

PROPUESTA PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO DE LAS CASAS DE GUANAJUATO A TRAVÉS DE ENFRIAMIENTO PASIVO

Murillo Saldaña María Elena (1), Luviano Ortiz José Luis (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [murillo.saldana.me@hotmail.com]

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

Resumen

En la actualidad el aumento en la densidad de población ha traído consigo la reducción del tamaño de las casas-habitación, lo que, a su vez, ha perjudicado la ventilación natural en las mismas, obligando a los habitantes al uso de ventilación mecánica forzada para obtener un confort térmico favorable. Debido a lo anterior, en este trabajo se realizó una simulación Fluido-Dinámica Computacional, CFD, la cual consistió en modelar una casa comercial usada en el estado de Guanajuato, con el objetivo de conocer la dinámica del fluido al interior de la misma. Como resultado se obtuvo una propuesta que involucra el diseño de captadores de aire y redes de ductos distribuidos al interior de la casa, de tal forma, que el enfriamiento pasivo sea óptimo y eficiente.

Abstract

Nowadays the increase in population density has brought about a reduction of the size of the houses, which, in turn, has impeded the natural ventilation inside them, forcing residents to use forced mechanical ventilation to get a favorable thermal comfort. Due to this, in this project a Computational Fluid Dynamic simulation (CFD) was carried out, which consisted of modeling a typical house used in the State of Guanajuato, in order to know the dynamics of fluid inside of it. As a result, a proposal that involves designing air collectors and wind catcher distributed inside the house was obtained, so the passive cooling can be optimal and efficient.

Palabras Clave

Ventilación natural; Captadores de viento; Confort; Acondicionamiento pasivo.

INTRODUCCIÓN

La ventilación natural es una estrategia de enfriamiento pasivo que consiste en permitir la entrada y salida del aire de las casas. La ventilación natural depende de tres factores climáticos; velocidad del viento, dirección del viento y gradiente de temperaturas. Sin embargo, en ocasiones el diseño de la casa y la configuración de las construcciones del entorno podrían no ser favorables para la captación de aire, es por eso, que la implementación de un buen sistema de ventilación natural requiere un estudio cuidadoso de la orientación, tamaño y ubicación de las aperturas y/o captadores de aire

Dehghan [1] comparó la eficiencia de modelos de captadores de aire con techos planos, inclinados y curvos, para ello, utilizó un túnel de viento para la realización del experimento. Los resultados mostraron que captadores con techos curvos presentan mejor desempeño que los otros tipos de captadores, además de que el campo de presión interno y el flujo másico de aire que entra a los captadores están fuertemente influenciados por la geometría del captador y la dirección del viento.

Según el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD, por sus siglas en inglés) [2] la energía destinada a obtener el confort térmico representa un 6.7% de la energía consumida mundialmente. Estudios recientes demuestran que el enfriamiento pasivo podría hacer que el porcentaje anterior disminuya en un 2.35%.

Para poder obtener un buen diseño de captadores y ductos de aire en casas del estado de Guanajuato es conveniente conseguir del estado del arte valores representativos de las condiciones climáticas, además de determinar la influencia que tienen estos valores en el enfriamiento pasivo.

Debido a lo anterior, en este trabajo se decidió realizar un análisis fluido-dinámico computacional sobre la casa comercial DUPLEX usada actualmente como vivienda en el estado de

Guanajuato. Aunado a lo anterior, para la simulación numérica primeramente se realizó un modelo CAD (Diseño Asistido por Computadora) bidimensional, para posteriormente realizar una simulación CFD en un software especializado. Como resultado, la simulación proporcionó información importante sobre el comportamiento del fluido y los valores numéricos de las variables de interés, como lo son; la velocidad del viento y caídas de presión.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Factores como el poco espacio existente entre casas, calles angostas, construcciones adyacentes a una casa habitación, entre otros, obstaculizan el flujo de aire hacia el interior las casas, ocasionando por lo tanto que se tenga una sensación térmica desagradable para los habitantes.

Debido a lo anterior y aunado al incremento del costo de la energía derivada de hidrocarburos, es de suma importancia promover el uso de fuentes de energía limpia. Es por ello que el objetivo del presente trabajo consiste en desarrollar una propuesta en la cual se implemente el uso de captadores de viento y ductos de aire en una casa habitación con el fin de favorecer el confort térmico de las casas del estado de Guanajuato. Para lograr este objetivo, la metodología del trabajo consistió en realizar un análisis fluido-dinámico computacional a una casa habitación comercial con captadores de viento y ductos DUPLEX usada en el estado de Guanajuato.

La IMAGEN 1 muestra un diagrama esquemático de la casa DUPLEX analizada con la implementación de redes de ductos, entradas y captadores. El ancho de las aperturas 1 y 2 es $W = 0.2$ m y mientras que el de la apertura 3 es $W = 0.4$ m.

Como se muestra en la IMAGEN 1, los captadores se colocaron arriba del techo con el fin de incrementar el flujo másico de aire que ingresa a la casa, debido al hecho de que el viento que fluye por encima de los techos es más fresco que el que se encuentra al interior de la casa. A fin de tener un ingreso de fluido distribuido al interior de la casa y remover la mayor cantidad de fluido

atrapado al interior de la misma, las aperturas 2 y 3, se colocaron sobre el piso en la planta baja, mientras que la apertura 1 se colocó sobre uno de los muros de la planta alta.

ECUACIONES GOBERNANTES

Las ecuaciones gobernantes involucradas en este modelo son las ecuaciones de Continuidad y conservación de Momento.

La ecuación de continuidad en su forma bidimensional para flujo turbulento, incompresible y en estado estacionario está dada por la Ec. (1) [3]:

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

De igual manera, las ecuaciones de conservación de Momento en las direcciones x y y para flujo turbulento, incompresible y en estado estacionario están dadas por las Ecs. (2) y (3) [3]:

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

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

Como se señaló anteriormente, la implementación del captador de aire arriba del techo ayuda a conducir aire fresco al interior de la casa. La red de ductos se encarga de la distribución del aire a las plantas alta y baja. Las magnitudes de las dimensiones del captador de aire son menores que las de la torre de salida, esto con el fin de facilitar la evacuación del aire interior y favorecer la succión de aire fresco. Al impactar el aire en la casa se presenta una reducción de velocidad y por ende un aumento de presión en el fluido, lo cual incrementa la diferencia de presiones entre el

interior y el exterior de la casa favoreciendo la ventilación natural.

Las condiciones de frontera establecidas para resolver el problema fueron una velocidad de entrada uniforme de 5.5 m/s, presión atmosférica a la salida, condición de no deslizamiento en piso y paredes y condición de deslizamiento en la parte superior del fluido. En la IMAGEN 2 se presenta un esquema que muestra las condiciones de frontera.

Para la solución de las ecuaciones gobernantes se realizó una simulación Fluido Dinámica Computacional (CFD), dicha simulación consistió de una metodología numérica para resolver las ecuaciones gobernantes de flujo de fluidos. Las cuales son ecuaciones diferenciales parciales, que al discretizar, se transforman en ecuaciones algebraicas que pueden ser resueltas por un algoritmo de volúmenes finitos [4], para ello, se utilizó un software especializado que resuelve las ecuaciones gobernantes (1-3), aunado a esto, para la solución se generó un mallado bidimensional de 15,593 elementos. En la IMAGEN 3 se muestran los detalles de la malla creada.

El algoritmo SIMPLE acopla presión y velocidad para hacer cumplir la conservación de la masa y el campo de presión, por ello este método se usó para resolver las ecuaciones gobernantes. Una descripción breve del algoritmo se establece a continuación; establecer condiciones de frontera, calcular los gradientes de velocidad y presión, resolver la ecuación de momento para calcular el campo de velocidad intermedia, calcular los flujos de masas no corregidas en las caras, corrección de presión, actualizar campo de presión, correcciones de flujos máscos, velocidades y actualización de los valores de densidad debido a los cambios de presión

El modelo de turbulencia utilizado fue el $k-\omega$ por contar con mayor precisión en las capas de fluido cercanas a las paredes.

A fin de garantizar que la variación de resultados era mínima, se propuso un criterio de convergencia de 1×10^{-5} .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para corroborar que las ecuaciones gobernantes se resolvieron de manera adecuada, se calcularon los flujos máscicos en la entrada y salida de los captadores de viento, la diferencia entre ambos flujos fue de 0.015 kg/s. El número de Match en la entrada del captador fue de 0.0068 y en la salida del mismo fue de 0.0049, valores que caen en el rango de flujo incompresible.

En la IMAGEN 3 se muestra el campo de velocidades al interior de la casa. Asimismo, se puede apreciar la trayectoria que sigue el aire desde el momento que ingresa por el captador, recorre el ducto propuesto, hasta el momento que sale de la casa.

La IMAGEN 4 muestra el contorno de presiones, la presión en el captador de entrada tiene valores más altos que en la torre de salida, este gradiente facilita la remoción del fluido del interior de la casa.

CONCLUSIONES

Mejorar el confort térmico requiere de un estudio muy completo puesto que es extenso el número de factores involucrados en un buen enfriamiento pasivo. Los resultados obtenidos en esta simulación son exploratorios y preliminares para un sinnúmero de configuraciones posibles de distribución de flujo que pueden existir. Dichos resultados muestran las ventajas que traen consigo la implementación de captadores de aire y redes de ductos, pero sobre todo marca las partes del diseño que hay que mejorar, como lo son los diámetros y localización de las aperturas de descarga.

AGRADECIMIENTOS

A la coordinación de Veranos Ug por aceptarme en este programa que me ha llenado de experiencias nuevas en el ámbito de la investigación.

Al Dr. José Luis Luviano Ortiz por darme la confianza y oportunidad de trabajar en este proyecto, por todos los conocimientos adquiridos y el apoyo brindado en las dificultades que se presentaron en la realización de este trabajo.

A los miembros del grupo de investigación dirigido por el Dr. Abel Hernández Guerrero y el Dr. José Luis Luviano Ortiz.

REFERENCIAS

- [1] Dehghani-sanij A.R., Soltani M & Raahemifar K. (2015). A new design of wind tower for passive ventilation in buildings to reduce energy consumption in windy regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42(2015)182–195.
- [2] Ardalan A., Norhayati M., Zakaria Al-Cheikh M., Mohamad R. & Baharum C. (2015) A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and Buildings* 101 (2015) 153–162.
- [3] Boundary Layer Theory, Schlichting and Gersten, 8th Ed. Springer Editorial, 2000.
- [4] Basarir, M. Numerical Study of the Airflow and Temperature Distributions in an Atrium. Master's thesis, Queen's University, 2009.

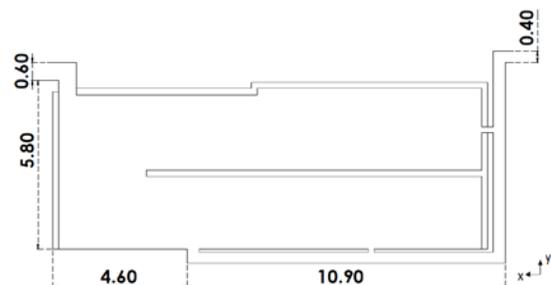


IMAGEN 1: Diagrama esquemático de casa DUPLEX. Dimensiones en metros.

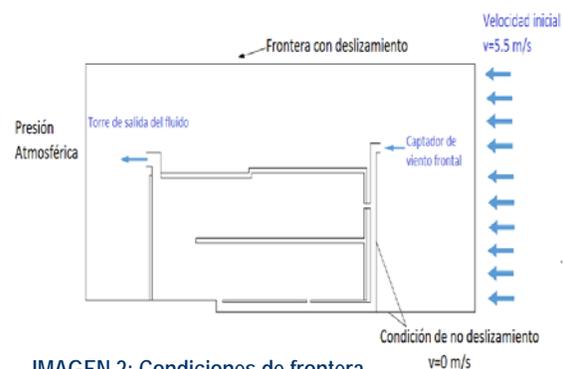


IMAGEN 2: Condiciones de frontera.

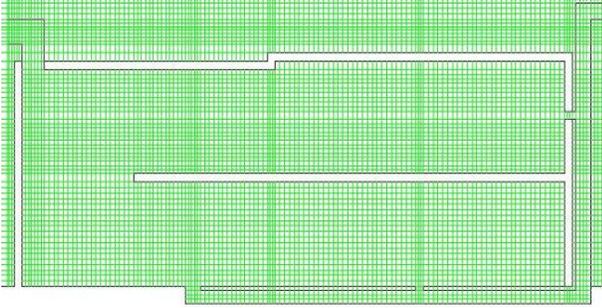


IMAGEN 3: Mallado de la geometría.

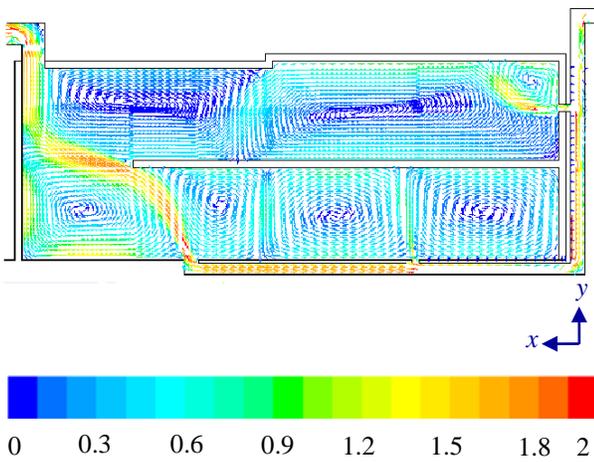


IMAGEN 4: Vectores de velocidad. [m/s].

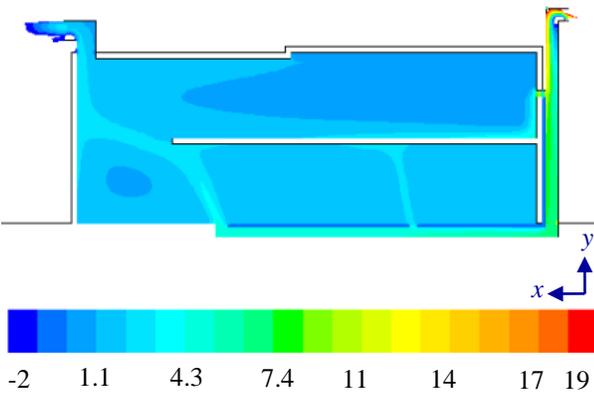


IMAGEN 5: Contornos de presión. [Pa].