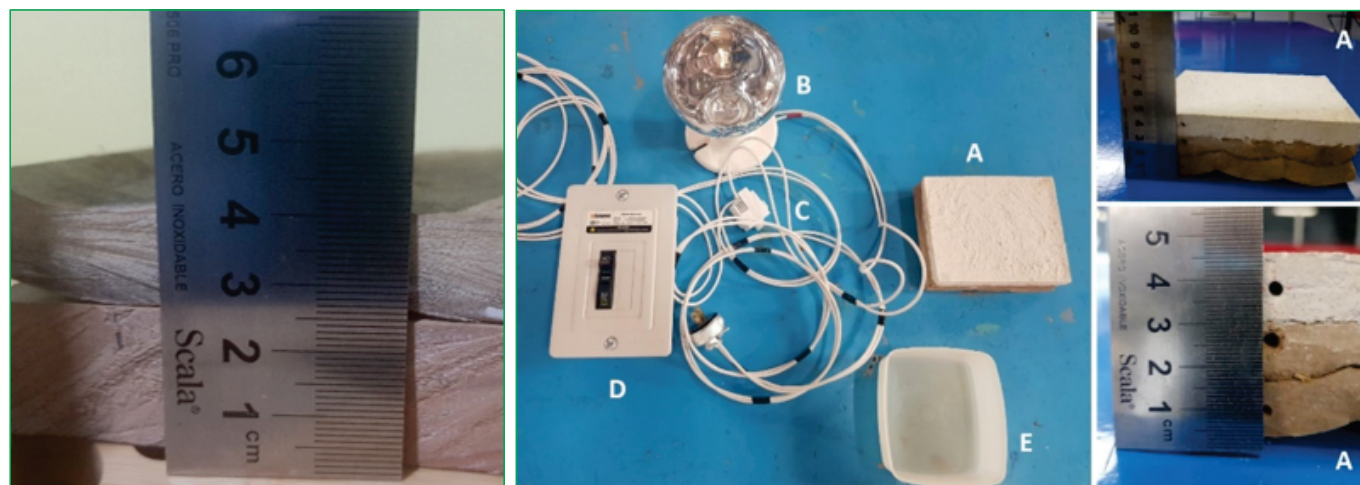


La iluminación natural al interior del edificio con los lucernarios incide en los usuarios del interior del edificio, principalmente en los meses de abril y mayo que son los de mayor temperatura, se proponen dispositivos de bambú, diseño que permite iluminar de forma indirecta o difusa. Será una lámpara de techo colocada en la parte inferior de los tejados. Por ser un clima cálido subhúmedo, se propone una capa de cal como material reflectante, para reflejar los rayos del sol y también para brindar impermeabilización en los meses de lluvia. Se puede aprovechar la radiación del ambiente en la parte superior del techo con lucernarios, y un diseño de techo con bambú para la penetración de la luz natural indirecta. En la fachada sur y oeste hay árboles que impiden la luz solar directa. La mejor orientación en amarillo será hacia el norte, el largo del edificio en la comunidad de Cacahuananche debe estar orientado hacia el norte con un ángulo de

2.5° hacia el este desde el norte, la peor orientación es hacia el sur, por ser un clima agrupado como cálido, húmedo, extremo, debería tener más de sobra. Por este motivo se debe considerar en el proyecto un gran techo y árboles para ganar sombra durante la mayor parte del año (Martínez, 2023). Algunas de las estrategias aquí recomendadas son: una distribución con orientación norte-sur y un eje largo este-oeste, ventilación constante. En locales con galería se recomienda un techo macizo por encima de las 8 horas de retardo térmico. Las aberturas deben ser pequeñas. Considerando las estrategias anteriores, se recomienda utilizar materiales de origen natural de la zona comunitaria de Cacahuananche, estos materiales funcionan mejor con un buen diseño bioclimático. Por diseño Sistema de techo formado por cuatro paraboloides hiperbólicos con tres capas de materiales: bambú *Guadua aculeata*, Arcilla, Cal.

Figura 7, Figura 8.

Espécimen y equipo eléctrico para prueba de conductividad térmica.



2. Prueba de conductividad térmica

2.1 Descripción del método y especificación de los materiales y espécimen.

El estándar ASTM C518 cubre la medición de la conducción térmica en estado estacionario a través de muestras de placas planas utilizando un aparato medidor de flujo de calor (ASTM, 2020). Este método de prueba consiste en medir la conducción térmica en estado estacionario a través de especímenes de placa plana utilizando un aparato medidor de flujo de calor.

Este método de prueba proporciona un medio rápido para determinar las propiedades de transmisión térmica en estado estacionario de aislamientos térmicos y otros materiales con un alto nivel de precisión cuando el aparato ha sido calibrado adecuadamente. Para la prueba se utilizó un espécimen 14x12cm, con paredes 1.5 cm de la especie bambú *Guadua aculeata*, se utilizaron tablillas de bambú de 4.5 cm de ancho, esta se tomó de la parte media del cúlmo total del bambú, hay que destacar que la parte más dura, la capa exterior se colocará por la parte inferior

de la cubierta de la biblioteca, esta parte es la más dura en la sección transversal, por lo que se puede observar en la figura 7; este material se estuvo secando a los rayos del sol y sombra por un período de tres meses, fue tratado e inmunizado por inmersión.

La figura 8A muestra el espécimen con sus tres capas de materiales naturales, de la parte superior a inferior está compuesto por: bambú *Guadua Aculeata*, arcilla, cal extraída y cocida de forma artesanal en la comunidad de Cacahuananche, esta es la cubierta sobre la estructura de paraboloide hiperbólico de la biblioteca.

La figura 8B es un foco incandescente tipo reflector para conservar alimentos calientes, modelo BR40/CL, Potencia: 250W, tensión: 127V frecuencia de operación de 60Hz, base: E27 material vidrio espejado, temperatura de color: blanco cálido, ángulo de apertura: 180°, Flujo luminoso: 15,000 lm, Factor de potencia: 1, vida útil: 5,000 horas, protección contra el ambiente: IP50; con este foco se tienen temperaturas por arriba de los 40°C sobre el espécimen.

La figura 8C es un regulador de voltaje de 127 Volts, modelo 7120 de la marca CORSA.

La figura 8D presenta un Interruptor termomagnético para prevenir algún corto circuito.

La figura 8E, es un toper de plástico de 12x12 x5 cm, sobre el cual estará colocado el espécimen. Para determinar la conductividad térmica se utilizaron cinco termopares marca Szzijia - Sensor de temperatura de termopar tipo K de 1m (50 ~ 700 °C) de varilla fina; tres van en el interior de cada capa respectivamente, (Figura 10), y la figura 10 muestra dos termómetros modelo SDL200 marca EXTECH instrumentos con 4 canales de termopar.

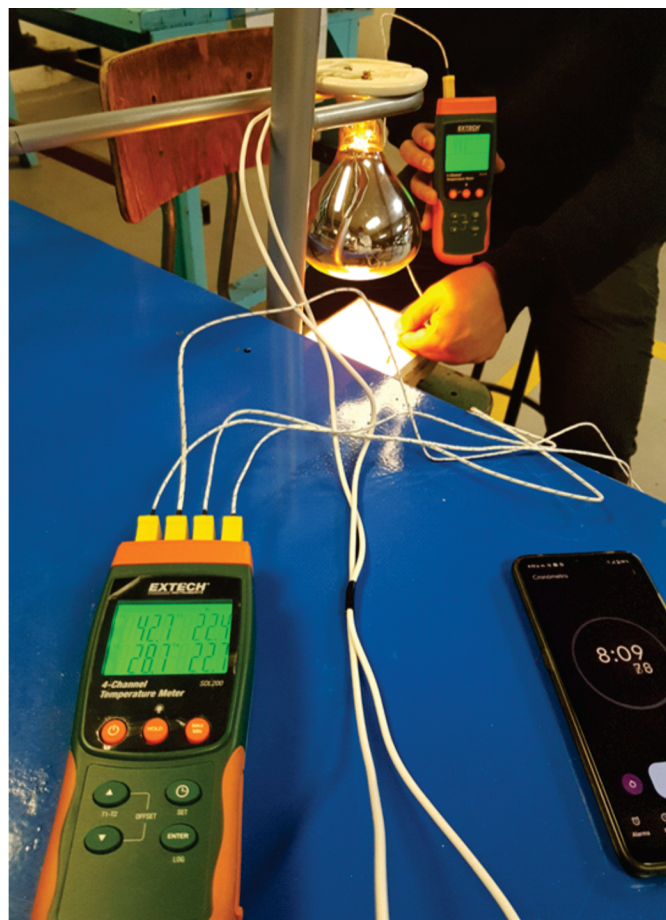
2.2 Procedimiento de la prueba de conductividad térmica

Para el procedimiento de la prueba de conductividad térmica consideramos dos datos climáticos de la comunidad de Cacahuananche Guerrero: el clima cálido subhúmedo Koppen, Garcia (2004) se

deterterminó de acuerdo con la clasificación climática Koppen-García (1973). En la figura 3 el récord de temperatura más alta en el año es de 44° C. Esta prueba se realiza en el laboratorio de termo fluidos del Departamento de Energías, división Ciencias Básicas e Ingeniería (CBI) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

Figura 10.

Espécimen, foco incandescente, termopares varilla delgada.



La figura 10 muestra dos medidores con las temperaturas, uno de estos registra la temperatura 0, es el foco incandescente con 44°C del mes de mayo, siendo este el más cálido, el termopar TP-1 igual a temperatura 44°C está sobre la parte superior de la capadecal (nivel superior de la cubierta), termopar TP-2 iguala 42.7°C registra la temperatura interna en la cal, el termopar TP-3 igual a 28.7°C registra la temperatura interna en la arcilla, termopar TP- 4 iguala 22.7°C, registra la

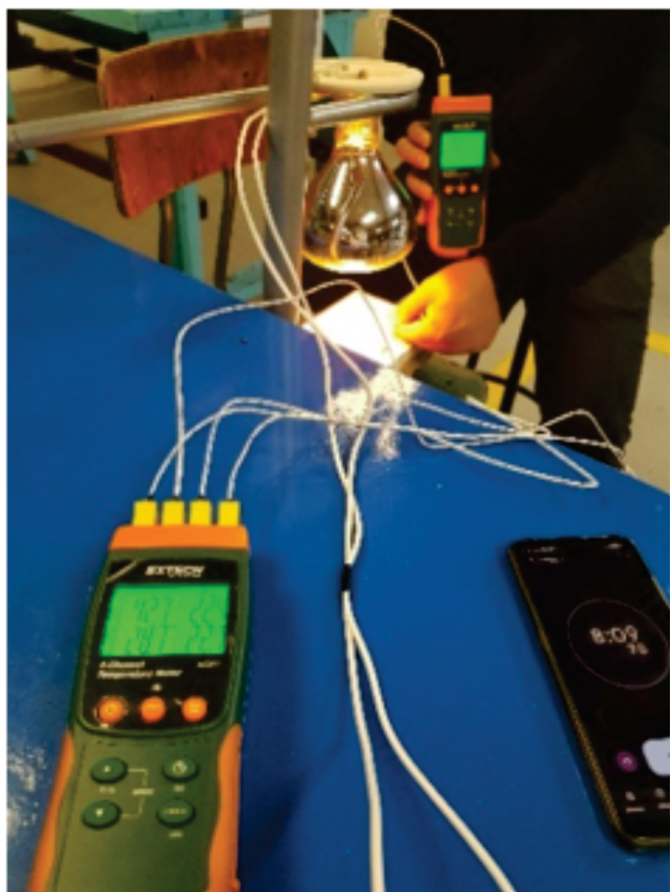
temperatura interna en el bambú *Guadua aculeata*, TP- 5 iguala 22.4°C, registra la temperatura nivel inferior en el bambú *Guadua aculeata* (nivel inferior de la cubierta de bambú), la temperatura 6 es el espacio entre el edificio y la cubierta son seis metros de altura de piso a cubierta. En la figura 12 se muestran dos termómetros con las temperaturas, uno de estos registra la temperatura 0, es el foco incandescente con 48.2°C del mes de mayo, siendo este el más cálido, el termopar TP-1 igual a temperatura 48°C; esta se reguló a ser más alta que la temperatura del mes cálido para probar la conductividad térmica de la cubierta, se dispuso sobre la parte superior de la capa de cal (nivel

superior de la cubierta), termopar TP-2 iguala 42.0°C registra la temperatura interna en la cal, el termopar TP-3 iguala 29.2°C registra la temperatura interna en la arcilla, termopar TP- 4 igual a 22.6°C registra la temperatura interna en el bambú *Guadua aculeata*, TP- 5 iguala 22.1°C registra la temperatura nivel inferior en el bambú *Guadua aculeata* (nivel inferior de la cubierta de bambú).

La temperatura 6 es el espacio entre el edificio y la cubierta son seis metros de altura de piso a cubierta. Estas son pruebas preliminares, se realizaron más con resultados parecidos como se puede evidenciar en la Tabla 1.

Figura 11, Figura 12.

Prueba de conductividad térmica, Laboratorio de Termo fluidos, UAM Azcapotzalco. Ciudad México. 2022.



Resultados y discusión

Tabla 1.
 Resultados de prueba de conductividad térmica, 48.6° centígrados.

Material	No.	T (°C)	Y (mm)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)
Foco incandescente	0	48.6	65.0	48.6	48.6	48.6	48.6
Nivel superior Cal	TP-1	48.6	55.0	48.6	48.6	48.6	48.6
Cal-Interno	TP-2	42.1	47.5	42.0	42.0	42.3	42.1
Arcilla-Interno	TP-3	29.8	32.5	29.6	29.7	30.3	29.5
bambú <i>Guadua aculeata</i> Interno	TP-4	23.3	17.5	23.0	23.2	23.3	23.5
Nivel inferior bambú <i>Guadua aculeata</i>	TP-5	21.9	10.0	22.1	21.5	22.9	21.0
Espacio Interior	6	21.9	0.0	21.9	21.9	21.9	21.9

T= Temperaturas

Y= Espesor y altura a la que se colocó el termopar en milímetros

TP= Termopar

0= Foco incandescente

La tabla 1 muestra temperaturas reguladas a un rango de temperatura superior a la del mes más cálido, que es mayo, se reguló el foco incandescente 0 (Altura 65 mm), hasta alcanzar una temperatura de 48.6°C en las cinco pruebas con temperaturas T, T1, T2, T3, T4, el termopar TP-5 es el Nivel inferior bambú *Guadua aculeata* muestra una temperatura regular con poca variación, como se puede observar para este caso de investigación, el bambú *Guadua aculeata* presenta una Temperatura con poca variación como se puede ver:

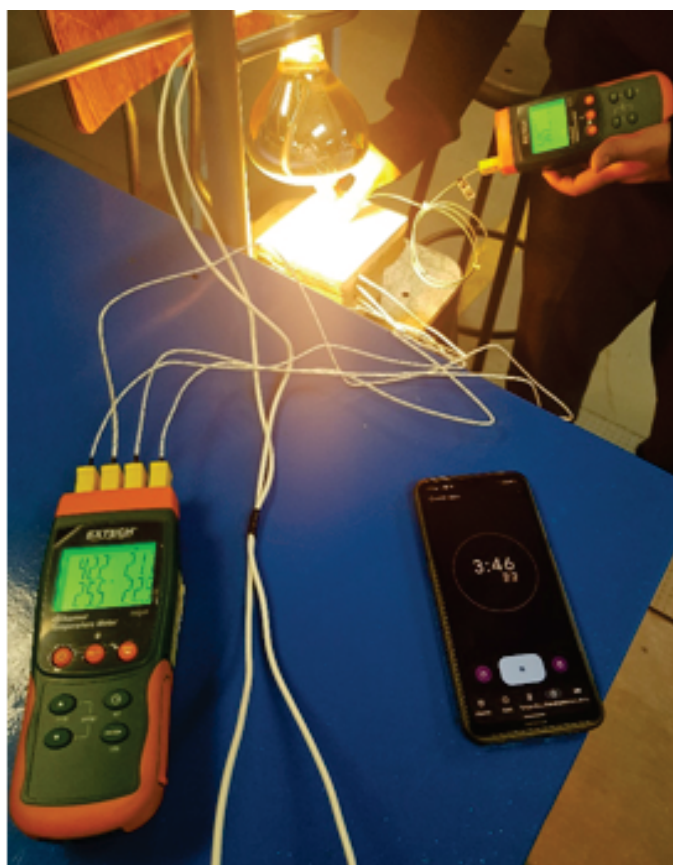
T=21.9° C, T1=22.1°C, T2=21.5°C, T3=22.9°C, T1=21.10 °C.

La temperatura de la cubierta de bambú en su parte inferior es muy regular, con la diferencia de 1°C. No habrá conductividad térmica hacia el interior de la biblioteca.

La figura 12 muestra TP-2 igual a 40.0°C registra la temperatura interna en la cal, el termopar TP-3 igual a la

24.7°C registra la temperatura interna en la arcilla, termopar TP- 4 igual a 22.3°C registra la temperatura interna en el bambú *Guadua aculeata*, TP- 5 igual a 21.6°C registra la temperatura nivel inferior en el bambú *Guadua aculeata* (Nivel inferior de la cubierta de bambú), la temperatura 6 es el espacio entre el edificio y la cubierta, son seis metros de altura de piso a cubierta. La figura 14 muestra dos termómetros con las temperaturas, uno de estos registra la temperatura 0 es el foco incandescente con 50,5 °C del mes mayo siendo este el más cálido, el termopar TP-1 igual a temperatura 50.5 °C está sobre la parte superior de la capa de cal (nivel superior de la cubierta), termopar TP-2 igual a 42.2°C registra la temperatura interna en la cal, el termopar TP-3 igual a 25.5°C registra la temperatura interna en la arcilla, termopar TP- 4 iguala 22.5°C registra la temperatura interna en el bambú *Guadua aculeata*, TP- 5 igual a 21.7°C registra la temperatura nivel inferior en el bambú *Guadua aculeata*. Con esto, aún elevando la temperatura del foco incandescente a 50.5°C, la temperatura del bambú se mantiene en 21.7°C dentro de lo que será espacio interior de la biblioteca cercano al límite inferior del confort higrotérmico; según Givoni (1969), los parámetros recomendados para el confort higrotérmico interior de verano son de 20° a 27 °C; considerado el flujo constate de la ventilación el edificios se mantendrá en confort aún en los meses más cálidos.

Figura 13, Figura 14.
Prueba térmica a 50°grados centígrados.



Conclusión

El uso de tablillas bambú *Guadua aculata* en la cubierta integrado de cal y arcilla presenta una alternativa para reducir el impacto ambiental negativo debido al uso de cemento en la construcción. Se puede obtener aislamiento térmico, lograr tener confort higrotérmico para el usuario en la biblioteca la temperatura del bambú se mantiene en 21.7°C dentro de lo que será espacio interior de la biblioteca cercano al límite inferior del confort. El presente artículo presenta solo algunas pruebas, se realizarán más a cada capa de material por separado para determinar la conductividad térmica de los materiales. Se calculará con fórmula la conductividad térmica de la cubierta de bambú, con arcilla y cal, una vez obtenido estos resultados se podrá procesar en Software Desing Builder-EnergyPlus, modelar, analizar la biblioteca con bambú y visualizar su balance térmico, falta el análisis de balance térmico del edificio procesando los datos térmicos del material compuesto. Esta Investigación fue reconocida por el PENUMA-ONU,

concurso “Innovación para los nuevos estilos de vida sostenibles”, México, Perú, y Colombia (Flores, 2020).

Agradecimientos

Al Director de la Tesis Dr. Héctor Valerdi Madrigal, al Codirector de tesis Mtro. Roberto Gustavo Barnard Amosourrutia del Postgrado en Arquitectura Bioclimática, Ciencias y artes para el diseño Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco México, al dr. Pedro Rosas Quintero, asesor en pruebas de conductividad térmica de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Energía de la Universidad autónoma Metropolitana Azcapotzalco, al dr. Eduardo Sánchez Ruiz por la caracterización taxonómica del bambú *Guadua aculeata*, Ika Bambú empresa de construcción y diseño en bambú por facilitar el bambú *Guadua aculeata* para pruebas. Sobre todo, doy gracias a Dios, a mi familia y amigos de mi bella comunidad Cacahuananche por impulsarme a realizar la presente investigación.

Referencias

- Amaro, E. G. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. En E. G. Amaro, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. (pág. 77). Ciudad de México, México.: UNAM.ASTM. (2020).
- ASTM International . Recuperado el 21 de Enero de 2023, de <https://www.astm.org>
- Givoni, B. A. (1969). Man, Climate and Architecture. Elsevier Architectural Science Series. Editor Henry J. Cowan; Professor of Architectural Science; University of Sydney. 444-20039-8. *Library of Congress Catalog Card* 69-15822.
- Flores, I. G. (2020). *alephuamazcapotzalco.wordpress.com*. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de <https://alephuamazcapotzalco.wordpress.com>.
- Martínez, C. U. (2020). Análisis climático Cacahuananche Municipio Guerrero. Arcelia: UAM.
- Martinez, C. U. (2023). *Análisis de confort higrotérmico en un diseño bioclimático con bambusoidae Guadua aculeata para una biblioteca comunitaria en Cacahuananche municipio de Arcelia Guerrero, México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Ciencias y Artes para el Diseño, Unidad Azcapotzalco.
- Meteornom. (2020). *Meteornom.com*. Recuperado el 17 de Marzo de 2021, de <https://meteonorm.com/en/>
- Olgyay, V. (2004). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*.
- Ruiz, E. S. (2018). *cienciamx noticias*. Recuperado el 23 de 08 de 2023, de <http://www.cienciamx.com/>
- Sociedad de educadores en ciencias de la construcción, 2021. sbse.org. Available at: [/www.sbse.org/resources/climate-consultant](http://www.sbse.org/resources/climate-consultant)