



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DEPARTMENT OF HYDRAULIC
ENGINEERING AND ENVIRONMENT

Ph.D Thesis – RESUMEN EN CASTELLANO

Computational Fluid Dynamics (CFD) Applied to
Buildings Sustainable Design: Natural Ventilation
Case study

AUTHOR

MIGUEL MORA PÉREZ

DIRECTOR

Dr. PETRA AMPARO LÓPEZ JIMÉNEZ

Valencia, May 2017

RESUMEN

Durante las últimas décadas los agentes involucrados en el diseño de edificios deben de utilizar estrategias fiables de diseño que les permitan aprovechar los recursos naturales del entorno con el objetivo de aumentar la eficiencia energética de los edificios así como promover el desarrollo sostenible y generar valor añadido para la sociedad.

Esta tesis propone una estrategia de diseño fiable de edificios para mejorar su eficiencia energética mediante el uso de la ventilación natural (NV por sus siglas en inglés “natural ventilation”). La estrategia consiste en evaluar la solución arquitectónica más adecuada teniendo en cuenta las condiciones ambientales y el entorno de los edificios con el objetivo de maximizar el uso de la ventilación natural desde la fase inicial de su diseño. En esta tesis se aplica la estrategia de diseño a un caso de estudio real y particular. La estrategia de diseño está basada en la utilización de técnicas de dinámica de fluidos computacionales (CFD por sus siglas en inglés “computational fluid dynamics”). Las técnicas CFD son una potente herramienta de diseño que permite la simulación del comportamiento de la ventilación natural en los edificios antes de su construcción.

De este modo, el objetivo de la tesis es proporcionar un caso de estudio real en el que la estrategia de diseño de ventilación natural se aplica para proporcionar un ejemplo fiable y ayudar en la toma de decisiones desde la etapa inicial de diseño. Este objetivo general se subdivide en una serie de objetivos específicos que se detallan a continuación:

- Mostrar el potencial de las técnicas CFD para mejorar la eficiencia energética en los edificios.
- Crear y validar un modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) para simular y evaluar el comportamiento de la ventilación natural de los edificios.

- Evaluar el comportamiento de diferentes configuraciones de huecos (ventanas) de las fachadas para mejorar el efecto de la ventilación natural de los edificios.
- Analizar y cuantificar el potencial ahorro energético de las fachadas ventiladas de manera natural.
- Evaluar diferentes ubicaciones para seleccionar aquella en la que se pueda maximizar el uso de la ventilación natural en los edificios.
- Analizar el efecto de la ventilación natural sobre las condiciones interiores de confort durante la temporada cálida.
- Validar la estrategia de diseño llevándola a cabo a través de un caso de estudio real de diseño y construcción de un edificio.

A partir de estos objetivos, se diseña un edificio siguiendo la estrategia de diseño propuesta a través de un caso de estudio que comprende desde la fase inicial de diseño hasta la construcción y operación del edificio.

La estrategia de diseño se basa en el uso de un código numérico comercial que resuelve las ecuaciones de la mecánica de fluidos. El software CFD simula las características que influyen en la ventilación natural y predice su comportamiento en los edificios antes de su construcción. Esta técnica numérica permite la visualización del flujo de aire en los edificios. Además, el software permite calcular parámetros que son analizados y comparados posteriormente para elegir la solución arquitectónica que suponga un mejor comportamiento de la ventilación natural.

Con respecto a todas las decisiones arquitectónicas posibles, la investigación se centra en la selección de la ubicación del edificio y de la configuración de los huecos de su fachada. En primer lugar, se analiza la viabilidad de la estrategia de diseño en una región determinada: la zona costera Mediterránea de la Comunidad Valenciana. La región se caracteriza por las condiciones uniformes del viento predominante durante la estación cálida. A continuación, se utiliza una simulación de CFD validada para analizar cualitativamente y cuantitativamente la influencia de los edificios circundantes en los

flujos del viento a través y alrededor de los edificios circundantes. El objetivo es comparar distintas posiciones de los huecos de la fachada para seleccionar la alternativa que mejor aproveche los recursos de ventilación natural disponibles. Además, se presenta en el marco de la selección de la configuración de la fachada una cuantificación general de la contribución de la fachada ventilada a la eficiencia energética de los edificios. En segundo lugar, se realizan dos simulaciones para analizar dos ubicaciones diferentes del edificio caso de estudio. La evaluación de la influencia de los edificios circundantes en el comportamiento de la ventilación natural del edificio caso de estudio se realiza mediante la utilización de modelos CFD validados. Se proponen distintos parámetros y visualizaciones para la evaluación cuantitativa y cualitativa de cada solución. A continuación se selecciona la mejor ubicación con respecto al comportamiento de la ventilación natural en el edificio caso de estudio.

Finalmente, la investigación concluye con la construcción a escala real del edificio caso de estudio. Se valida con éxito la simulación CFD del interior del edificio utilizada desde la etapa de diseño. También se verifica con éxito el comportamiento de la ventilación natural del edificio. Además, se analizan las condiciones de confort interiores mediante la evaluación de los siguientes índices: riesgo de corrientes de aire (DR por sus siglas en inglés “*draught risk*”), voto promedio previsto (PMV por sus siglas en inglés “*predicted mean vote*”) y el porcentaje previsto de personas insatisfechas (PPD por sus siglas en inglés “*predicted percentage of dissatisfied people*”). Los resultados muestran que el uso de la ventilación natural permite alcanzar, de manera más energéticamente eficiente, las condiciones de confort.

A continuación se verifica cómo se garantizan y optimizan las condiciones de confort interiores mediante el uso de la ventilación natural. Aunque la estrategia de diseño se aplica a un diseño de un edificio en particular, el potencial de la estrategia de diseño es mucho mayor ya que ésta podría aplicarse a todos los edificios. En consecuencia los ahorros potenciales de energía son mayores.

La presente tesis incluye seis publicaciones de entre las cuales cuatro de ellas se publican en revistas revisadas por pares e indexadas en el "Journal Citation Reports" como se presenta a continuación:

- López-Jiménez, P.A., Mora-Pérez, M., La Ferla, G., Roset-Calzada, J. Increasing the value of buildings through environmental design. *COST Action TU1104 – Smart Energy Regions – Cost and Value*. ISBN: 978-1-899895-22-9. February 2016.
International institutional publisher.
- Mora-Pérez, M.; Guillen-Guillamón, I.; López-Patiño, G.; López-Jiménez, P.A. Natural Ventilation Building Design Approach in Mediterranean Regions—A Case Study at the Valencian Coastal Regional Scale (Spain). *Sustainability* 8, 855, 2016.
JCR impact factor 1,343 (Q3).
- Mora-Pérez, M.; López-Patiño, G.; Bengochea-Escribano, M.A.; López-Jiménez, P.A. Cuantificación de la eficiencia de la fachada cerámica ventilada. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. Vol.50 nº2. 2011.
JCR impact factor 0,432 (Q4).
- Mora-Pérez, M.; López-Patiño, G.; López-Jiménez, P.A. Quantification of Ventilated Façade Effect Due to Convection in Buildings. Buoyancy and Wind Driven Effect. *Researches and Applications in Mechanical Engineering*, Vol. 3 Iss. 1, March 2014.
International publisher peer-reviewed.
- Mora-Pérez, M.; Guillen-Guillamón, I.; López-Jiménez, P.A. Computational analysis of wind interactions for comparing different buildings sites in terms of natural ventilation. *Advances in Engineering Software* 88, 73-82, 2015.
JCR impact factor 1,673 (Q2).

- Mora-Pérez, M.; Guillen-Guillamón, I.; López-Jiménez, P.A. A CFD study for evaluating the effects of natural ventilation on indoor comfort conditions. *AIMS Environmental Science*, 4(2): 289-309, March 2017.
Emerging Sources Citation Index (ESCI - Web of Science), extended JCR 2016.