LUMEN ET VIRTUS

# Diseño bioclimático para reducir temperatura en casa habitación y disminuir el consumo energético, utilizando la técnica de sombreado

https://doi.org/10.56238/levv15n39-160

**Leodegario Vásquez González**
Docentes del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Veracruz
E-mail: leodegario.vg@veracruz.tecnm.mx

**Rodolfo Alberto Román Montano**
Docentes del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Veracruz
E-mail: rodolfo.rm@veracruz.tecnm.mx

**Hernández Reyes José Antonio**
Docentes del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Veracruz
E-mail: jose.hr@veracruz.tecnm.mx

**José de Jesús Romero Castro**
Docentes del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Veracruz
E-mail: jose.rc@veracruz.tecnm.mx

**Francisco Javier Gómez González**
Docentes del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Veracruz
E-mail: francisco.gg@veracruz.tecnm.mx

**José Ángel Soriano Parra**
Estudiante del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Veracruz
E-mail: m21020040@veracruz.tecnm.mx

## RESUMEN

El sombreado adecuado en techos de casa habitación desempeña un papel fundamental en la regulación térmica del interior de los espacios habitables. Este artículo propone una técnica de sombreado con pallets reciclados aplicables a techos residenciales, con el objetivo de mejorar el confort térmico y reducir el consumo energético en aire acondicionado. Se muestra su eficacia en el contexto climático y de condiciones arquitectónicas del puerto de Veracruz, México. Además, se discuten los beneficios asociados con la implementación de estas técnicas, incluida la reducción de la carga térmica, el ahorro energético y la mejora del bienestar de los ocupantes.

**Palabras clave:** Radiación Solar Directa, Técnicas de Sombreado, Tarimas de Madera, Pallets.

## 1 INTRODUCCIÓN

El municipio de Veracruz de Ignacio de la Llave está ubicado en la zona centro del estado del mismo nombre, en la región conocida como Sotavento (como se muestra en la figura 1), en las coordenadas 19° 12´ 02" N, longitud 096° 08´ 15" W, a una altura de 10 m sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio de La Antigua y el Golfo de México; al sur con los municipios de Medellín y Boca del Río; al este con el Golfo de México y al oeste con los municipios de Manlio Fabio Altamirano y Paso de Ovejas.

Figura 1. Localización del municipio de Veracruz, ver. [7]




El municipio cuenta con un clima tropical cálido, por lo cual el verano es muy caluroso y húmedo [1], lo que afecta directamente el confort térmico dentro de las edificaciones.

El diagrama de la temperatura máxima en Veracruz (representado en la Figura 2), es una representación gráfica que muestra cuántos días al mes alcanzan temperaturas por encima de los 32° C.

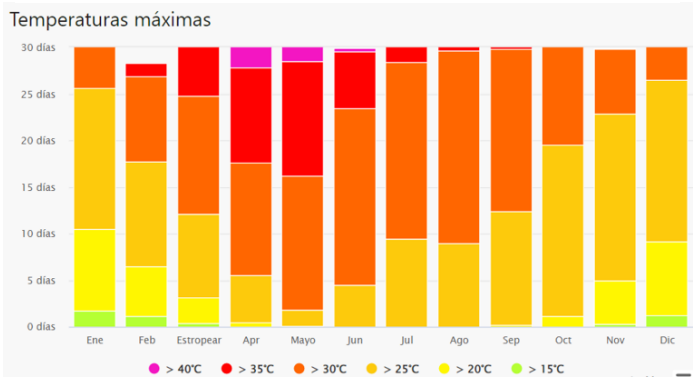
Los detalles clave de la gráfica se describen a continuación:

Eje horizontal: (elevación de temperatura): En la parte inferior del gráfico, se verán los valores de temperatura. Estos están etiquetados en grados Celsius.

Barras de colores: Cada barra representa un mes del año. Las barras están coloreadas para indicar diferentes rangos de temperatura. Aquí está la interpretación de los colores:

- Magenta: Representa temperaturas superiores a 40°C.
- Rojo: Indica temperaturas entre 35°C y 40°C.
- Naranja: Corresponde a temperaturas entre 30°C y 35°C.
- Amarillo claro: Se refiere a temperaturas entre 25°C y 30°C.
- Amarillo oscuro: Representa temperaturas entre 20°C y 25°C.
- Verde: Señala temperaturas por debajo de 15°C.

*Figura 2. El diagrama de temperatura máxima para Veracruz muestra cuántos días al mes alcanzan ciertas temperaturas. . [4]*




Los meses más cálidos, con más días por encima de los 35°C, parecen ser mayo y junio.

Los meses más fríos, con menos días alcanzando temperaturas superiores a los 25°C, son enero y febrero [5].

Para reducir las temperaturas de sensación térmica al interior de las edificaciones es necesario considerar al construir un edificio en esta zona factores como la orientación, la altura de los techos, la colocación de las ventanas, aplicar técnica de sombreado y envolvente térmica [6].

En la construcción de edificaciones en el puerto de Veracruz se han utilizado diferentes técnicas a las tradicionales, como el uso de ladrillo o block de concreto y techos de losas de concreto armado, lo que ha resultado en edificaciones más calurosas y un alto consumo de energía eléctrica requerida para disminuir la temperatura mediante la climatización. Esto impacta negativamente en la economía de las familias al tener que pagar facturas más altas de consumo de energía eléctrica.

La arquitectura bioclimática moderna considera las condiciones climáticas locales para aprovechar las características naturales y lograr un confort térmico que contribuyan al menor consumo de energía [3]. Por ejemplo, se puede tomar en cuenta la dirección de los vientos dominantes en los meses calurosos para orientar la edificación y colocar ventanas que permitan una ventilación natural (en la figura 3 se ve representada la velocidad del viento a lo largo del año).

La grafica de la figura 3 muestra la velocidad del viento en Veracruz durante cada mes del año. Los detalles clave son los siguientes:

Eje vertical (días por mes): En el lado izquierdo del gráfico, verás una escala que muestra la cantidad de días por mes. Esta escala representa cuántos días en un mes específico alcanzan ciertas velocidades de viento.

Eje horizontal (meses): En la parte inferior del gráfico, se encuentran los nombres de los meses, desde enero (Ene) hasta diciembre (Dic).

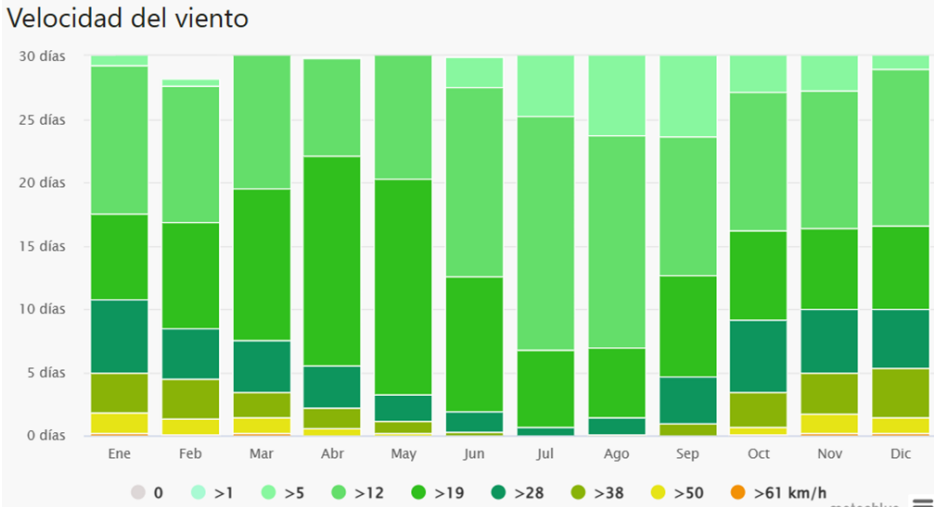
Barras de colores: Cada mes tiene una barra vertical dividida en segmentos coloreados. Estos segmentos representan la cantidad de días con ciertas velocidades de viento. Los colores indican diferentes rangos de velocidad:

- Amarillo: Representa velocidades de viento superiores a 1 km/h.
- Verde claro: Indica velocidades de viento superiores a 5 km/h.
- Verde oscuro: Corresponde a velocidades de viento superiores a 12 km/h.
- Azul claro: Muestra velocidades de viento superiores a 19 km/h.
- Azul oscuro: Representa velocidades de viento superiores a 28 km/h.
- Morado: Indica velocidades de viento superiores a 38 km/h.
- Rojo: Corresponde a velocidades de viento superiores a 50 km/h.
- Magenta: Muestra velocidades de viento superiores a 61 km/h.

En julio y agosto, todas las barras son de color verde oscuro, lo que significa que todos los días del mes el viento supera los 61 km/h. En noviembre y diciembre, hay segmentos amarillos y verdes claros en las barras, lo que indica variedad en las velocidades del viento durante esos meses.

Este gráfico proporciona información valiosa sobre los patrones de viento en Veracruz a lo largo del año.

Figura 3. El diagrama de Veracruz muestra los días por mes, durante los cuales el viento alcanza una cierta velocidad. [4]




Si no se toman en cuenta estas consideraciones, las edificaciones pueden ser muy calurosas y consumir mucha energía eléctrica para la climatización.

Otra forma de mantener temperaturas interiores agradables y disminuir el consumo de energía eléctrica, se puede obtener implementando una envolvente térmica en el diseño de edificaciones para reducir la transferencia de calor por radiación solar directa [2]. La envolvente térmica debe adaptarse a las características climáticas de la zona para ser efectiva.

Tomando en cuenta lo expuesto, en este trabajo se propone el diseño de una envolvente térmica para una casa-habitación ubicada en el puerto de Veracruz, con el objetivo de disminuir la temperatura en el interior de las habitaciones y con un menor consumo de energía alcanzar el confort térmico. Al tomar en cuenta las condiciones climáticas de la zona, se determina la eficiencia energética que se obtiene al aplicar este diseño bioclimático en una edificación nueva de la ciudad de Veracruz, México, y que pueda ser utilizada en otras edificaciones similares.

## 2 MATERIALES Y METODOS

### 2.1 DISEÑO DE ESTUDIO

En este estudio, se presenta un diseño experimental que tiene como objetivo demostrar la efectividad de los pallets como material de envolvente térmica en la reducción de la transferencia de calor en un ambiente controlado. Se utilizó un diseño experimental riguroso para comparar el desempeño térmico de los pallets con otros materiales de envolvente convencionales.

Se construyó un módulo de prueba con material envolvente, utilizando únicamente pallets de madera. Se midió la transferencia de calor a través de la envolvente utilizando una cámara térmica tomando lecturas en diferentes puntos ubicados estratégicamente en el interior y exterior de la envolvente.

En este estudio experimental, se evaluó la efectividad de los pallets como material de envolvente térmica en un ambiente controlado. Se utilizó un diseño experimental riguroso para manipular la variable independiente (el tipo de material de envolvente) y medir la variable dependiente (la transferencia de calor a través de la envolvente).

El objetivo principal del estudio es determinar cuál es el desempeño térmico de los pallets como material de envolvente, y cómo este puede contribuir a la eficiencia energética de los edificios. Además, se espera que los resultados obtenidos sean de utilidad para la toma de decisiones informadas en el diseño de edificios sostenibles y eficientes.

En resumen, este estudio experimental busca aportar nueva evidencia sobre la efectividad de los pallets como material de envolvente térmica, utilizando un enfoque riguroso y sistemático. Los resultados obtenidos pueden tener un impacto significativo en la eficiencia energética y sostenibilidad de los edificios y, por lo tanto, ser relevantes para la industria de la construcción y la sociedad en general.

### 2.2 UBICACIÓN DE LA CASA HABITACIÓN

La casa habitación que se considera en este artículo se encuentra ubicada en las coordenadas 19.208802, -96.176033, más en específico, se encuentra en av. Playa Casitas esquina con Playa Caletilla, en la colonia Playa Linda de la ciudad de Veracruz. Se trata de una casa amplia y luminosa,

construida en un terreno de 190 $m^2$ con espacios verdes y a unos pocos minutos hay una gran laguna.

## 2.3 MATERIALES UTILIZADOS

Envolvente propuesta con pallets.

Un pallet de madera (mostrado en la Figura 4) es un tipo de plataforma plana y rectangular que se utiliza para transportar y almacenar productos. Está compuesto por una base de madera y dos o más listones transversales que actúan como soportes. Los pallets de madera se utilizan ampliamente en la industria para el transporte de cargas pesadas y grandes volúmenes de mercancías.

Figura 4. Envolvente propuesta a utilizar.



La técnica de sombreado propuesta toma como base palets de madera que son desechados en el puerto de Veracruz, los cuales son reconfigurados en dos capas de alfajillas de 10 cm de ancho por 1 metro de largo, separadas por polines de madera de 5 cm x 2.5 cm de madera. La capa superior está conformada por un patrón de alfajilla y un espacio de 5 cm y otra alfajilla, hasta alcanzar una longitud de un metro. La capa inferior complementa a la capa superior de tal manera que las alfajillas se colocan en los espacios existentes en la primera capa, generando un módulo capaz de ofrecer sombra permanente en su base de un metro cuadrado, adicionalmente se colocan tacones de goma de 4 cm de diámetro por 2.5 centímetros de alto para permitir el desagüe de agua de la losa en temporadas de lluvia.

## 2.4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Cámara térmica MSX® FLIR TG165-X.

La cámara térmica FLIR TG165-X es una cámara termográfica de mano diseñada para medir temperaturas sin contacto utilizando tecnología infrarroja. Esta cámara termográfica es capaz de medir la temperatura de superficies en un rango de -25 °C a 380 °C y mostrar los resultados en una pantalla LCD a color. Es muy útil para detectar problemas de sobrecalentamiento en maquinaria, instalaciones eléctricas, sistemas de climatización y en muchas otras aplicaciones. La cámara también tiene una ranura para tarjeta microSD que permite almacenar imágenes térmicas para futuros análisis o informes.

## 3 PROCEDIMIENTOS SEGUIDOS

El diseño bioclimático de un edificio no solo se enfoca en la eficiencia energética y la sostenibilidad, sino también en la innovación y la aplicación práctica de materiales reciclables como los pallets de madera. En el proyecto actual, se utilizó esta materia prima en la envolvente del techo para absorber y mitigar el calor directo, creando así un microclima más confortable dentro de la edificación propuesta. La eficacia de esta técnica se midió con la ayuda de una Cámara térmica, modelo FLIR TG165-X, que proporcionó datos precisos sobre las temperaturas antes y después de la instalación de los Pallets.

Para el diseño se comenzó con una caracterización detallada de la edificación para comprender sus especificaciones y necesidades. La edificación está construida en un terreno rectangular de 10m x 19m orientado este a oeste en su longitud mayor, el área construida es de 110m$^2$ la cual se distribuye en una sala, comedor, cocina, dos recamaras y dos baños completos, la técnica de construcción empleada es del tipo tradicional de la zona como son:

- Ladrillo rojo en paredes con repello con mezcla de arena, cemento y cal.
- Altura de la edificación del piso al techo de 2.6 metros.
- Losa de concreto armado de 0.12 metros de espesor con un área de 11om$^2$
- Orientación de fachada principal al oeste

La figura 5 muestra la edificación del caso de estudio.

Figura 5. Edificación del caso de estudio en Veracruz puerto.



Para llevar un control de la efectividad de la técnica de sombreado se optó por cubrir, usando los pallets, una recamara de la edificación igual al 20% del área. Esto ofrece un escenario adecuado para probar como es uso de pallets de madera contribuye a la reducción de la temperatura al interior de la edificación, teniéndose dos zonas de medición de temperaturas. En la figura 6 se observan los pallets colocados.

Figura 6. Zona experimental con la envolvente de Pallets instalados



## 4 RESULTADOS

Los datos presentados en la tabla 1 proporcionan una evidencia cuantitativa clara de la eficacia del uso de pallets de madera en la envolvente del techo para la mitigación del calor. Durante el periodo de evaluación, que fue del 21 de marzo al 7 de abril, se observó una disminución significativa en la temperatura dentro del área cubierta por los palets en comparación con el área sin envolvente. Las mediciones se realizaron diariamente en un horario fijo de las 14:00 horas. Se muestra que la temperatura ambiente se mantuvo relativamente constante, lo que indica que las variaciones en la temperatura de la envolvente se deben efectivamente a la instalación de los pallets.

La diferencia de temperatura **Δt** indica la diferencia entre la temperatura del techo medida al interior de la edificación dentro del envolvente y sin envolvente que varió entre 7.5°C y 10.4°C, demostrando que los pallets de madera proporcionan una reducción considerable del calor. Este resultado es consistente con los objetivos del diseño bioclimático, que busca no solo la eficiencia energética y la sostenibilidad, sino también la innovación en la aplicación de materiales reciclables.

Tabla 1. Evaluación de la eficacia del diseño bioclimático.

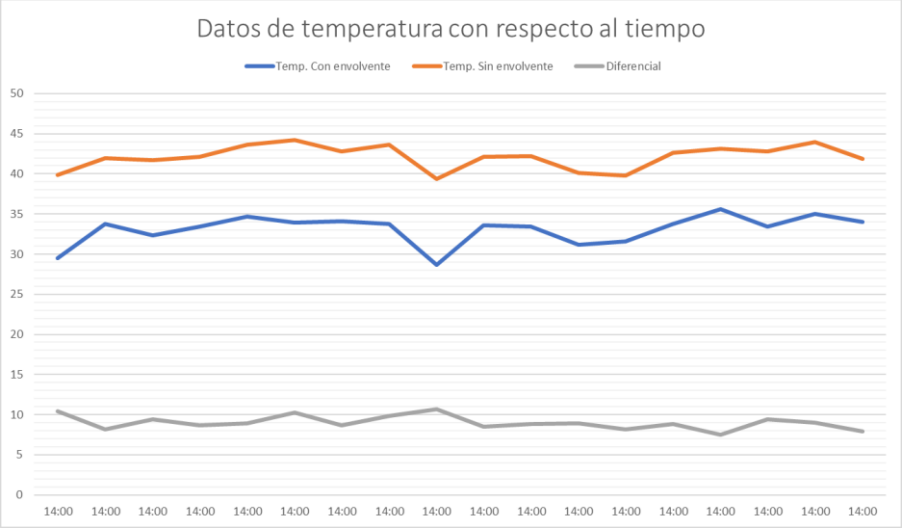
| Fecha | Hora | Temperatura ambiente en ºC | Temperatura en ºC en envolvente | Temperatura en ºC del techo sin envolvente | Δt= Trd-Tenv |
|---|---|---|---|---|---|
| 21 marzo | 14:00 | 30 | 29.5 | 39.9 | 10.4 |
| 22 marzo | 14:00 | 31 | 33.8 | 42 | 8.2 |
| 23 marzo | 14:00 | 31 | 32.3 | 41.7 | 9.4 |
| 24 marzo | 14:00 | 33 | 33.4 | 42.1 | 8.7 |
| 25 marzo | 14:00 | 34 | 34.7 | 43.6 | 8.9 |
| 26 marzo | 14:00 | 33 | 33.9 | 44.2 | 10.3 |
| 27 marzo | 14:00 | 33 | 34.1 | 42.8 | 8.7 |
| 28 marzo | 14:00 | 33 | 33.8 | 43.6 | 9.8 |
| 29 marzo | 14:00 | 29 | 28.7 | 39.4 | 10.7 |
| 30 marzo | 14:00 | 32 | 33.6 | 42.1 | 8.5 |
| 31 marzo | 14:00 | 31 | 33.4 | 42.2 | 8.8 |
| 01 abril | 14:00 | 30 | 31.2 | 40.1 | 8.9 |
| 02 abril | 14:00 | 32 | 31.6 | 39.8 | 8.2 |
| 03 abril | 14:00 | 34 | 33.8 | 42.6 | 8.8 |
| 04 abril | 14:00 | 35 | 35.6 | 43.1 | 7.5 |
| 05 abril | 14:00 | 34 | 33.4 | 42.8 | 9.4 |
| 06 abril | 14:00 | 32 | 35 | 44 | 9 |
| 07 abril | 14:00 | 31 | 34 | 41.9 | 7.9 |

Estos resultados respaldan la metodología experimental utilizada, mencionando los beneficios tangibles de incorporar materiales no convencionales en el diseño bioclimático. La implementación de esta técnica no solo contribuye a la creación de un microclima más confortable dentro de la edificación, sino que también destaca el compromiso del proyecto con la innovación técnica y la responsabilidad ambiental, manteniendo al mismo tiempo la viabilidad económica del diseño.

La grafica de la figura 7 ilustra la comparación de las temperaturas a lo largo del tiempo, con y sin la envolvente de pallets de madera, así como la diferencia de temperatura resultante. Basándonos en los datos de la tabla 1, la gráfica muestra como la envolvente tiene un impacto significativo en la reducción de la temperatura superficial.

La línea que representa la temperatura con envolvente muestra consistentemente valores más bajos en comparación con la línea de la temperatura del techo sin envolvente, lo que indica una disminución efectiva del calor debido a la instalación de los pallets. El diferencial de temperatura, representado por la distancia entre estas dos líneas, varía entre 7.5°C y 10.4°C, lo que confirma la eficacia de la envolvente en la creación de un microclima más confortable.

Figura 7. Evaluación de la eficacia del diseño bioclimático




Estos resultados son una representación gráfica de los datos cuantitativos obtenidos de la tabla 1, y refuerzan la conclusión de que el diseño bioclimático implementado en la experimentación puede contribuir significativamente a la sostenibilidad y eficiencia energética del edificio propuesto. La gráfica no solo valida la metodología experimental, sino que también destaca la importancia de la innovación y el uso de materiales reciclables en la arquitectura sostenible.

## 5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La investigación presentada demuestra la viabilidad del uso de pallets de madera en el diseño bioclimático para disminuir el calor en edificaciones. Los resultados obtenidos indican una reducción significativa de la temperatura del techo, lo que se traduce que en la edificación se tendría un ambiente interior más confortable y una disminución en la demanda de energía para aire acondicionado.

La disminución de la temperatura entre 7.5°C y 10.4°C, observada en la envolvente en comparación con el techo sin envolvente, no solo respalda la hipótesis inicial de que los materiales reciclables pueden contribuir significativamente a la sostenibilidad de los edificios, sino que también abre caminos para futuras investigaciones sobre materiales alternativos y técnicas de construcción sostenible.

Para cerrar, este estudio destaca la importancia de integrar prácticas de diseño bioclimático en la arquitectura contemporánea. Además, destaca la necesidad de continuar explorando materiales reciclables y técnicas innovadoras que no solo mejoren la eficiencia energética de las edificaciones, sino que también promuevan la responsabilidad ambiental y la viabilidad económica en el ámbito de la construcción.

En última estancia se está evaluando el impacto económico en la facturación de energía eléctrica y su relación cotos-beneficio que se publicara en los meses siguientes.

## REFERENCIAS


Conagua. (s.f.). Gobierno de México. Obtenido de https://smn.conagua.gob.mx/es/alertamientos/105.html

Geographic, R. N. (21 de Abril de 2022). NationalGeographic. Obtenido de https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/03/ahorro-de-energia-7-consejos-para-disminuir-el-consumo-en-casa

Giovino, L., & Dellicompagni, P. (2023). Desempeño higrotérmico de una vivienda de Qincha en alta montaña andina durante eventos climáticos y modificación de su envolvente. 11.

meteoblue. (s.f.). meteoblue. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/veracruz_m%c3%a9xico_3514783

WINDFINDER. (Noviembre de 2016). Windfinder. Obtenido de https://es.windfinder.com/windstatistics/veracruz_puerto

Castillo Garcia, E., & Béltran López, F. (2015). Diseño bioclimatico y arquitectura sostenible. Universidad de granada.

https://es.123rf.com/photo_117797973_mapa-de-vectores-administrativo-y-pol%C3%ADtico-de-veracruz-m%C3%A9xico.html