

ANÁLISIS TÉRMICO DE DOS TIPOS DE TECHO USADOS EN LAS VIVIENDAS RURALES AMAZÓNICAS

Manuel MARTIN BRAÑAS¹, Albert IMAN TORRES²

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa de Investigación de la Diversidad Cultural y Economía Amazónica – SOCIODIVERSIDAD. Av. Abelardo Quiñones Km 2,5, Iquitos, Perú. Email: mmartin@iiap.org.pe.
- 2 Escuela de antropología (UNAP).

RESUMEN

El presente artículo muestra los resultados de la comparación experimental del comportamiento térmico de dos tipos de techo: el techo tradicional construido con hojas de irapay (*Lepidocaryum tenue*) y el techo construido con planchas de acero galvanizado recubiertas de zinc, localmente llamado “techo de calamina”. El objetivo fue demostrar que el techo de hoja de irapay utilizado por los pobladores amazónicos durante siglos, es térmicamente más adecuado para la región amazónica que el techo de planchas de acero galvanizado propuesto como modelo de desarrollo en la misma. El análisis térmico se realizó durante los meses de mayo y junio del año 2014, eligiendo diez días tipo para cada uno de los horarios establecidos en este periodo. Se compararon las temperaturas superficiales de los dos tipos de techo durante dos intervalos diferentes del día, en los que la incidencia de los rayos de sol alcanza la perpendicularidad respecto a las superficies instaladas. Los resultados confirman la hipótesis propuesta.

PALABRAS CLAVE: Comportamiento térmico, techo de hoja, techo de calamina, análisis térmico, Irapay, *Lepidocaryum tenue*.

THERMAL ANALYSIS OF TWO TYPES OF ROOF USED IN AMAZON RURAL HOUSING

ABSTRACT

This paper presents the results of the experimental comparison of the thermal behavior of two types of roof: roof constructed with traditional irapay leafs (*Lepidocaryum tenue*) and roof constructed with galvanized steel sheets, locally called "calamina". The objective was to demonstrate that the roof leafs irapay, used by Amazonian people for centuries, is thermally more suitable for the Amazon region. Thermal analysis was conducted during the months of May and June 2014, ten days selecting type for each of the hours established in this period. Surface temperatures of the two types of roof for two different intervals of the day, in which the incidence of the sun's rays reach the perpendicular relative to installed surfaces were compared. The results confirm the proposed hypothesis.

KEYWORDS: Thermal behavior, alternative ceiling, thermal analysis.

INTRODUCCIÓN

Según la clasificación de Köppen-Geiger y las actualizaciones realizadas sobre la misma (Kottek, 2006; Rubel y Kottek, 2010), la región Loreto se localiza en una zona tropical ecuatorial, con temperaturas medias anuales de 20 a 27 °C y una humedad relativa muy alta. Las características particulares de la región, dominada en su totalidad por enormes masas boscosas, hacen que estas temperaturas medias sean engañosas, debido a la oscilación térmica media (entre 10 y 18 °C) existente entre el día y la noche, factor, por lo demás, común a muchas de las regiones tropicales húmedas existentes en el planeta (Wieser Rey, 2012). La región se caracteriza por sufrir picos elevados de temperatura a determinadas horas del día, especialmente cuando el sol alcanza su zenit y el cielo está despejado. Estas oscilaciones máximas pueden acercarse mucho a los 40 °C y son más habituales en la temporada de vaciante de los ríos amazónicos, periodo conocido por los pobladores locales como “época de verano”, que se alarga desde el mes de julio hasta el mes de octubre en los ríos de la vertiente sur que nacen en los Andes peruanos; y de noviembre a febrero en los ríos de la vertiente norte que nacen en los Andes ecuatoriales (Rodríguez, 1990).

No es de extrañar, por tanto, que estas condiciones climáticas adversas, caracterizadas por las altas temperaturas, hayan condicionado que el poblador amazónico adopte de manera progresiva y paradigmática una serie de técnicas arquitectónicas que no solo han sido adecuadas para una zona climáticamente compleja, sino que además se han valido de una serie de materiales que han resultado ser los más idóneos para minimizar el impacto de estas altas temperaturas sobre el ser humano. La utilización de las hojas de palmera para techar las infraestructuras comunales es un elemento más del complejo universo de conocimientos arquitectónicos que atesoran los pueblos indígenas amazónicos, pero sin duda alguna, es el más característico e importante, ya que no solo se ha convertido en elemento constitutivo del paisaje amazónico, sino que ha proporcionado sustento y calidad de vida a estos pueblos durante miles de años (Gómez, 2003).

No hay datos precisos que nos permitan establecer con claridad en qué periodo el poblador amazónico comenzó a utilizar las hojas de palmera en sus infraestructuras comunales. Podemos señalar, no obstante, que la utilización de las hojas de palmera, así como los diversos tejidos que fueron adoptándose paulatinamente, fueron actividades cotidianas, características de sociedades o pueblos

que de forma progresiva adquirieron conocimientos sobre el entorno en el que vivían, mejorando sus infraestructuras a la par que ampliaban conocimientos del mismo y de las especies idóneas para tal fin (PAAN, 2005).

Es probable que hace ya más de 11 200 años, numerosas hordas de cazadores recolectores ya estuvieran presentes en la región amazónica, ejerciendo un cierto manejo del bosque, aprovechando frutos, moluscos, peces, tortugas acuáticas y ampliando progresivamente su conocimiento sobre las especies vegetales existentes en su entorno (Lima *et al.*, 2010). El progresivo asentamiento, permanente o semipermanente, de estos primeros cazadores recolectores amazónicos y su incursión en una incipiente “horticultura”, condicionó la búsqueda de tecnología que posibilitó la mejora de las infraestructuras que les servían de refugio. Lo que en un principio fueron precarias estructuras temporales, se fueron convirtiendo en refugios más elaborados y duraderos, adaptándolos progresivamente a las condiciones climáticas y geográficas de la región amazónica (Yépez, 2012).

Los techos pasaron de ser una simple superposición de hojas clavadas en el piso y sobrepuestas sobre un soporte de madera, a una diversidad de elaboradas y complejas estructuras arquitectónicas, donde los conocimientos geométricos y aritméticos eran requisito necesario para conseguir una estructura firme, resistente y duradera (Maia da Costa, 2009).

Teniendo en cuenta los hallazgos arqueológicos realizados en la Amazonía y en otras zonas tropicales de América, es probable que ya en periodos de tiempo tan distantes como 4,000 a 3,000 años A.C (Lathrap, 1970; Lima *et al.*, 2010; Diamond, 1997), tramo en el que generalmente se data el inicio de la horticultura incipiente en la Amazonía, ya se usaran las hojas de diferentes especies de palmera para techar las infraestructuras permanentes o semi permanentes de los primeros proto-horticultores amazónicos.

En la actualidad, la desvalorización de la cultura tradicional amazónica, unida a las políticas “desarrollistas” inadecuadas para la zona rural promovidas por los tres niveles del estado, han provocado que los techos tradicionales de hoja tejida de palmera estén perdiendo la batalla contra los techos manufacturados de calamina. Esto no sólo significa la sustitución de un material natural adecuado para la zona por un material inadecuado, sino que también significa la pérdida irremediable de todo el bagaje arquitectónico legado por los diversos pueblos originarios de la región amazónica a la sociedad nacional.

Es interesante descubrir que la desvalorización de las infraestructuras tradicionales amazónicas y, por ende, de los techos tejidos de hoja, no se basa en fundamentos técnicos o científicos sobre las características materiales de los mismos o sobre sus capacidades para favorecer el confort, sino más bien, en una idea preconcebida que descansa en el regazo de una sociedad egocéntrica y poco o nada intercultural (López y Santiago, 2011).

Esta desvalorización ha tenido como resultado la ejecución de programas de sustitución de los techos tradicionales que han pretendido establecer la línea divisoria entre lo digno y lo indigno, utilizando para ello una estrategia de desvalorización de los conocimientos arquitectónicos tradicionales, que no tiene como objetivo último la mejora de la calidad de vida de la población rural, sino más bien imponer una concepción de desarrollo en la zona rural.

La calamina va ganando espacio en las comunidades rurales de la Amazonía peruana, empeorando la calidad de vida de las mismas, al disminuir el confort en el interior de las viviendas. Debemos entender el concepto de confort como el estado de bienestar climático o térmico que se vive en el interior de una infraestructura, sin excluir otras condiciones de satisfacción material (Tornero et al, 2006).

De esta forma y teniendo en cuenta los picos elevados de temperatura que se producen en la región amazónica, en muchas ocasiones superiores a los 35 °C, el presente artículo realiza una comparación térmica entre los techos de hoja de palmera y los techos de calamina, para demostrar la mayor eficiencia térmica y los menores niveles de estrés térmico de los primeros frente a los segundos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis climático

El análisis experimental se llevó a cabo en la sede central del Instituto de investigaciones de la Amazonía peruana (IIAP), en las coordenadas UTM 691590,81 Este y 9583433,41 Norte, ubicado en la ciudad de Iquitos, en la región Loreto, del 5 de mayo al 27 de junio del 2014.

Para llevar a cabo el análisis, se identificaron las horas en las que la intensidad del sol y la temperatura son más pronunciadas, siendo la insolación mayor. Los periodos elegidos para realizar las mediciones fueron las 12:00 pm y las 14:00 pm, realizándose un registro de las variaciones de temperatura durante un periodo total de cincuenta minutos en cada periodo. Se registró la temperatura más elevada alcanzada por cada una de las superficies, registrándose también

los procesos de enfriamiento y calentamiento de las mismas. El periodo de mediciones tanto para las 12:00 pm como para las 14:00 pm fue de diez días (Cuadro 1).

Teniendo en cuenta que el objetivo final del experimento era comparar temperaturas entre ambos materiales, no se utilizó la teoría de climatología dinámica para identificar un día típico más caluroso, identificándose únicamente los periodos diarios más calurosos, teniendo en cuenta, para ello, la posición del sol respecto a las infraestructuras. Hay que anotar también que el experimento se desarrolló en el mes de mayo, mes que reporta históricamente temperaturas menos elevadas y cielos mayormente cubiertos. No obstante, la comparación del comportamiento térmico es válida, ya que se establece una diferencia térmica entre ambos tipos de techo, la que posiblemente será más elevada en las épocas del año históricamente más calurosas (setiembre, octubre y noviembre) (CONAM, 2005) (gráfico 1).

Descripción de los tipos de techo

El **techo de hoja** ha sido la cobertura más utilizada en la zona rural amazónica durante muchos siglos. Muchas son las especies de palmeras que se han utilizado para techar las viviendas rurales amazónicas, las más conocidas son el irapay *Lepidocaryum tenue*, la yarina *Phytelephas macrocarpa*, el shebon *Attalea butyracea* y la shapaja *Attalea phalerata*, pero también han sido utilizadas la catirina *Attalea microcarpa*, el palmiche *Geonoma poppigiana*, *Geonoma sp.*, el palmichillo *Hyospathe elegans.*, entre otras (López, 1988; Mejía, 1988).

Generalmente, dependiendo de la especie que se utilice, las hojas son tejidas utilizando diferentes técnicas (PAAN, 2005). El tejido aumenta la eficacia y eficiencia de los techos, al permitir que el agua se deslice con mayor facilidad sobre su superficie, evitando las filtraciones hacia el interior de la casa. Del mismo modo, el tejido favorece que los folíolos de las hojas permanezcan extendidos, proporcionando una superficie homogénea que favorece la refracción de los rayos solares, proporcionando un bajo registro calórico.

Se estima que un techo de hoja que ha sido tejido adecuadamente, puede durar hasta tres veces más que aquel que no ha sido tejido convenientemente (Hernández y Mass, 2007). La duración dependerá del tipo de tejido y de la especie utilizada. Un techo tejido con la hoja de irapay (*Lepidocaryum tenue*) puede durar hasta seis años (Mejía, 1988), pudiendo llegar a los diez años si la separación entre hojas y entre crisejas se reduce. Generalmente, estos

techos han sido tejidos con 130 hojas en cada crisneja, en un eje o ripa de aproximadamente tres metros de longitud y cuatro centímetros de ancho sobre el que se tejen los pecíolos de las hojas. Como ya hemos mencionado, un factor fundamental para lograr una mayor durabilidad del techo es la separación vertical entre crisnejas, que no debe superar los 10 centímetros. Los tejidos con hojas de algunas especies de palmera son conocidos por su larga duración, tal es el caso de los realizados con las hojas de las especies de los géneros *Geonoma* o *Attalea*. En este último caso no cuenta tanto la resistencia de la hoja, sino más bien el tipo de tejido realizado.

Para llevar a cabo el experimento se utilizó la hoja de la palmera *Lepidocaryum tenue*, localmente llamada “irapay”, debido a que es una de las más utilizadas en las comunidades aledañas a Iquitos y en los asentamientos humanos de reciente creación.

El techo de calamina se ha convertido en una alternativa arquitectónica barata y muy versátil que ha favorecido el crecimiento de las urbes a lo largo y ancho del planeta (Díaz, 2012). La plancha de calamina es un material manufacturado cuya base principal es una lámina de acero recubierta de una fina capa de zinc que evita su rápido deterioro debido a los factores climáticos. Las planchas de calamina se hicieron sumamente populares inmediatamente después de que el francés Stanislaus Sorel mejorara, en 1836, el proceso de galvanización inventado por su compatriota Melouin en 1742. De esta manera la calamina, llamada así por el mineral del que se extrae el óxido de zinc que las recubre, empezó a ser utilizada en la Amazonía a finales del siglo XIX, cuando la fiebre extractiva de las gomas vegetales estaba en su mayor auge y era necesario satisfacer las necesidades arquitectónicas de las pujantes urbes en rápido crecimiento. Las ciudades crecieron de manera tan vertiginosa que fue necesario utilizar un material que fuera resistente, económico y permitiera el tipo de edificaciones de estilo colonial a la que los nuevos colonos estaban acostumbrados.

Las edificaciones tuvieron que adaptar sus espacios interiores a unas condiciones climáticas extremas, elevando los techos y utilizando tablas de madera de una pulgada de espesor como cielo raso para mitigar la irradiación del calor.

Descripción de los módulos de evaluación. Se construyeron dos módulos idénticos de forma cuadrangular con una base de 3 x 3 m y una altura de 1,80 m. Uno de los módulos se techó con calamina de 0,20 mm de espesor, mientras el otro módulo se techó con hojas de irapay, con una distancia entre ripas de 5 cm. El gráfico 2, ilustra la estructura de los módulos de evaluación.

El equipo de mediciones

Se utilizaron dos termómetros ambientales de la marca *Springfield*, modelo *Precise temp*, los cuales fueron probados previamente en el mismo ambiente para medir el posible margen de error existente entre uno y otro, comprobándose que el margen de error máximo fue de 0,1°C. Cada uno de los termómetros estaba equipado con un sensor para medir temperatura superficial. Los sensores, compuestos por termopares con protección PVC, eran ideales para medir temperaturas exteriores entre -50 °C y 70 °C, siendo instalados a una distancia de dos centímetros en la parte inferior de cada uno de los materiales.

Se midieron las oscilaciones térmicas durante diez días no continuos, en periodos de 50 minutos, en dos horarios diferentes, las 12:00 pm y las 14:00 pm. Las mediciones no fueron consecutivas, habiéndose realizado cuando los cielos estaban totalmente despejados o parcialmente soleados, por lo que las mediciones a las 12:00 pm y a las 14:00 pm no coinciden con la misma fecha calendario. Se registraron los picos de temperatura máximos alcanzados por los dos tipos de superficie en cada uno de los periodos diarios de medición. Se sacaron las medias de los resultados obtenidos diariamente, lo que nos proporcionó el rango de temperatura promedio para los diez días experimentales en cada una de las superficies.

Cuadro 1. Días en los que se realizó la medición para cada uno de los periodos elegidos

PERIODO	DÍA DE ANALISIS / MES									
12:00 pm	05/05	12/05	16/05	20/05	21/05	22/05	02/06	09/06	11/06	12/06
2:00 pm	05/05	07/05	08/05	09/05	20/05	21/05	28/05	05/06	26/06	27/06

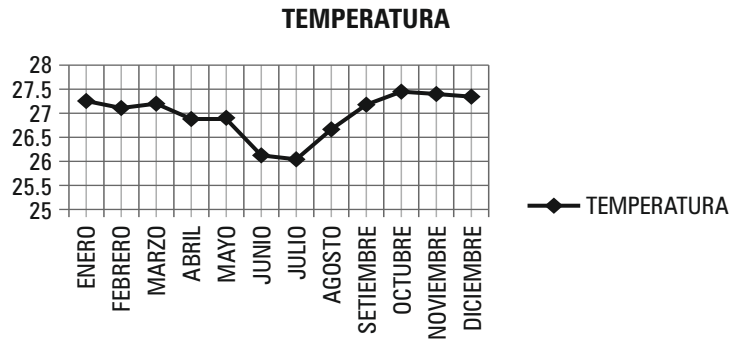


Gráfico 1. Promedio histórico de temperatura media mensual 1988-2001.
Fuente: Senhami-Consejo Nacional del Ambiente; 2005

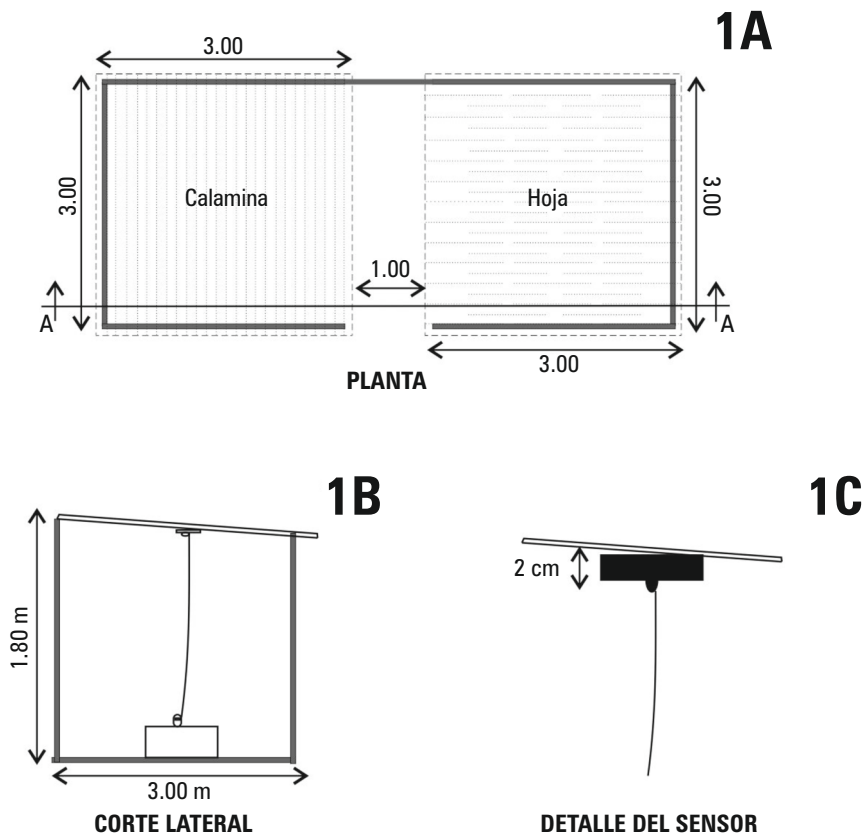


Gráfico 2. Esquema módulos de evaluación.

RESULTADOS

Análisis a las 12:00 pm.

El análisis de las temperaturas promedio diarias alcanzadas en cada una de las superficies a las 12:00 pm, exhibe una diferencia de temperatura de 4,88 °C, siendo el promedio de temperatura máxima registrado por el techo de calamina de 38,08 °C y el del techo de hoja de irapay de 33,2 °C. Hay que señalar que durante el periodo de análisis se alternaron cielos completamente despejados, con cielos parcialmente soleados, en los que abundaron los cirros y los cirrocúmulos, lo que atenuó la intensidad del sol, factor que, junto a otras variables como el viento y la humedad relativa, explica la oscilación promedio de temperatura diaria, tal como se muestra en el gráfico 3.

La diferencia de temperatura superficial promedio registrada entre ambos techos a las 12:00 pm, durante los días en los que el cielo estuvo completamente despejado desde primeras horas de la mañana, varió de 4,6 °C a 5,5 °C, siendo la temperatura máxima alcanzada por el techo de calamina, durante estos días soleados, de 39,5 °C y la del techo de hoja de 34,9 °C. El día n°8 de análisis, en un momento determinado de la medición, se presenta una diferencia máxima de temperatura de 6,40 °C, lo que se convierte en un indicador de la diferencia de temperatura que podrían alcanzar los techos en la época más calurosa del año (gráfico 4 y 5).

Análisis a las 14:00 pm.

El análisis de las temperaturas promedio diarias alcanzadas en cada una de las superficies a las 14:00 pm, exhibe una diferencia de temperatura de 4,09 °C, siendo el promedio de temperatura máxima registrado por el techo de calamina de 38,26 °C y el del techo de hoja de irapay de 34,17 °C (gráfico 6).

La diferencia de temperatura superficial promedio registrada entre ambos techos a las 14:00 pm, durante los días en los que el cielo estuvo completamente despejado, varió de 5 °C a 6,20 °C, siendo la temperatura máxima alcanzada por el techo de calamina, durante estas tardes soleadas, de 41,1 °C y la del techo de hoja de 35,9 °C. El día n°8 de análisis, en un momento determinado de la medición, se registró una diferencia máxima de temperatura de 7 °C, diferencia máxima favorecida por las condiciones meteorológicas favorables y la insolación constante sobre las superficies (gráfico 7 y 8).

Calentamiento

Se extrajeron datos sobre el calentamiento de ambos materiales. Para ello se escogió un día parcialmente nublado (12 de mayo de 2014), igualando los termómetros bajo la sombra. Aprovechando la presencia constante de nubes, se esperó a que estas taparan el sol y los materiales se enfriaran. Los termómetros se pusieron en el lugar de medición cuando los rayos del sol volvieron a incidir en las superficies. De esta forma se pudo medir la progresión de la temperatura en un intervalo de cinco minutos para ese periodo de tiempo, tal como muestra en el gráfico 9.

Los resultados muestran una velocidad de calentamiento mucho mayor en la calamina. En los cinco primeros minutos de medición la calamina aumento 5 °C, frente a los 2 °C de la hoja de irapay. Este dato es de sumo interés para comprender los niveles de estrés térmico ocasionados por la cubierta de calamina, asunto que trataremos en la discusión.

Enfriamiento

A la inversa, se midió el enfriamiento de ambos materiales, aprovechando un día en el que la presencia de nubes evitaban periódicamente que los rayos del sol incidieran en los dos tipos de techo (6 de mayo del 2014). En este caso se partió de la temperatura superficial de cada uno de los techos, midiendo el descenso de temperatura cada minuto una vez que los rayos de sol dejaban de incidir sobre los materiales.

Los resultados muestran como en los primeros cinco minutos se produce un descenso de temperatura de la calamina de 4 °C, frente a los 2°C de la hoja de irapay, siendo este descenso brusco a partir de los tres minutos después de anularse la insolación. La velocidad de enfriamiento es menor a la velocidad de calentamiento. El acero galvanizado es un buen conductor de la energía, pero debido a su bajo espesor, irradia un buen porcentaje de esta energía al exterior, almacenando una cantidad ínfima. Este dato echa por tierra la creencia de que la calamina se mantiene caliente varias horas después de que el sol ha dejado de insolar, más bien, dependiendo de la estructura arquitectónica de la vivienda, lo que permanece caliente es la bolsa de aire a la que la calamina ha irradiado calor durante todo el día. Este asunto lo trataremos también en la discusión.

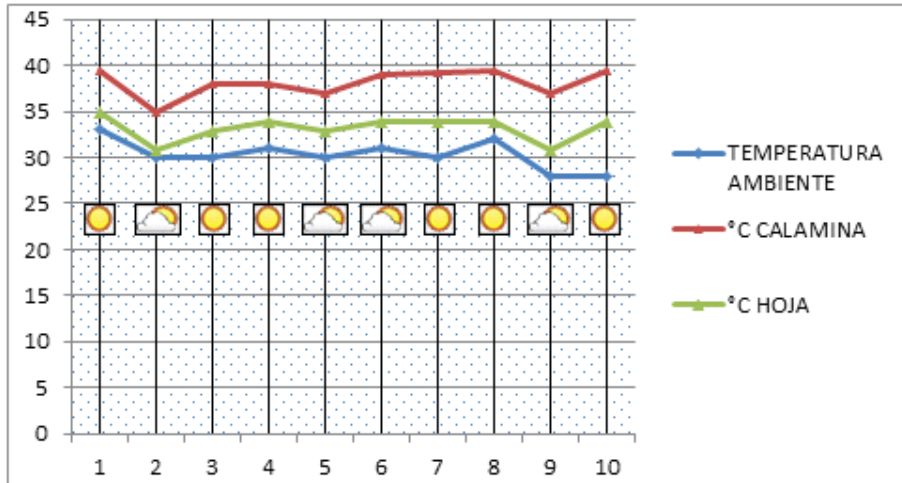


Gráfico 3. Promedio de temperaturas máximas durante el periodo de análisis térmico.

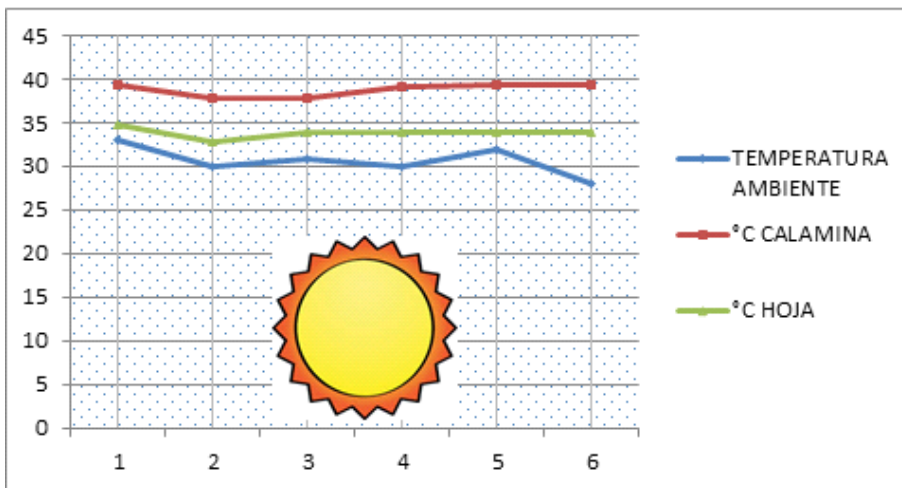


Gráfico 4. Promedio de temperaturas máximas durante los días soleados en el periodo de análisis.

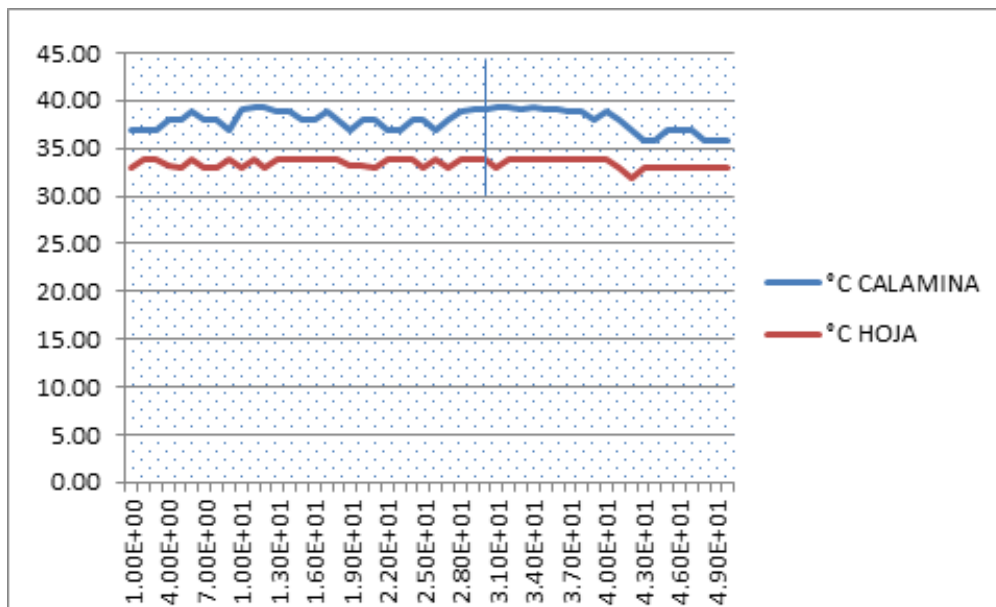


Gráfico 5. Línea de tiempo/temperatura con máxima para el octavo día de medición.

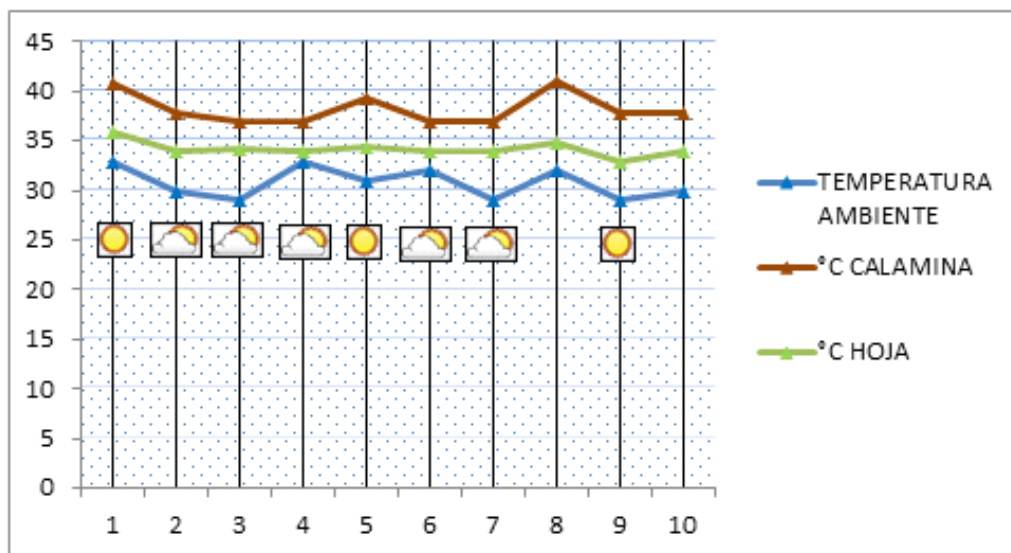


Gráfico 6. Promedio de temperaturas máximas durante el periodo completo de análisis térmico.

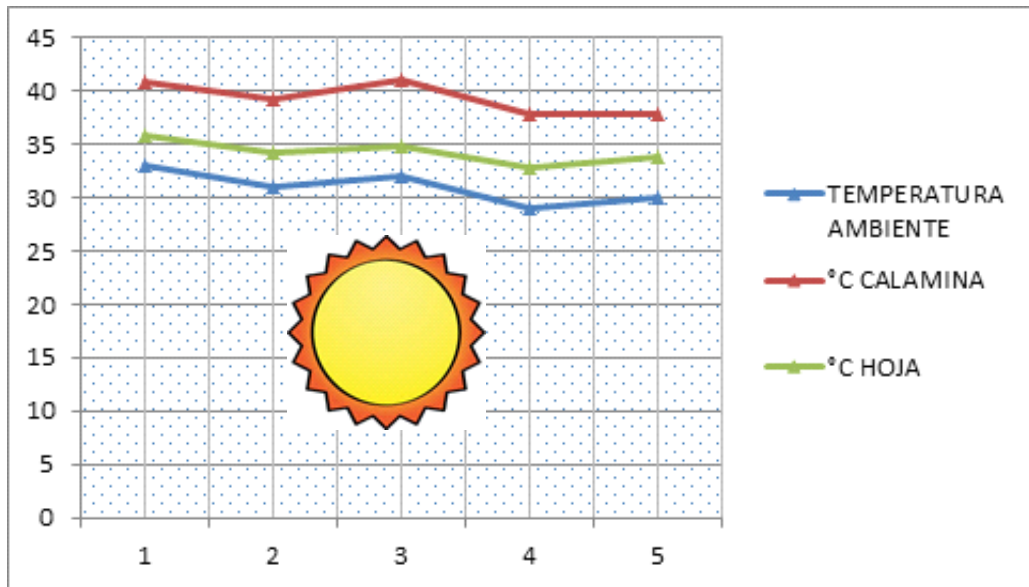


Gráfico 7. Promedio de temperaturas máximas durante las tardes en el periodo de análisis.

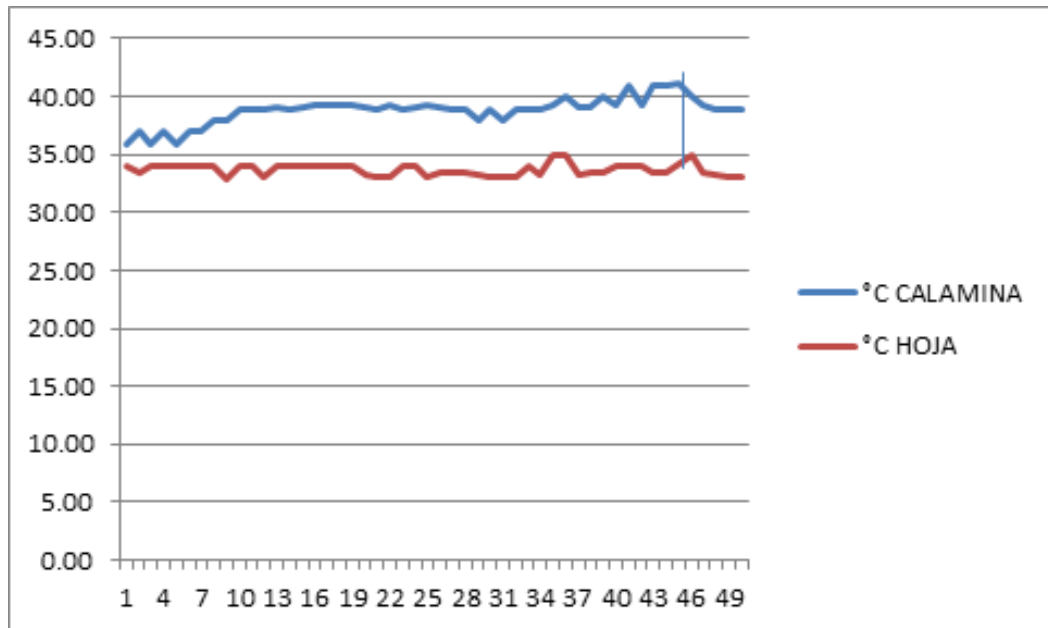


Gráfico 8. Línea de tiempo/temperatura con máxima crítica para el octavo día de medición.

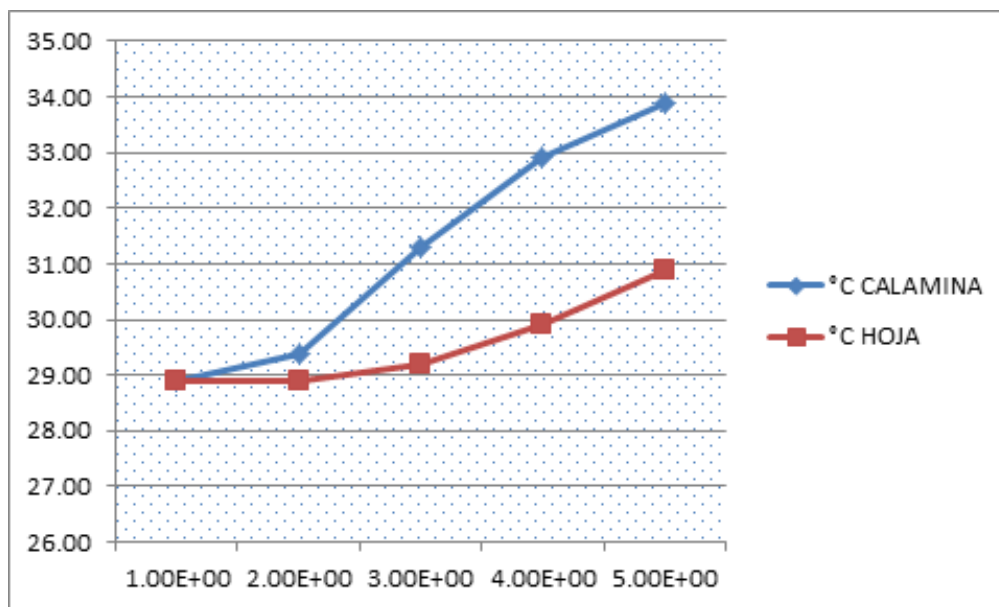


Gráfico 9. Calentamiento de los techos analizados en un intervalo de cinco minutos.

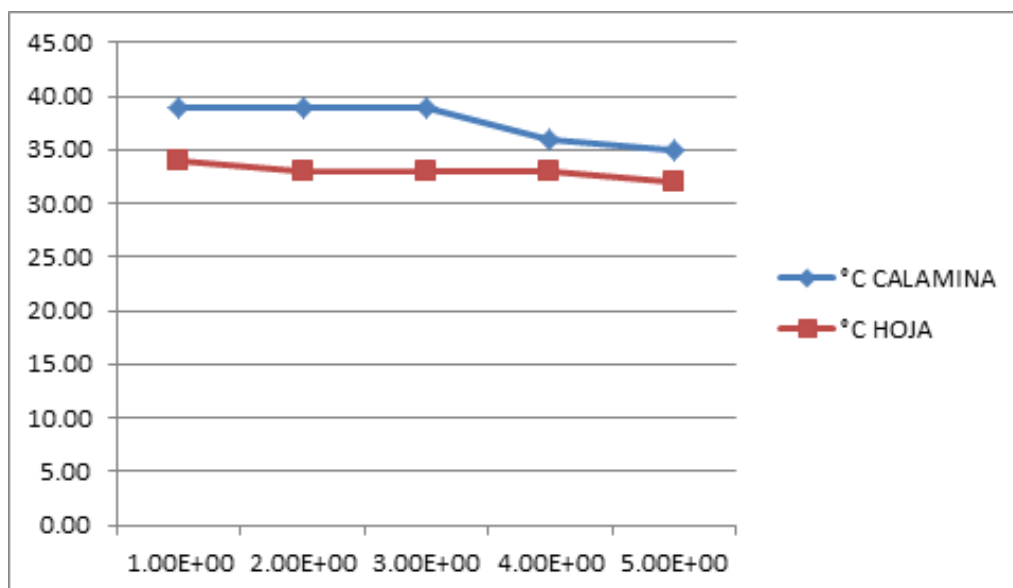


Gráfico 10. Enfriamiento de los techos analizados en un intervalo de cinco minutos.

DISCUSIÓN

Los resultados de la experimentación evidencian un mayor registro calórico para el techo de calamina. La diferencia de temperatura promedio superficial entre ambos sistemas de techo supera los 4° C, llegando a alcanzar, incluso, en condiciones favorables, los 7° C de diferencia, siendo este un aspecto relevante a la hora de escudriñar las repercusiones sobre el confort alcanzado por las infraestructuras y los efectos del calor sobre el ser humano. Estos resultados se aproximan mucho a los obtenidos por (Díaz, 2012) en un análisis térmico llevado a cabo en República Dominicana en viviendas vernáculas techadas con planchas de acero galvanizado.

Teniendo en cuenta que la temperatura de la piel se mantiene en torno a un rango de 31 a 34 °C en condiciones de confort térmico (Auliciems y Szokolay, 2007), cualquier incremento de temperatura que supere este rango provocará estrés térmico, que se evidencia por la incapacidad del cuerpo humano para disipar el calor que recibe en exceso del exterior. El estrés térmico puede tener repercusiones muy importantes sobre la salud humana (Auliciems y Szokolay, 2007), manifestándose efectos negativos a la hora de mantener la concentración y el desenvolvimiento físico, agravando dolencias cardiovasculares, respiratorias, cutáneas, renales, endocrinas, etc, y provocando efectos como el síncope por calor, el agotamiento extremo o el golpe de calor (Armendáriz, 2007).

Asimismo, un aumento en la temperatura interior de las infraestructuras amazónicas puede ocasionar, en lugares donde no existe electricidad y por lo tanto no se pueden utilizar las tecnologías de enfriamiento, que los alimentos almacenados se descompongan más rápidamente, provocando que las enfermedades diarreicas agudas tengan una incidencia mayor, al proliferar las bacterias en los alimentos almacenados en las viviendas.

La temperatura media superficial de la calamina a las 12:00 pm alcanzó los 38,02 °C, superior en 4,02 °C a la temperatura crítica de la piel humana. A las 14:00 pm, alcanzó una temperatura media superficial de 38,26, superando en 4,26 °C la temperatura crítica en la que se produciría estrés térmico.

En contraposición, la temperatura promedio alcanzada por la superficie construida con hoja de irapay a las 12:00 pm, no superó los 33.2 °C, inferior en 0,8 °C a la temperatura crítica. A las 14:00 pm, alcanzó una temperatura de 34,17 °C, superando tan solo por 0,17 °C la temperatura crítica que

provocaría estrés térmico, lo que la hace mucho más adecuada para la región amazónica.

La velocidad de calentamiento de la calamina es un factor que también favorece el estrés térmico, ya que la temperatura interna se eleva rápidamente y desciende bruscamente cuando el cielo está parcialmente soleado o nublado. La hoja de irapay es mucho más estable al calentamiento, lo que evita cambios bruscos en la temperatura percibida por los receptores externos de la piel, aumentando de esta forma la percepción de confort en el interior de la vivienda.

Los niveles de temperatura en el interior de una infraestructura techada con calamina dependerán del diseño de la infraestructura y de las barreras arquitectónicas que utilicemos para separar el material metálico del ambiente interior (Díaz, 2012). La plancha de acero es un buen conductor que, debido a su pequeño espesor, no almacena energía, sino que la irradia, siendo este factor el que ocasiona el calentamiento de la masa de aire circundante que está en contacto directo con la superficie metálica. Una vez que los rayos del sol dejan de incidir en la calamina, esta se enfría rápidamente, dependiendo entonces la temperatura interior de la masa de aire interior, de su temperatura y de los puntos de ventilación que favorecerían su rápido enfriamiento.

Si colocamos un techo de calamina sin una barrera protectora que impida la transferencia de calor, la energía se irradiará a la masa de aire y por tanto la temperatura aumentará considerablemente en el interior de la vivienda. Si la vivienda no está lo suficientemente ventilada, se impide la transferencia de aire caliente por frío, provocando una sensación térmica elevada.

La única forma de evitar que la masa de aire se caliente debido al contacto con la superficie de metal, es evitar la irradiación directa con el espacio habitado. Esto se podría conseguir con los tradicionales cielos rasos, impidiendo así el calentamiento extremo de la masa de aire interna. Otra solución sería idear estructuras complejas que permitan el intercambio de aire caliente por aire frío. En la zona rural amazónica, cualquiera de estas opciones es inviable, debido a los altos costos de instalación y mantenimiento y a las condiciones climáticas adversas, tales como fuertes vientos y lluvias torrenciales. La presencia de roedores y mamíferos voladores en la zona rural podría convertir estos espacios en zonas de anidamiento, provocando problemas de salubridad en las viviendas.

En la actualidad, no hay materiales en el mercado que puedan competir con los registros térmicos de la hoja de irapay u otras especies de palmeras.

Tampoco hay posibilidades de introducir estructuras más adecuadas a la zona rural que mejoren el registro calórico de la calamina, debido a los altos costos de instalación y mantenimiento, por lo que sería más conveniente, si es que queremos mantener el confort dentro de las viviendas rurales amazónicas y, por lo tanto, mejorar la calidad de vida de las familias que las habitan, iniciar programas de recuperación y manejo de las especies de palmera útiles de la Amazonía y recuperar los conocimientos en el tejido tradicional de las mismas.

Los techos de calamina no solo empeoran las condiciones de habitabilidad de la vivienda rural y la calidad de vida de las poblaciones amazónicas, también condicionan el cambio del método constructivo tradicional y la ruptura de las relaciones de reciprocidad que giran en torno a las actividades de recolección de la hoja, tejido y techado de la vivienda rural amazónica.

CONCLUSIONES

Las medidas realizadas demuestran que los techos de irapay tienen un mejor registro calórico, lo que los hace más adecuados a la región amazónica, al mantener la temperatura en rangos térmicos aceptables, evitando el estrés térmico y favoreciendo el confort en el interior de las viviendas rurales. La calamina, a pesar de ser un material versátil, duradero y de fácil instalación, no presenta un registro calórico aceptable para la región amazónica, disminuyendo el grado de confort en el interior de las viviendas y aumentando las posibilidades de estrés térmico e incidencia de las denominadas enfermedades del calor. La diferencia de temperatura entre ambos sistemas de techo son significativas, llegando a 4,88 °C a las 12:00 pm y 4,09 °C a las 14:00 pm, alcanzando incluso una diferencia térmica extrema de 7,00 °C cuando las condiciones climáticas fueron favorables, lo que se convierte en un indicativo de peso para las épocas del año más calurosas, donde la irradiación solar es más elevada. Es por esta razón que los programas de sustitución de techos de hoja por techos de calamina no tienen ni sustento científico ni cultural, por lo que se recomienda realizar una incidencia política mayor en el manejo adecuado de las especies útiles en la Amazonía, así como en la recuperación de los conocimientos tradicionales sobre el tejido de las hojas de palmera. Los programas de conservación y manejo de las especies de palmeras favorecerán el acceso al recurso y redundarán en la recuperación de los conocimientos tradicionales relacionados con esta actividad en la región amazónica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armendáriz, P. [s.a]. *Calor y trabajo: prevención de riesgos laborales debidos al estrés térmico por calor*. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. Madrid. p.9. Disponible en: http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/AF2BD786-0A6D-4564-9076-BE42220B4843/225685/calorytrabajo_profesional.pdf.
- Auliciems, A; Szokolay, S.V. 2007. *Thermal Comfort*. Passive and Low Energy Architecture International. Queensland. p. 66.
- CONAM. 2005. *Indicadores ambientales de Loreto*. Indicadores Ambientales N° 7. CONAM. Lima. p.60.
- Diamond, J. 1992. *Armas, gérmenes y acero*. Editorial Debolsillo. Madrid. p. 592.
- Díaz, O. 2012. *La cubierta metálica en el clima cálido húmedo: análisis del comportamiento térmico del techo de zinc de la vivienda vernácula dominicana*. Investigación Master en arquitectura, energía y medio ambiente, Universidad Politécnica de Cataluña, Facultad de arquitectura, Departamento de construcciones arquitectónicas. Barcelona. 54 pp.
- Gómez, A. 2003. La palma en la arquitectura. *ASINEA*. 22: 109-118.
- Guadalupe, M, Moreno, H, Ochoa, J.M, Marincic, I. 2010. Análisis térmico de viviendas económicas en México utilizando techos verdes. En: *Estudios sobre arquitectura y urbanismo del desierto*. 3:3. P 59-67.
- Hernández, M; Mass, W. 2007. *La vivienda tradicional amazónica: materiales de construcción en la chacra familiar*. Proyecto Araucaria XXI Nauta. AECID-MINAM. Iquitos. p. 24.
- Lathrap, D. W. 1970. *The upper amazon (ancient peoples and places)*. Thames and Hudson ltd. p. 256.
- Lima, M.H; et.al. 2010. Paisagens amazónicas sob a ocupacao do homem pre-histórico: uma visao geológica. En: Geraldés, W; Clara, K; Emöke, B; Lima, H.N; Woods, W (Eds). *As terras pretas de índio da Amazonia: Sua caracterizacao e uso deste conhecimento na criacao de novas áreas*. P. 16-39.
- López, J. 1988. The use of palms and other native plants in non-conventional, low cost rural housing in the peruvian Amazon. In: *The palm – tree of life: biology, utilization and conservation*. p. 119-129.
- López, S., Santiago, J. A. 2011. *Un cambio de paradigma educativo para crear conciencia*

- ambiental*. CPU-e, Revista de Investigación Educativa, 12. Disponible en: <file:///C:/Users/Manolo/Downloads/Dialnet-UnCambioDeParadigmaEducativoParaCrearConcienciaAmb-4039584.pdf>
- Maia da Costa, Lucélida de Fátima. 2009. *Los tejidos y las tramas matemáticas. El tejido ticuna como soporte para la enseñanza de las matemáticas*. Maestría thesis. Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonía. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3309/#sthash.WvUljMbj.dpuf>
- Mejía, K. 1988. Utilization of palms in eleven mestizo villages of the peruvian Amazon (Ucayali river, department of Loreto). In: *The palm – tree of life: biology, utilization and conservation*. p. 130-136.
- Proyecto Araucaria Amazonas Nauta – AECID. 2005. El tejido de hojas de palmera en la vivienda amazónica. Proyecto Araucaria Amazonas Nauta, Iquitos. 25 pp.
- Rodríguez, F. 1990. Los suelos de áreas inundables de la Amazonía peruana: potencial, limitaciones y estrategia para su investigación. *Folia Amazónica* 2:7-25.
- Rubel, F; Kotted, M. 2010. Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteorol. Z.* 19, 135-141.
- Tornero, J; Pérez, A; Gómez, F. 2006. Ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportaciones recientes. *Cuadernos de Geografía*, 80: 147-182.
- Kottek, M; et.al. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 15, 259-263.
- Vecchia, F; Castañeda, G. 2006. Reacción ante el calor de cuatro sistemas de cubiertas. *Ingeniería*, vol. 10, núm. 1, enero-abril, pp. 17-23.
- Wieser Rey, M. 2010. Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: El caso peruano. Cuadernos de arquitectura, 10. (<http://departamento.pucp.edu.pe/arquitectura/files/2012/06/CUADERNOS-14-digi.pdf>).
- Yépez, D.A. 2012. Análisis de la arquitectura vernácula en Ecuador: propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable. p 15-12. Disponible en <http://repositorio.educacion.superior.gob.ec/bitstream/28000/829/1/T-SENESCYT-0372.pdf>.

Recibido: 08/05/2014

Aceptado para publicación: 14/07/2014

