

Estrategias de climatización pasivas y semi-pasivas para viviendas en clima cálido-húmedo.

Ignacio Alejandro Guzmán-Hernández^a, Fidel Franco González^b, Joan Lluís Zamora i Mestre^a

^aDepartamento de tecnología en la arquitectura, ETSAB, UPC; ^bDepartamento de física, ETSAB, UPC
ignacio.alejandroguzman@upc.edu

La presente investigación se centra en tratar de resolver problemas relacionados con el confort higrotérmico para viviendas en clima cálido-húmedo, tratando de implementar sistemas pasivos y/o semi-pasivos de climatización y deshumidificación del ambiente. Se proponen una serie de estrategias sugeridas por la bibliografía revisada y se evalúa su desempeño empleando software de simulación y modelos matemáticos detallados.

Palabras clave: sistemas pasivos, deshumidificación, confort higrotérmico, vivienda social, cálido-húmedo

1. Introducción

A pesar de que el confort higrotérmico es uno de los temas más estudiados en la arquitectura, existen algunas deficiencias en específico en climas cálido-húmedos, donde existe cierto vacío de estrategias de climatización pasivas o de bajo consumo energético. Se calcula que entre un 20% y un 40% de la energía consumida en los hogares es para sistemas de refrigeración, calefacción, deshumidificación o ventilación mecánica [1].

El tema del confort en espacios interiores es de vital importancia, ya que en la actualidad los humanos pasamos alrededor del 80% de nuestros días en espacios interiores [2] y hasta un 65% en nuestras viviendas [3]. Y no solamente es importante para nuestra comodidad, el confort higrotérmico tiene consecuencias en nuestra calidad de vida [4] y en nuestra motivación y capacidad de producción [5], siendo la combinación de altas temperaturas y alta humedad las peores para dichas capacidades.

Existen también otros problemas que son ocasionados por los altos niveles de humedad en el ambiente, como por ejemplo de salud. Se ha demostrado que a niveles superiores del 70% de humedad relativa en el interior de las edificaciones, prolifera la reproducción en microorganismos, como ácaros, hongos, protozoarios y algunas bacterias y virus [6], aumentando el riesgo de contraer o empeorar enfermedades respiratorias, tales como el asma [7]. Tan solo en Europa, se calcula que cada año mueren alrededor de 186 personas al año, a causa de enfermedades relacionadas con los altos niveles de humedad en el interior de las viviendas [8]

2. Caso de estudio

Se utiliza una vivienda social “tipo” en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en el sureste de México, como caso de estudio.



Figura 1. Ubicación geográfica de Villahermosa, Tabasco

La temperatura promedio es de 25.3°C, con máximas promedio entre 35 y 40°C y mínimas promedio entre 21.5 y 19°C. La humedad relativa anual es de 81%, con máximas mensuales de 86% y mínimas de 70%. La velocidad del viento promedio es baja, al no estar cerca de la costa, con un valor promedio de 2.75 m/s. Las lluvias son abundantes durante todo el año, aunque se acentúan en los meses de septiembre y octubre. Las precipitaciones anuales son de 1960 mm.

3. Metodología

Se modela la vivienda dúplex dentro del software y se ajustan los valores y materiales tal cual se han construido las viviendas, al igual que la configuración de los usuarios de la vivienda.

Se divide la metodología en dos partes, la primera empleando modelos de simulación con el software Designbuilder, primero utilizando los parámetros de la vivienda actual, fungiendo como modelo base de simulación (MBS), y posteriormente modificando algunas variantes sugeridas por una revisión de la bibliografía, siendo seleccionadas:

Tabla 1. Estrategias pasivas seleccionadas

Código	Estrategia	Variación
Sim.01	Altura de cubiertas	Intervalos de 10cm hasta los 50cm
Sim.02	Falso plafón	30-50-70cm
Sim.03	Aislante térmico	PB, PA, PB+PA
Sim.04	Protección solar	Alerones y voladizos 25,50,75 y 100cm
Sim.05	Proporción ventanas	2:2, 1:3 y 3:1
Sim.06	Temporalidad	24h, cerrado, diurna y nocturna
Sim.07	Ventilación cruzada	Aberturas de 40cm sobre las puertas

Se crean simulaciones diarias, mensuales y anuales de la vivienda variando las diversas estrategias, posteriormente los resultados se comparan con el MBS y se analizan las mejoras porcentuales del confort higrotérmico. Se seleccionan las mejores variaciones y se genera un nuevo modelo de simulación base (NMB), sobre el que se generan las estrategias de la segunda etapa de la metodología.

Dicha segunda parte de la metodología involucra la creación de modelos matemáticos que simulan 3 estrategias semi-pasivas de deshumidificación (Paneles de gel de sílice, geotermia somera y presurización).

Se utiliza la eficiencia reportada en la bibliografía del gel de sílice, que es 35.5% de su peso en agua, con una saturación total alcanzada entre 6 y 12 horas, a una temperatura de 27 grados centígrados.

Para la geotermia somera se calcula primero la temperatura del subsuelo para el caso de estudio a diferentes profundidades, entre 10cm y 1 metro. Posteriormente se calcula la extensión y diámetros recomendados para un correcto intercambio de temperatura entre el terreno y el aire de la vivienda. Por último, se hacen cálculos anuales y de promedios de temperatura y humedad relativa para todas las habitaciones.

En el sistema de presurización se propone una humedad relativa deseada por habitación, y con la misma tubería de la geotermia somera, se obtiene una humedad absoluta en gramos a eliminar por hora, y se divide en el número de pulsaciones que se espera generar en el sistema. Posteriormente se realiza el cálculo de presión requerida para dicho trabajo con las dimensiones establecidas de un tanque presurizador.

4. Resultados

Se presentan a continuación los resultados de la investigación, dividido en los dos apartados de la metodología:

a. Simulaciones (primera etapa) i. Sim.01 – Altura de cubiertas

Se analiza el comportamiento de los 5 modelos y sus valores de temperatura, humedad relativa y humedad absoluta; posteriormente se contrastan con los valores del MBS. El mejor comportamiento en cuanto al confort higrotérmico se encuentra con 50cm de incremento de la altura de las cubiertas, con temperaturas rebajadas en promedio 1.60% y la humedad relativa un 4.40%, como se observa en la fig. 2.

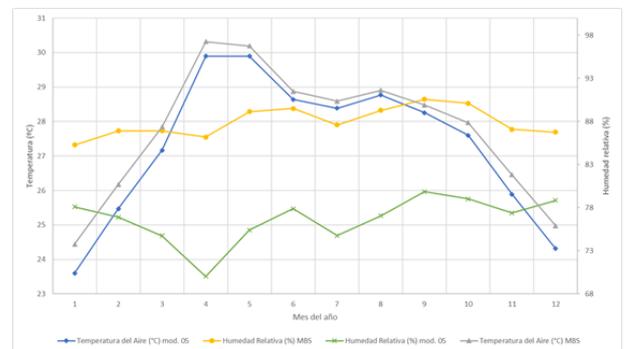


Figura 2. Gráfica simulación sim.01

ii. Sim.02 – Falso plafón

Se contrastan los 3 modelos variando las dimensiones del colchón de aire y se compara con el MBS. Como se ve en la fig. 3, existe poca diferencia entre los modelos simulados, pero si gran mejoría en comparación con el MBS, por lo que se elige el modelo de 0.25cm de colchón de aire, con una temperatura descendida de 4.8% y un 8.8% de la humedad relativa.

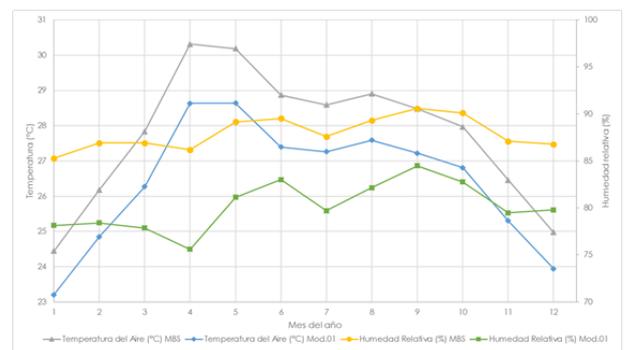


Figura 3. Gráfica simulación sim.02

iii. Sim.03 – Aislante térmico

Se analizan los 3 modelos diferentes de aplicación de aislante térmico en muros y techos de la vivienda, los de mejor funcionamiento son con aislamiento en planta alta y obviamente con aislamiento en toda la vivienda, como se muestra en la figura 4.

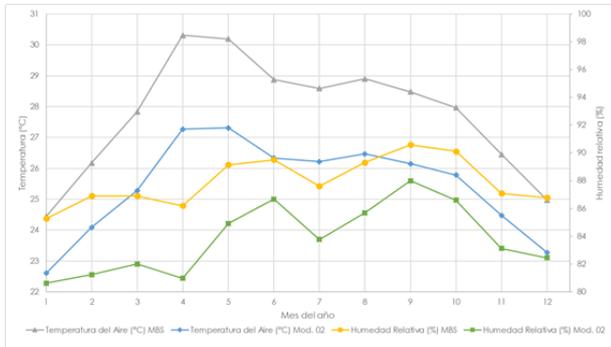


Figura 4. Gráfica simulación sim.03

iv. Sim.04 – Protección solar

Se compara el MBS con 3 modelos variando las dimensiones de alerones y voladizos en la fachada de mayor incidencia solar (fachada sur), con mejoras en de la humedad relativa y ligera mejoría de temperatura con el modelo de 1 metro de salientes.

v. Sim.05 – Proporción de ventanas

Se modifican las proporciones de las ventanas de barlovento y sotavento para enfatizar efectos de ventilación en el interior de la vivienda (Fig. 5). Los resultados de temperatura y humedad no muestran ninguna mejoría con respecto al MBS, sin embargo, se mejora la tasa de ventilación con el modelo de proporciones 1:3.

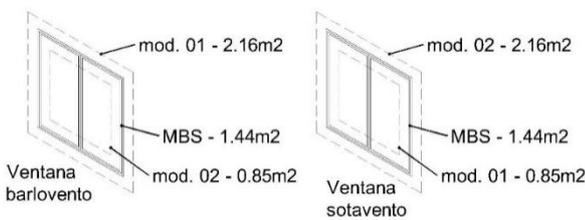


Figura 5. Dimensiones y proporciones de ventanas analizadas

vi. Sim.06 - Temporalidad

Los 4 modelos de temporalidad de la ventilación que se comparan son: Ventilación constante (MBS), ventilación cerrada, ventilación nocturna y ventilación diurna. Los mejores resultados se observan con la ventilación constante y la ventilación nocturna, esta última con una disminución semanal del 2.24% de la

temperatura y un 19% de la humedad relativa (Fig. 6), además de que se puede combinar de manera eficiente con los sistemas de deshumidificación.

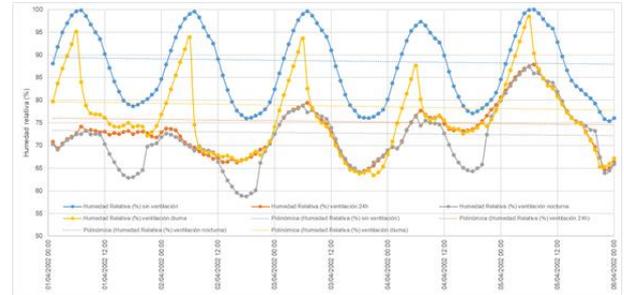


Figura 6. Gráfica simulación 06

vii. Sim.07 – Ventilación cruzada

Se analiza el comportamiento simulado de colocar aberturas de 40cm sobre las puertas de la planta alta, tratando de favorecer la ventilación cruzada, y combinándola con diferentes proporciones de ventanas de la sim.05. Se observa una disminución del 1.75% de la temperatura anual promedio y un 13.5% de la humedad relativa promedio, cuando se combina con una proporción de las ventanas 1:3.

b. Modelos matemáticos (segunda etapa)

i. Paneles gel de sílice

Se realiza utilizando la eficiencia reportada del gel de sílice para temperaturas similares a la del caso de estudio, es decir un 35.5% de su peso en agua. Se hacen modelos utilizando paneles con 1kg de gel de sílice y regenerándolos y replazándolos en diferentes rangos de tiempo: 6 horas, 12 horas y 24 horas. En la Fig. 7 se marca en una franja azul los límites de confort de humedad y en franjas naranjas los rangos de horario de uso de una habitación como ejemplo.

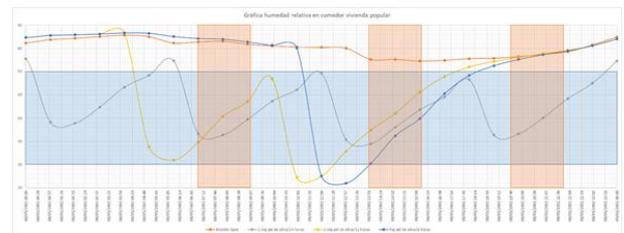


Figura 7. Gráfica paneles de gel de sílice en comedor

Se observa mejoría en la humedad relativa entre un 8% y un 11% diario empleando los diferentes modelos.

i. Geotermia somera

Se analizan diferentes profundidades de implementación del sistema, con la finalidad de

encontrar un estrato que favorezca un mayor intercambio térmico en la época más húmeda y calurosa en la superficie del caso de estudio, siendo esta la profundidad de 90 cm. Posteriormente se calcula el diámetro y extensión ideal para dicho intercambio, resultando en 7.5cm y 135 metros respectivamente. El caudal resultante es de 12.72 m³/h, que equivale aproximadamente al 50% de cada una de las habitaciones de la vivienda, por lo cual se debe de utilizar solamente en la habitación que se esté utilizando en el momento. Como se observa en las Fig. 8 y 9, la humedad relativa promedio se ve disminuida en un 4%, aunque en momentos puntuales se reduce hasta un 17.5%.

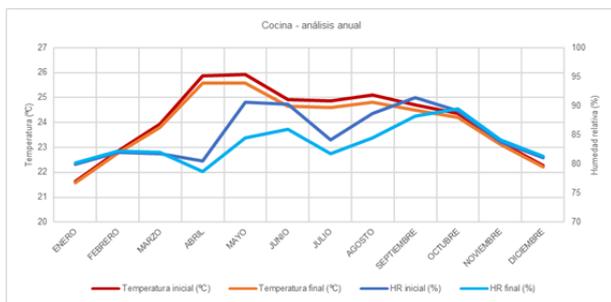


Figura 8. Gráfica promedio anual geotermia somera

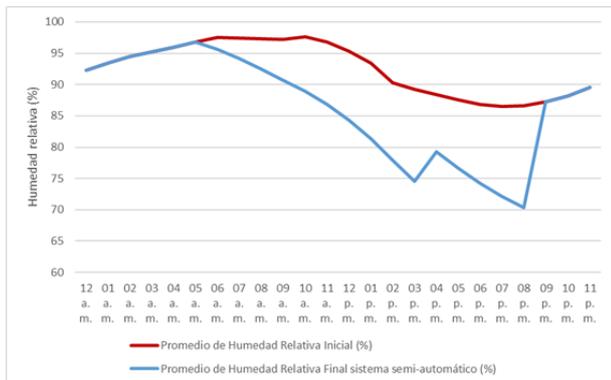


Figura 9. Gráfica diaria geotermia somera

i. Presurización deshumidificante

Se realiza un modelo en el que se implementa un sistema de presurización de 1.1 atm a la tubería del sistema de geotermia somera, y se calculan 10 y 20 pulsaciones de presurización, con lo que se calcula la humedad absoluta que se puede condensar con el sistema y se deduce posteriormente la humedad relativa resultante de las habitaciones, logrando reducirla en un 6% y un 10.3% respectivamente en una habitación de la vivienda.

5. Conclusiones

Como se esperaba, se ha demostrado con todos los apartados de simulación y cálculo, que ninguna estrategia por sí sola puede servir para crear niveles de

confort en temperatura y humedad, sin embargo se destacan algunas de ellas con efectividades parciales, que ayudan a acercarse a dichos niveles, por lo que se podría combinar varias de ellas, las cuales podrán ser elegidas dependiendo de las condiciones exteriores. Se mencionan algunas a continuación:

- Incremento de las cubiertas de la vivienda de 50cm.
- Colocación de un falso plafon de por lo menos 30cm de colchón de aire.
- Implementación de aislante térmico en la planta alta.
- Modificación de la proporción de las ventanas a un modelo 3:1.
- Protección solar de por lo menos 30cm, en forma de aleros y voladizos en ventanas fachada sur.
- Favorecer la ventilación constante, o la ventilación nocturna, dependiendo de las condiciones exteriores, o para implementar sistemas de deshumidificación durante el día.
- Favorecer la ventilación cruzada para descender niveles de humedad relativa.
- Implementación de geotermia somera para deshumidificación en las temporadas del año con mayores temperaturas y/o humedad relativa, utilización durante el día.
- Implementación de paneles desecantes con gel de sílice en habitaciones de la planta alta, durante periodos de 6 horas, operadas de acuerdo a las necesidades y uso de las habitaciones.
- Implementación de sistema de deshumidificación por presión del aire durante los momentos críticos de temperatura y humedad.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT-México) por el apoyo económico recibido para la investigación que se presenta, al igual que a la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) por permitirme ser parte de esta actividad y ayudar a difundir investigaciones y estudios.

Referencias

[1] CEPAL, *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México*, 2018. 2018.
 [2] Manzano-Agugliaro, F., et al., *Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort*. 2015. 49: p. 736-755.
 [3] Nelson, W.C., W. Ott, and J.P. Robinson, *National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): Use of*

- nationwide activity data for human exposure assessment*. 1994, Maryland Univ., College Park, MD (United States). Survey Research Center.
- [4] Choi, J.-H., et al., *Post-occupancy evaluation of 20 office buildings as basis for future IEQ standards and guidelines*. 2012. **46**: p. 167-175.
- [5] Cui, W., et al., *Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance*. 2013. **68**: p. 114-122.
- [6] Arundel, A.V., et al., *Indirect health effects of relative humidity in indoor environments*. Environmental health perspectives, 1986. **65**: p. 351-361.
- [7] Andersen, I. and J. Korsgaard, *Asthma and the indoor environment: assessment of the health implications of high indoor air humidity*. Environment International, 1986. **12**(1-4): p. 121-127.
- [8] Braubach, M., D.E. Jacobs, and D. Ormandy, *Environmental burden of disease associated with inadequate housing*. World Health Organization, 2011.