

# ENFRIAMIENTO PASIVO EN CASAS HABITACIÓN DEL ESTADO DE GUANAJUATO IMPLEMENTANDO TORRES CAPTADORAS DE VIENTO

Capetillo González Juan Roberto (1), Luviano Ortiz José Luis (2)

1 [Licenciatura en ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [j.robertocapetillo@outlook.com]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [luis.luviano@ugto.mx]

## Resumen

El reciente incremento en la densidad de población ha causado una reducción en el tamaño de los hogares, así como un aglomeramiento de las edificaciones, afectando de este modo el flujo de aire necesario para tener un confort térmico adecuado. Por esto, el ser humano ha recurrido a la ventilación mecánica, de forma que mantiene unas condiciones agradables dentro de las edificaciones. Esta estrategia es útil, pero al usar electricidad, incrementa el uso de combustibles fósiles, dañando el ambiente y además afectando la economía del individuo. Por esto, en el presente trabajo se realizó una simulación Fluido-Dinámica Computacional, CFD, para conocer y analizar el comportamiento del aire dentro una casa habitación. Finalmente, con esta información se propuso una estrategia de enfriamiento pasivo que involucró el diseño de captadores de viento y distribuidores dentro de una casa, de modo que se mantuvieran las condiciones adecuadas para el confort térmico sin afectar al medio ambiente y de manera económica.

## Abstract

The actual increase in the population density has caused a reduction in the size of households, as well as a crowding of buildings, affecting therefore the air flow required for an appropriate thermal comfort. Due to this, humans have appealed to mechanical ventilation, in such way that maintains likable conditions inside the buildings. This strategy is useful, but this require the use of electricity, increasing the utilization of fossil fuels, harming the environment and also affecting the individual's economy. For this reason, in this work a Computational Fluid Dynamics, CFD analysis was performed, in order to know and analyze the flow behavior inside the house. Finally, with this information it was proposed a passive cooling strategy that involved the design of air collectors and distributors inside the house, so that the suitable conditions were maintained for the thermal comfort without affecting the environment and in one economic way.

## Palabras Clave

Ventilación natural; Arquitectura; Sostenibilidad; Confort térmico; Energía renovable

## INTRODUCCIÓN

El enfriamiento pasivo es una gama de técnicas que consisten en adecuar las condiciones térmicas de los ambientes internos de las edificaciones de una manera natural, de modo que no se depende de fuentes externas de energía. Dentro de las estrategias de enfriamiento pasivo se encuentra la ventilación natural.

La ventilación natural es una de las técnicas más utilizadas para dichos fines. Ésta se concentra en el flujo de aire que entra a un recinto, todo con la finalidad de remover el aire que se encuentra adentro y así absorber el exceso de calor que se requiere, además de disipar malos olores provenientes del interior.

Con la finalidad de mejorar el confort térmico en las casas en Guanajuato en este proyecto se propone un diseño de captadores y distribuidores de aire para una casa típica comercial de dicho estado. Es necesario conocer las condiciones ambientales de la región y ver cómo afectan al desempeño de la técnica que se propone, para el diseño mencionado.

En años recientes, los análisis Fluido-Dinámicos computacionales, CFD, se han usado para estudiar el aire dentro y alrededor de los edificios [1] y [2], en base a lo anterior en este trabajo se decidió usar un análisis CFD, con una configuración de captadores y distribuidores en la casa, de modo que, permitió observar la dinámica del flujo, asimismo, estos resultados exploratorios brindan información importante, como las velocidades y presiones que se manejan al interior de la casa, para un adecuado diseño del sistema.

### Descripción del problema

Actualmente, el incremento en la densidad de población ha ido reduciendo cada vez más el tamaño de las casas, afectando así la correcta ventilación natural de éstas. Debido a esta falta de espacio que impide la circulación del flujo al

interior de las viviendas y genera la recirculación del fluido, las temperaturas al interior de las mismas suelen ser mayores y, por tanto, no son favorables para un buen confort. En base a lo anterior, las personas han combatido este problema mediante el uso de ventilación mecánica, pero el uso de ésta requiere generalmente del suministro de energía eléctrica al equipo, la cual a su vez normalmente se obtiene a través de fuentes dependientes de combustibles fósiles. Esto es un problema en la actualidad que requiere de una solución urgente, ya que son fuentes de energía no-renovables y además la quema de estas sustancias es altamente contaminante, perjudicando al ambiente y contribuyendo al efecto invernadero.

Para resolver el problema planteado anteriormente, en este proyecto se propone enfriar las edificaciones por medio de la implementación de captadores de viento. Al ser una técnica de enfriamiento pasivo, su operación no demanda una fuente de energía, lo que además trae consigo un beneficio económico al usuario.

La forma en que se desarrolló este estudio fue, primeramente, la creación de un modelo CAD bidimensional de un corte representativo de la casa en cuestión, en la IMAGEN 1 se muestra un diagrama esquemático de este corte.

En la IMAGEN 1 se muestra además que en la casa se implementó un captador en la parte superior ya que en esta ubicación es donde puede obtenerse un mayor flujo de aire proveniente de la atmósfera.

La torre captadora de viento (parte superior izquierda de la IMAGEN 1) tiene una abertura de 0.5 m, mientras que el ancho a lo largo del canal a través del cual se conduce el fluido es de 0.4 m, por otra parte, la torre de salida (parte superior derecha) tiene una abertura de 0.7 m. De manera global, la casa tiene un largo de 17 m y una altura de 6.7 m. Aunado a lo anterior, en la parte superior izquierda junto al techo se localiza una ventana que permite la entrada o salida del fluido al interior de la casa.

Para conseguir una mejor distribución del flujo que ingresa a la casa habitación se propuso implementar cuatro distribuidores al interior de la misma, dos de los cuales se localizan en la pared izquierda de la casa mientras que los restantes dos están colocados en la parte inferior de la misma. Los distribuidores de aire localizados en la pared izquierda, 1 y 2 tienen una abertura de 0.10 m, 0.12 m, mientras que los localizados en la parte inferior, 3 y 4 tienen una abertura de 0.13 m y 0.15 m, respectivamente y estas dimensiones fueron tomadas arbitrariamente.

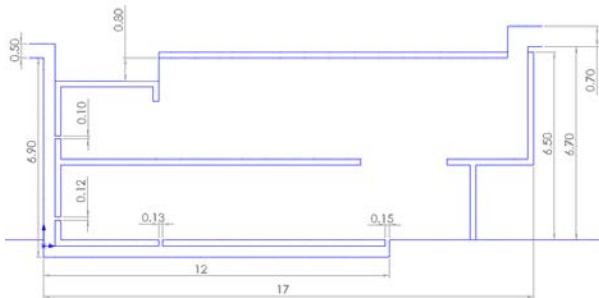


IMAGEN 1: Diagrama esquemático de corte longitudinal de la casa. Dimensiones en metros.

Cabe señalar que la abertura de la torre de salida es mayor que la de la torre captadora, esto se realizó con la finalidad de permitir al fluido salir de la casa con una presión ligeramente más alta favoreciendo de esta manera la salida del fluido.

Una vez que se definieron los parámetros geométricos y se dibujó la casa en un paquete sofisticado de CAD, se procedió a hacer el mallado del fluido. Para este mallado se colocó la casa habitación dentro de una región de fluido suficientemente grande, esto para tener una región a través de la cual se desarrolla el fluido ambiental antes de ingresar a la casa y la otra región sobre la cual fluye el fluido una vez que éste abandona la casa. En la IMAGEN 2 se muestra la parte del mallado correspondiente al interior de la casa; cabe señalar que el mallado considera una malla más fina en las regiones de interés, esto es, los captadores y los distribuidores de flujo, ya que en estas regiones el fluido cambia de dirección

abruptamente y este hecho puede ocasionar un mayor error en la solución.

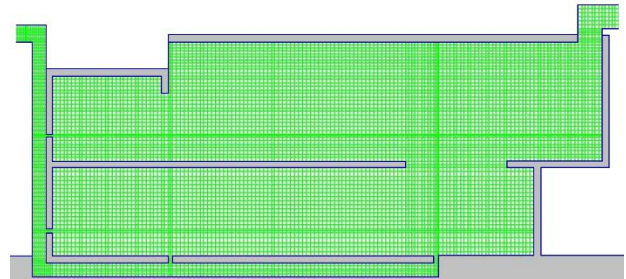


IMAGEN 2: Mallado del fluido al interior de la casa.

Como se muestra en la IMAGEN 2, el mallado se formó con celdas cuadriláteras y contó con 20,359 nodos.

Una vez que se tuvo el mallado, éste se exportó a un software especializado de CFD donde se establecieron las condiciones iniciales, de frontera, así como el método numérico para resolver las ecuaciones gobernantes.

Puesto que en este proyecto el interés principal está en conocer la dinámica del fluido al interior de una casa habitación, entonces se tiene que las ecuaciones gobernantes que rigen este modelo son las ecuaciones de continuidad y conservación de momento.

La ecuación de continuidad para estado estacionario, flujo incompresible y bidimensional se muestra en la Ec. (1).

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

De igual forma, las Ecs. (2) y (3) corresponden a las ecuaciones de conservación de momento para un estado estacionario, flujo incompresible y turbulento en las direcciones  $x$  y  $y$  respectivamente.

$$\rho \left( \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \mu \nabla^2 \bar{u} - \rho \left( \frac{\partial \overline{u'^2}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$\rho \left( \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) = \rho g_y - \frac{\partial \bar{p}}{\partial y} + \mu \nabla^2 \bar{v} - \rho \left( \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{v'^2}}{\partial y} \right) \quad (3)$$

Para este análisis se consideró una velocidad uniforme del viento de 4.4 m/s [4], ésta es la velocidad promedio obtenida de las mediciones de velocidad diarias de 43 estaciones meteorológicas a lo largo del estado y durante el periodo 2013 – 2015. En la IMAGEN 3 se observan las condiciones de frontera establecidas para este caso, las propiedades del fluido se consideraron a 300 K.

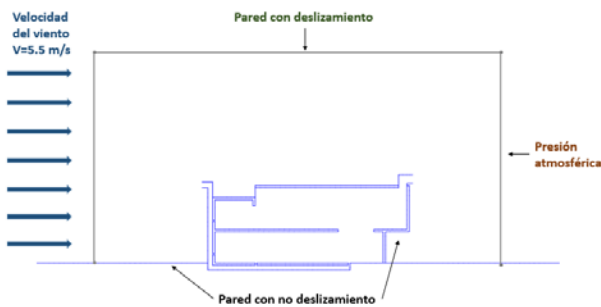


IMAGEN 3: Condiciones de frontera.

En la IMAGEN 3 se puede apreciar que la línea superior horizontal tiene una condición de frontera de deslizamiento, esto es debido a que se considera que por encima de esta región también habría aire y por ende se considera que la velocidad es la misma que la región de entrada, por lo que no hay razón para que el fluido sea frenado. Por otro lado, tanto en el suelo, como en las paredes de la casa, se utilizó una condición de frontera de no-deslizamiento.

El modelo de turbulencia empleado en este estudio fue el  $k-\omega$ , debido a que tiene una mayor precisión para los casos en que el fluido que interactúa con las paredes es de interés.

Por último, el criterio de convergencia que se estableció en este proyecto fue de  $1 \times 10^{-5}$  para las Ecs. (1-3).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis mostraron un movimiento del fluido muy similar al esperado, aunque, por otro lado, también se detectó que en la planta alta (principalmente en la región central) se tenía un vórtice de tamaño considerable con velocidades extremadamente bajas, lo que indicó claramente una zona de estancamiento; esto por lo tanto no favorecía al enfriamiento debido a que generalmente la planta alta de las casas suele ser la región de mayor temperatura y al haber estancamiento de fluido esta región por ende no sería enfriada. Debido a lo anterior, se realizó una modificación adicional a la casa, la cual consistió en una abertura en la parte superior como se muestra en la IMAGEN 4. Esto permitió por lo tanto que el fluido fluyera sobre el techo y a su vez saliera de la casa con una velocidad más elevada, lo cual fue favorable para el enfriamiento pasivo.

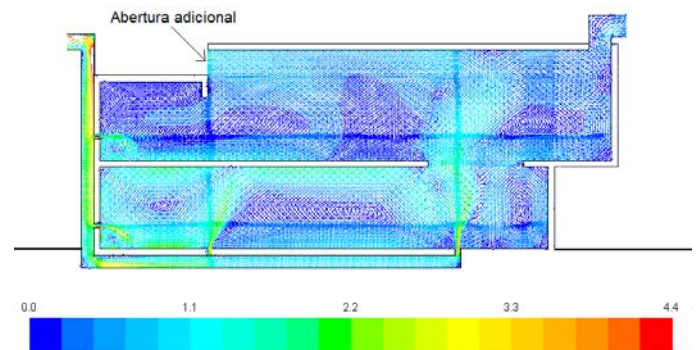


IMAGEN 4: Mapa de vectores velocidad.

En la IMAGEN 4 se muestra el mapa de vectores velocidad del aire al interior de la casa, en esta imagen se puede apreciar que la implementación de captadores de viento permite una mayor circulación de fluido al interior de la misma, lo cual favorece para tener un mejor confort.

Finalmente, a fin de tener resultado confiables en la ecuación de continuidad, se calculó la variación de los flujos máxicos a la entrada del captador de viento con respecto a la torre de salida y la ventana del techo, obteniéndose un error entre los flujos máxicos de entrada y salida del 4.16%, considerándose un valor aceptable para el análisis. Aunado a esto, se calcularon los números de Mach para la entrada del captador, la torre de salida y la abertura adicional, los cuales resultaron de 0.0078, 0.0007 y 0.0031, respectivamente, por lo que se tiene un flujo incompresible.

## CONCLUSIONES

Estos resultados exploratorios brindan información importante sobre el comportamiento del fluido en este tipo de sistemas, lo cual es de gran ayuda para el diseño de nuevas configuraciones ya que pueden cambiarse distintos parámetros, como el número de captadores, dimensiones, número de distribuidores, localización o, como fue el caso de este trabajo, el número de salidas. Lo anterior permitirá obtener diseños más optimizados, incluso para usarse en regiones con velocidades de viento relativamente bajas.

## AGRADECIMIENTOS

A la coordinación de Jóvenes investigadores por la oportunidad de participar en este concurso que me ha brindado la oportunidad de obtener experiencia en el área de la investigación científica.

Al Dr. José Luis Luviano Ortiz, por abrirme las puertas para participar en el grupo de investigación, por compartirme sus conocimientos, por el gran apoyo y la confianza.

Del mismo modo, quiero agradecer a mis compañeros del grupo de investigación coordinado por el Dr. Abel Hernández Guerrero y el Dr. José Luis Luviano Ortiz, por su tiempo y apoyo.

## REFERENCIAS

- [1] Aflaki A., Mahyuddin N., Mahmoud Z. A. & Baharum M. R. (2015). A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and Buildings* 101 (2015) 153–162.
- [2] Su Y., Riffat S. B., Lin Y. L. & Khan N. (2008). Experimental and CFD study of ventilation flow rate of a Monodraught™ windcatcher. *Energy and Buildings* 40 (2008) 1110–1116
- [3] Pritchard P. & Leylegian J. (2011). *Introduction To Fluid Mechanics* (8th ed.), Jhon Wiley & sons.
- [4] Fundación Guanajuato produce A. C., (01-09-2016), Recuperado de:  
<http://www.fundacionguanajuato.com/CGI-BIN/Clima/historicosvc.php>