

## **CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE LA VIVIENDA TRADICIONAL MIXTECA CON EL USO DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS**

### **THERMAL CHARACTERIZATION OF TRADITIONAL MIXTEC HOUSING WITH THE USE OF TECHNOLOGICAL TOOLS**

**Autores:** Flor Gabriela Ríos Ventura

<https://orcid.org/0000-0003-2193-7559>

José Luis Caballero Montes

<https://orcid.org/0000-0003-3634-2080>

Rafael Alavéz Ramírez

<https://orcid.org/0000-0003-0246-0812>

**Institución:** Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, México

**Correo electrónico:** [frios200@alumno.ipn.mx](mailto:frios200@alumno.ipn.mx)

[jcaballerom@ipn.mx](mailto:jcaballerom@ipn.mx)

[ralavez@ipn.mx](mailto:ralavez@ipn.mx)

#### **RESUMEN**

El objetivo del estudio es caracterizar el nivel de confort térmico de la vivienda tradicional (VT) en la población de San Pablo Tijaltepec, Mixteca de Oaxaca a través de herramientas tecnológicas para determinar su grado de habitabilidad en comparación con el nivel de confort de una vivienda construida con fondos de remesas (VR). Para ello se utilizaron softwares, aplicaciones y dispositivos digitales como: Meteonorm, Bioclimatic Analysis Tool, Ytong, EnerHabitat, WindFinder, Climate Consultant, HOBO data logger, HOBOware y Google Earth, con las cuales se determinó el análisis climático de la zona, análisis térmico de las viviendas y desempeño térmico de los materiales con las que están construidas. Los resultados indican que la VT presenta una temperatura mínima de 12.05°C y un nivel de bajo calentamiento de 72.22 % de horas al mes. Mientras que la VR presenta una temperatura mínima de 15.46°C y un bajo calentamiento de 66.49 % hrs respecto a la zona de confort en la zona (20.7°C – 25.7°C). La envolvente de la VT es adecuada para el clima de la zona (8.01 h), con un factor de decremento de 0.18 de energía para climatizar. Mientras que la envolvente de madera y tablaroca de la VR posee un factor de decremento de 0.90 que corresponden a 0.9 h de desfase térmico de los materiales en peor circunstancia que la VT. Se concluye que, si en la VT se aprovecha la radiación solar, se procura el aislamiento, hermeticidad de la envolvente,

y se restituye la cubierta de lámina galvanizada, esta ofrecería mejores condiciones de confort térmico y por ende de habitabilidad.

**Palabras clave:** Caracterización térmica, Envolvente, Herramientas tecnológicas, Vivienda vernácula.

## ABSTRACT

The objective of the study was to characterize the level of thermal comfort of traditional housing (VT) in the population of San Pablo Tijaltepec, Mixteca de Oaxaca through technological tools to determine its degree of habitability compared to the comfort level of a house built with remittance funds (VR). For this, software, applications and digital devices such as: Meteonorm, Bioclimatic Analysis Tool, Ytong, EnerHabitat, Wind Finder, Climate Consultant, HOBO data logger, HOBOWare and Google Earth were used, with which the climatic analysis of the area, thermal analysis of the houses and thermal performance of the construction materials were determined. The results indicate that the VT has a minimum temperature of 12.05°C and a level of underheating of 72.22 % of hours per month. While the VR has a minimum temperature of 15.46°C and a low heating of 66.49 % hrs with respect to the comfort zone in the area (20.7°C – 25.7°C). The VT envelope is suitable for the climate of the area (8.01 h), with a decrement factor of 18 h of energy for air conditioning. While the wooden and tablaroca envelope of the VR has a decrement factor of 0.90 that correspond to 0.9 h of thermal lag of the materials in worse circumstance than the VT. It is concluded that, if the VT takes advantage of solar radiation, seeks insulation, tightness of the envelope, and restores the galvanized sheet cover, this will offer better conditions of thermal comfort and in consequence of habitability.

**Keywords:** Envelope, Technological tools, Thermal characterization, Vernacular housing.

## INTRODUCCIÓN

En México, sobre todo en las regiones con población indígena, se tiene gran tradición constructiva, viviendas que se integran al contexto en el cual están emplazadas sin modificar el entorno, manteniendo así una relación estrecha entre el hábitat, seres humanos y medio ambiente. Así, la vivienda procura al habitante de autosuficiencia, actividades productivas y relaciones sociales, así mismo provee de mecanismos de reciprocidad y transferencia de conocimientos generacionales. La vivienda dota de calidad de vida a los moradores y se construye mediante el trabajo artesanal, autogestor,

y el manejo responsable de los bienes naturales (Zárate, 2018; Lara y Rivera, 2016).

Sin embargo, entre otros factores, la emigración de población rural hacia Estados Unidos ha causado que la vivienda tradicional pierda terreno y ocurran cambios arquitectónicos en lo material, espacial y formal, que se traduce en que las viviendas que actualmente se construyen con fondos de remesas estén fuera del contexto climático y cultural. De esta manera, la vivienda tradicional modifica su uso y se convierte en almacenes, cocinas, o se deshabita, perdiendo sus valores socioculturales y modos de habitar de las personas.

El estado de Oaxaca en México se encuentra en el quinto lugar en emigración hacia Estados Unidos, lo que origina que en muchas comunidades del estado los cambios arquitectónicos, territoriales y culturales sean evidentes (INEGI, 2020), así como las transformaciones en los niveles de habitabilidad relacionados con factores físico-espaciales y de confort principalmente.

Se han realizado investigaciones en la vivienda tradicional a partir de caracterizar el desempeño térmico de los materiales que se han empleado en su construcción (Aguillón y Arista 2020; Carvajal, 2020; Rivas, 2017; Tapia, 2017; Brañas y Iman 2014), en los cuales se han empleado herramientas tecnológicas para evaluar y comprobar que este tipo de viviendas tienen buen comportamiento térmico que repercute en condiciones de confort para las personas que las habitan.

En esta investigación se hace uso de una serie de herramientas tecnológicas como: Meteororm, Bioclimatic Analysis Tool, Ytong, EnerHabitat, WindFinder, Climate Consultant, HOBO data logger, HOBOWare y Google Earth, para determinar el contexto climático de la zona de estudio ubicada en la región de la mixteca de Oaxaca, México. Además de realizar un estudio comparativo entre dos viviendas; una tradicional y una construida con fondos de remesa para validar su desempeño térmico.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es caracterizar climáticamente a la vivienda tradicional (VT) en la agencia Guadalupe Victoria, San Pablo Tijaltepec, Oaxaca, México mediante el método de análisis térmico de la zona (Wieser, *et al.*, 2020) y el comportamiento térmico de la vivienda a partir de los materiales con los que está construida mediante el uso de herramientas tecnológicas, y demostrar los buenos resultados que presenta la vivienda tradicional al contexto climático de la zona.

### *Ubicación del proyecto*

La agencia Guadalupe Victoria, San Pablo Tijaltepec, Oaxaca se ubica a 2279 msnm, a una altitud de 17°01'5.0" y una longitud de -97°30'0.0" (Figura 1). La altitud del área es una de las variables climáticas que determinan la temperatura y el viento. La topografía se encuentra en la colina de una cadena montañosa, con una velocidad de vientos media anual de 2 m/s en sentido noreste- oeste, según datos obtenidos de la plataforma WindFinder.

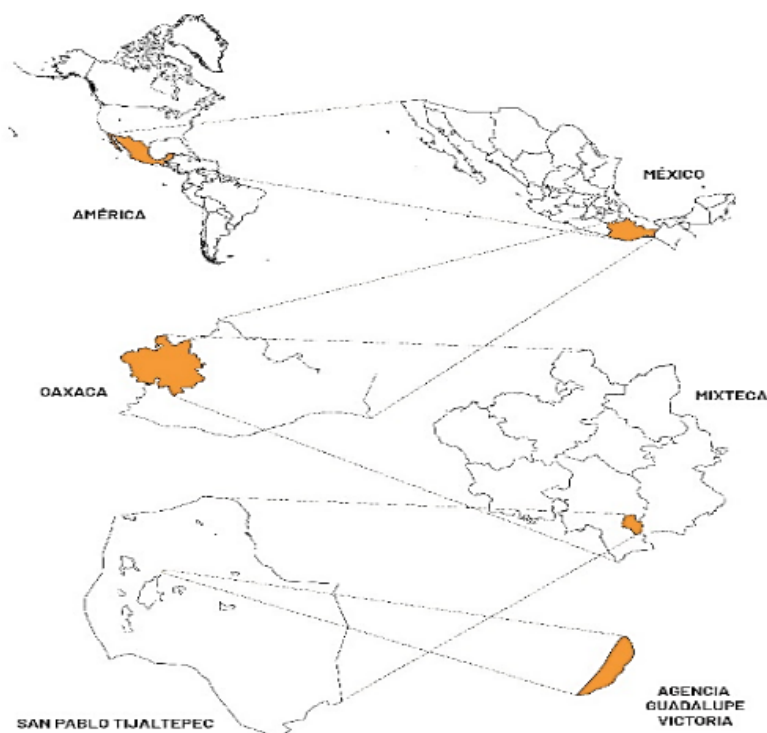


Figura 1. Ubicación del sitio. Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2020).

La comunidad está conformada aproximadamente por 70 familias, que se dedican a trabajos agrícolas de autoconsumo y al bordado de trajes tradicionales. La mayor parte de ellas reciben recursos económicos (remesas) de sus familiares en Estados Unidos, los cuales emplean principalmente en el mejoramiento o construcción de sus viviendas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *1) Análisis del sitio*

La investigación consideró en primera instancia realizar un diagnóstico de la vivienda tradicional en la comunidad en estudio; para lo cual se realizaron recorridos por la Agencia Guadalupe Victoria y se realizó un registro de las viviendas que aún conservan la tipología arquitectónica tradicional de la región mixteca de Oaxaca. Así mismo de

aquellas que están construidas con recursos provenientes de remesas de migrantes en Estados Unidos. Se realizó un levantamiento fotográfico y videos de las viviendas con estas características para después procesar la información y seleccionar dos viviendas que fueron instrumentadas para determinarles su comportamiento térmico.

## 2) Análisis climático

Para determinar el comportamiento térmico de las viviendas: tradicional y de remesas, se llevó a cabo un estudio climático para identificar las temperaturas que se presentan en la zona de estudio. Dicho análisis se realizó tomando en cuenta los datos de las normales climáticas de la estación 20178 - Villa Chalcatongo, Mixteca, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 1976) a 8 km de distancia de la agencia municipal y analizado por el software Bioclimatic Analysis Tool (Rincón y Freixanet, 2014).

## 3) Comportamiento térmico de las VT y VR mediante instrumentación

Para determinar la variable de ambiente interior de una vivienda tradicional (VT) construida con muros de madera y cubierta a dos vertientes de lámina galvanizada, se instaló un dispositivo HOBO data logger temp RH2 ext channels por medio del software HOBOWare con lo que se registraron temperaturas al interior y exterior de la vivienda en los meses de mayo y junio del 2021. El dispositivo se colocó al centro de la recámara principal de la vivienda con el permiso de la familia (Figura 2).

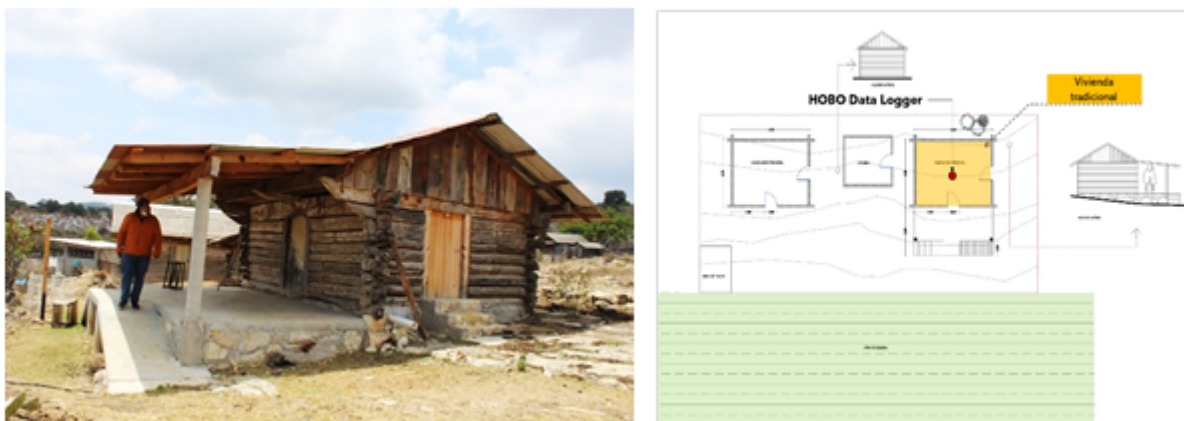


Figura 2. Diagnóstico climático de VT mediante instrumentación con HOBOS dataloggers. Fuente: Fotografía y elaboración de autora

Posteriormente se analizaron los datos registrados y se procesaron mediante tablas y gráficas de Excel para discutir los hallazgos más importantes.

Con las mismas condiciones de análisis se realizó el estudio térmico de la vivienda de remesas (VR) construida de revestimiento tipo siding de madera, tablaroca y cubierta a dos aguas de lámina galvanizada (Figura 3).



Figura 3. Diagnóstico climático de VR mediante instrumentación con HOBOS dataloggers. Fuente: Fotografía y elaboración de autora

#### 4) *Envolvente térmica de los materiales de la VT y VR*

Se realizaron fichas técnicas de las envolventes de ambas viviendas, determinando las propiedades termofísicas de los materiales empleados en su construcción y se calcularon los amortiguamientos y desfases térmicos a través de la hoja de cálculo YTONG y Ener-Habitat.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del diagnóstico del sitio, en particular de las viviendas se encontró que las casas tradicionales que aún existen en la población son de muros de madera de ocote en forma de trenzado, sin vanos y con cubiertas de teja (actualmente reemplazadas por láminas galvanizadas) cuentan con cocina de fogón, corrales para la crianza de animales y huertos de traspatio. Las viviendas actualmente se construyen con cubierta a dos aguas de lámina y muros de materiales contemporáneos (concreto y tabique de mortero), sin embargo, es muy común encontrar viviendas que imitan los modelos de casas de la unión americana con estructura de madera, revestimiento tipo siding y cubiertas de lámina. Estas viviendas han cambiado la forma de vida en las comunidades limitando el espacio de crianza de animales, cultivo en huertos de traspatio y amplitud de patios para la realización de fiestas y eventos sociales.

#### *Análisis climático*

Como resultado del análisis climático en la comunidad de estudio, se encontró que la temperatura neutra anual es de 23.2 °C con una zona de confort térmico entre 20.7°C y 25.7 °C. La temperatura máxima mensual apenas alcanza la zona de confort en los meses de marzo a mayo, y la temperatura mínima mensual se encuentra todo el año muy por debajo de la zona de confort. La temperatura media anual es de 20.1°C y la temperatura máxima del mes más caluroso solo es de 22.5°C, y el mes más frío es de

7.9°C. En relación con la humedad relativa se encuentra dentro del rango de confort térmico de (30-70 %); la temperatura media se mantiene dentro, sin embargo, presenta una oscilación extremosa superior a los 22 %. En abril presenta su punto más bajo de oscilación. La radiación solar se encuentra por debajo del rango de confort de 500-700 ( $W/m^2$ ), con una radiación total de ( $185.3 W/m^2$ ) y radiación directa de ( $191.5 W/m^2$ ), particularmente baja en el mes de septiembre.

Los datos anteriores ubican a la agencia Guadalupe Victoria en un bioclima semifrío, según lo que indica Rincón y Freixanet (2014), cuyas características son días muy frescos, con poco porcentaje en zona de confort. En las mañanas y noches las temperaturas descienden a los 7.9° C en invierno y la temperatura máxima alcanzada solo es de 22.5°C.

Para tal condición climática se identificaron estrategias en la carta psicrométrica realizada con el modelo de confort ASHRAE 55 y el archivo climático generado en Meteonorm. Estas estrategias fueron. ganancias internas representando un 48.6 % de eficacia y ganancias solares 29.8 %. Ambas estrategias alcanzarían un 87.5 % horas de confort climático adecuado al contexto climático de San Pablo Tijaltepec (Figura 4).

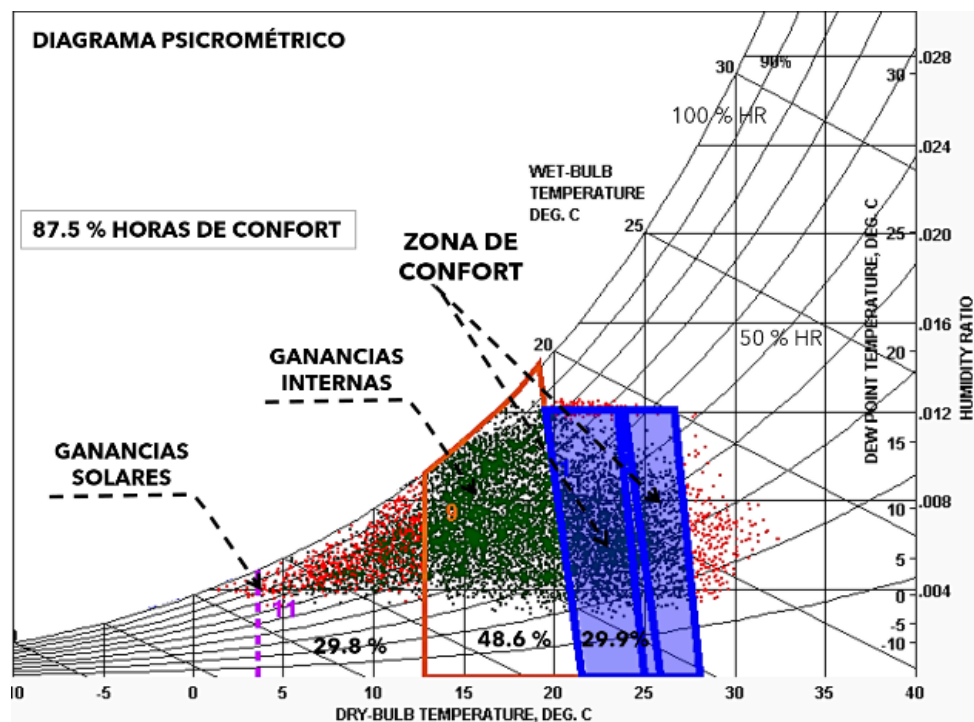


Figura 4. Carta psicrométrica de Givoni. Fuente: Generada en Climate Consultant, modelo de confort ASHRAE 55.

Derivado de la instrumentación con dispositivos HOBOS en la VT Y VR se obtuvieron los resultados térmicos y humedad relativa que se observan en las figuras 5 y 6.

## Desempeño térmico de la VT Y VR

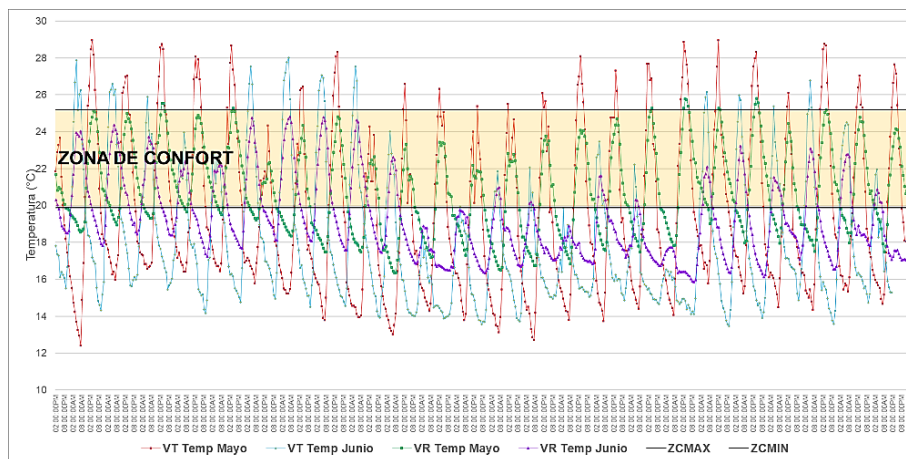


Figura 5. Temperaturas de VT y VR en mayo-junio 2021. Fuente: Elaboración propia con datos de HOBOware.

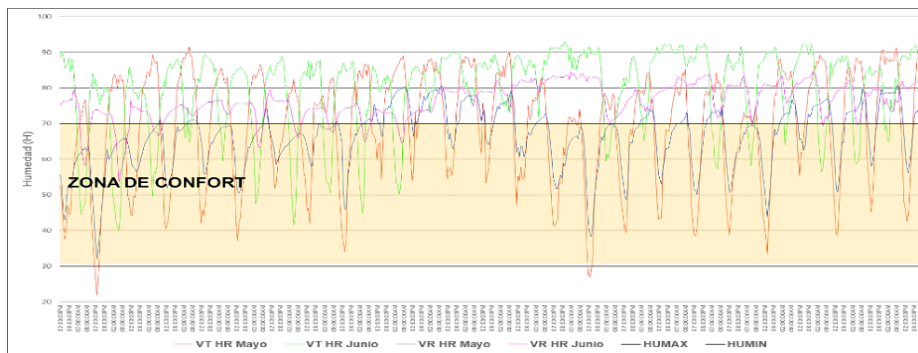


Figura 6. Humedad relativa en VT y VR en mayo-junio 2021. Fuente: Elaboración propia con datos de HOBOware.

La temperatura mínima dentro de la VT es de 12.05°C, con niveles de bajocalentamiento de 72.22 % hrs al mes, alcanzando una temperatura máxima de 28.44°C a las 3:00 pm. Solo el 20.06 % hrs al mes se encuentra en la zona de confort.

En relación con la humedad relativa presente en la VT, se observa que, respecto a la zona de confort (30-70 HR %), el 70.20 % de hrs se encuentra por arriba de esta zona, mientras que la humedad mínima solo se encuentra un 0.51 % hrs.

De acuerdo con los datos de la vivienda de remesas se observa que los niveles térmicos de temperatura y humedad relativa en los dos meses analizados indican que la temperatura mínima alcanzada es de 15.46°C y la máxima de 25.57°C. La temperatura en sobrecalentamiento es del 0.25 % hrs, las temperaturas de bajocalentamiento representan un 66.49 % hrs y dentro de la zona de confort térmico el 33.61 % hrs.

El nivel de humedad relativa con respecto a la zona de confort (30-70 HR %), por arriba de esta representa un 62.99 % hrs y por debajo un 0 % de valor. El 39.98 % hrs al mes se encuentra dentro de la zona de confort.



### Determinación de indicadores de comportamiento térmico

De acuerdo con los niveles de la envolvente de la VT construida con muros de madera de 12 cm de espesor, tiene un amortiguamiento de 75.26 % y un desfase térmico de 8.1 horas. La cubierta a dos vertientes de lámina galvanizada tiene un amortiguamiento de 0.00 % y un desfase térmico de 0.0 horas. Por su parte, la VR construida con un revestimiento de madera y muros de tablaroca con un espesor de 8.27 cm, tiene un amortiguamiento de onda térmica de 1.87 % y un desfase térmico de 0.9 horas al día. Su techumbre construida con sistema estructural de madera, lámina galvanizada, cámara de aire y tablaroca presenta un amortiguamiento de onda térmica de 100 % y un desfase térmico de 2 horas al día.

Se observa en la figura 7, que los muros de la VT, se encuentra la mayor parte del día dentro la zona de confort, con un factor de decremento de 0.18. Al contrario de VR, cuyos muros presentan una oscilación térmica de 12°C y un factor de decremento de 0.90, lo que origina que en la mayor parte del día las temperaturas registradas al interior de la vivienda no se encuentran dentro de la zona de confort.

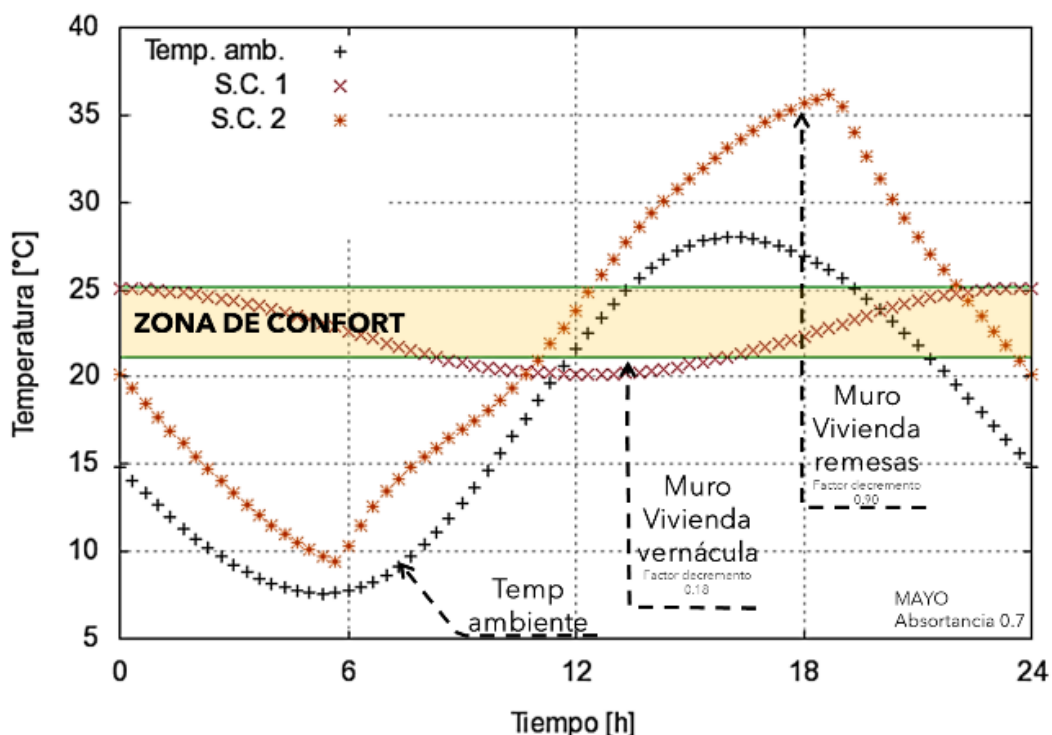


Figura 7. Comparación de la envolvente de la VT y VR. Fuente: simulación generada en Ener Habitat.

De acuerdo con estos resultados, se evidencia que la VT presenta características de bajo calentamiento por debajo de la zona de confort en peores condiciones de la que

presenta la vivienda de remesas, con una diferencia de 5.73 % hrs. Estos datos están influidos por las siguientes razones evaluadas en campo sobre la VT: fachada orientada al oeste, sustitución de cubierta de teja y morillos, por cubierta de lámina galvanizada, falta de mantenimiento, deterioros en juntas de muros en donde se filtra el viento exterior y sustitución de estufa de gas por la de humo, que no propicia ni conduce ganancias internas hacia el interior de la vivienda.

Los resultados indican que la envolvente de madera de la VT es adecuada para el clima de la zona (8.01 h), con un factor de decremento de 0.18 de energía para climatizar. Mientras que la envolvente de madera y tablaroca de la VR remesas posee un factor de decremento de energía para climatizar de 0.90 que corresponden a sus 0.9 h de desfase térmico de los materiales.

Por lo anterior, la vivienda tradicional (VT) presenta mejores niveles de confort, –salvo por la cubierta que modifica el clima interior–, sobre la vivienda de remesas (VR). Entendiendo que, si se le realizan adecuaciones y mantenimiento a la VT tomada como caso de estudio tendría mejores condiciones de confort en su interior.

## **CONCLUSIONES**

La pérdida de sistemas y conocimientos constructivos locales, así como la introducción de nuevos materiales, han modificado las condiciones de confort de la vivienda tradicional respecto del clima semifrío del municipio de San Pablo Tijaltepec. Sin embargo, es importante reconocer que la envolvente, el espesor de muro y el uso correcto del macizo sin la necesidad de vanos es una estrategia adecuada a la zona sin requerir el uso de sistemas artificiales de calefacción.

A medida que se implementen estrategias bioclimáticas adecuadas en las viviendas para su mejora bajo un enfoque de sustentabilidad se favorecería la construcción y/o mejoramiento de viviendas con materiales tradicionales evitando la edificación de casas descontextualizadas del territorio y la comunidad, que además presentan condiciones mínimas de habitabilidad como sucede con las viviendas construidas con fondos de remesas en el caso de estudio tratado.

Finalmente, se reconoce la importancia del uso de herramientas tecnológicas para la evaluación del desempeño térmico de las viviendas, tal como se ha desarrollado en trabajos previos y en los cuales se ha comprobado el buen desempeño térmico de las viviendas tradicionales construidas con materiales naturales locales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILLÓN, J. y ARISTA, G. (2020). Comportamiento térmico de la vivienda rural. Microrregión Huasteca Norte, San Luis Potosí, México: Legado de Arquitectura y Diseño, p. 102-111.
- BRAÑAS, M. y IMAN, A. (2014). Análisis térmico de dos tipos de techos usados en las viviendas rurales amazónicas. *Folia Amazónica*. Vol. 23, No. 2, pp. 105-118.
- CARVAJAL, J. (2020). Evaluación del confort térmico en la vivienda rural existente en Colombia. Bogotá. Tesis en opción al grado en Arquitectura. Universidad La Gran Colombia.
- INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda. [En línea] . Disponible en <https://censo2020.mx/> Visitado: 23 de abril de 2020.
- LARA, R. y RIVERA, R. (2016). Filosofía de la sustentabilidad de la vivienda tradicional: transformando comunidades hacia el desarrollo local. s.l.: EUMED.
- RINCÓN, J. y FREIXANET, V. (2014). Bioclimatic Analysis Tool (BAT): Herramienta automatizada para facilitar los estudios preliminares de un proyecto bioclimático. [ed.] Semana Nacional de Energía Solar. Ciudad de México: Asociación Nacional de Energía Solar. p. 225-232.
- SMN (1976). Servicio Meteorológico Nacional. Normales Climatológicas de la estación 20178 - Villa Chalcatongo, Mixteca de Oaxaca.
- RIVAS, P. (2017). Confort térmico en viviendas vernáculas, técnica de construcción con bahareque en Azoques, Ecuador. Tesis en opción al grado de Maestría en Arquitectura bioclimática, Confort, y Eficiencia Energética. Universidad de Cuenca.
- TAPIA, W. (2017). El confort térmico en las edificaciones de arquitectura vernácula de la ciudad de Loja y Malacatos. Cuenca. Tesis en opción al grado de Maestría en Construcciones. Universidad de Cuenca.
- WIESER, M., RODRÍGUEZ-LARRAÍN, S. y ONNIS, S. (2021). Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú. *Estoa*, Vol. 10, pp. 9-19. ZÁRATE, G. (2018). Memoria del olvido. Vivienda vernácula Ñuu Savi. s.l.: Plaza y Valdés.