

# OPTIMIZACIÓN EXERGÉTICA Y DE CONFORT TÉRMICO DE UNA VIVIENDA SOCIAL EN ZONA COSTERA CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE LA BRISA MARINA

Ivan Garcia Kerdan, David Morillon Galvez y Rodolfo Silva

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, IGarciaK@ingen.unam.mx, damg@pumas.iingen.unam.mx, rsilvac@iingen.unam.mx

## Introducción

Las áreas costeras en los trópicos se caracterizan por altos niveles de recursos eólicos y solares con grandes posibilidades de ser utilizados para el diseño de edificios de bajo consumo energético. En la mayoría de los países en desarrollo, la falta de códigos de construcción adecuados ha provocado que los diseños de viviendas tengan un rendimiento energético, medioambiental y de confort térmico deficiente (Iwaro y Mwashu, 2010). En este sentido, el diseño de edificios considerando una adecuada ventilación natural tiene el potencial de reducir el consumo energético por enfriamiento y aumentar la sensación de confort de manera considerable, sobre todo en la costa donde la brisa marina y terrestre puede ser aprovechada (Bullen, 2000)

Para apoyar en el diseño de edificios energéticamente eficientes, este trabajo aparte de considerar el potencial de la brisa marina, se ha desarrollado un marco basado en análisis exergético combinado con optimización multiobjetivo (algoritmos genéticos) capaz de evaluar diseños de edificios costeros de bajo costo y con alta eficiencia termodinámica. La exergía puede ser una herramienta útil para explicar la sostenibilidad de diferentes fuentes de energía y tecnologías (Rosen y Dincer, 2001). Su implementación supera las limitaciones de la primera ley de la termodinámica al indicar ubicaciones, causas y magnitudes de degradación energética (irreversibilidades o destrucciones exergéticas) (Dincer y Zamfirescu, 2012). En este sentido, se presenta una herramienta de simulación dinámica integrada para considerar los impactos del efecto de la brisa marina, con el objetivo de potenciar la ventilación natural para mejorar el confort térmico de los ocupantes y reducir la demanda de energía de refrigeración y al mismo tiempo considerando diversas tecnologías activas

(bombas de calor, iluminación artificial, sistemas de control) y pasivas (sombreadores, ventilación natural, aislamiento) en la edificación que pueden ser utilizadas en diversas combinaciones.

## Análisis de viento de brisa térmica

Para comprender el potencial de la brisa térmica en el diseño de un edificio se requieren datos de velocidad y dirección del viento para producir el archivo climatológico (archivo .epw) utilizado en las herramientas de simulación térmica. Con el perfil de viento, el caudal de ventilación  $Q_w$  proporcionado por la brisa térmica en toda la envolvente del edificio se puede calcular de la siguiente manera:

$$Q_w = C_w A_{ap} F_s V \quad (1)$$

donde  $C_w$  es la efectividad de apertura (-),  $A_{ap}$  es el área de apertura (m<sup>2</sup>),  $F_s$  es la fracción de área abierta (-) y  $V$  es la velocidad del viento local (m/s). Usando la ecuación (2), la carga térmica  $q_{d,v}$  interna se puede calcular de la siguiente manera:

$$q_{d,v}(t_k) = \rho C_p A Q_w \Delta T(t_k) \quad (2)$$

donde  $\rho$  es la densidad del aire exterior (kg/m<sup>3</sup>),  $C_p$  es el coeficiente de calor específico (1.007 kJ/kgK),  $A$  es el área térmica (m) de la zona a analizar, y  $\Delta T$  el diferencial entre la temperatura exterior  $T_o(t_k)$  y la temperatura interior (K). Finalmente, para obtener la demanda de exergía considerando el flujo de ventilación por efecto brisa térmica, se puede utilizar la siguiente fórmula basada en el factor de Carnot:

$$Ex_{d,v}(t_k) = \sum_{i=1}^n \left\{ q_{d,v}(t_k) * \left( 1 - \frac{T_o(t_k)}{T_i(t_k) - T_o(t_k)} \ln \frac{T_i(t_k)}{T_o(t_k)} \right) \right\} \quad (3)$$

donde  $T_i$  es la temperatura interior promedio (K),  $q_{d,v}$  es la demanda de energía debida a la ventilación (kWh),  $(t_k)$  es el intervalo de tiempo (-), y  $n$  es el número de zonas térmicas analizadas.

### Caso de estudio

Como caso de estudio, se ha investigado una casa de interés social de dos plantas ubicada en la costa del Pacífico norte de México (Figura 1).

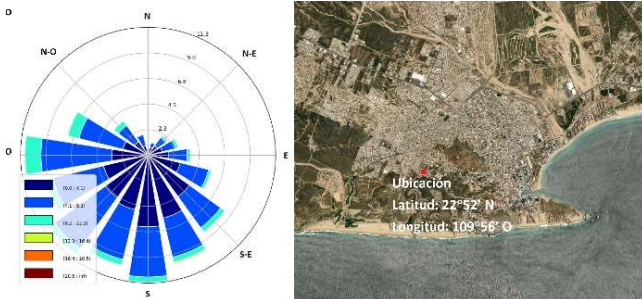
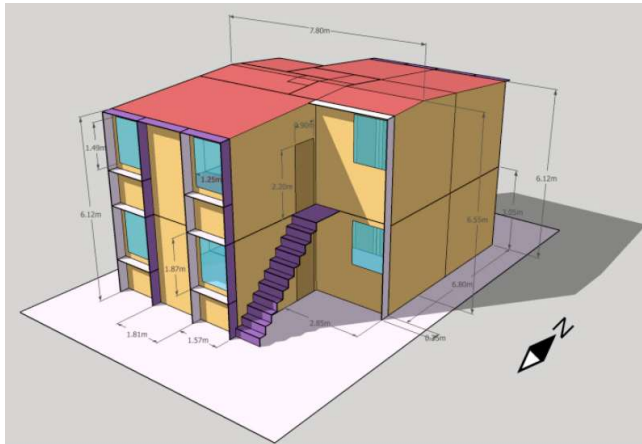


Figura 1. Modelo de casa de interés social, rosa de viento y ubicación de caso de estudio (San Jose del Cabo, BCS).

El problema de optimización ha considerado la minimización de: i) consumo de exergía anual (considerando la exergía “libre” que llega a través de la brisa (ecuación 3)), ii) costo del ciclo de vida (50 años), y iii) desconfort térmico. Tras la ejecución de la optimización, se han simulado 4.800 diseños distintos. La Figura 2 ilustra las soluciones finales ubicadas en el frente de Pareto.

El diseño óptimo (más cercano al punto utópico) considera una orientación de 30° con respecto a la dirección más predominante del viento (S y SE), dando como resultado velocidades de viento internas promedio de 0.33 m/s. Adicionalmente el diseño considera una serie de estrategias pasivas y

activas, como dispositivos de protección solar, aislamiento térmico y una bomba de calor de aire ( $\eta > 300 \%$ ) que es asistida por energía solar fotovoltaica. En comparación con el diseño base, el diseño más cercano a la utopía ha aumentado el confort térmico en un 93.8 % y ha reducido el consumo de exergía en un 10.3 %, aumentando el costo del ciclo de vida durante los próximos 50 años en 18,5 % (de 39,864 a 47,246 USD). Finalmente, gracias a un ambiente interior constante térmicamente, esto haría que los equipos de enfriamiento artificial funcionen de manera más regular, aumentando su rendimiento y la vida útil del equipo.

### Soluciones Pareto

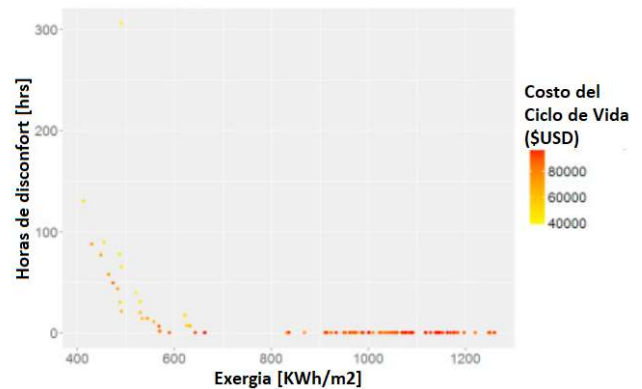


Figura 2. Resultados de optimización encontrados en el frente de Pareto.

### Referencias

Bullen, C.R. (2000). A low energy housing design in an area of high wind and rain: an innovative housing scheme at Stenness on the Orkney islands. *Energy and Buildings*, 32 (3): 319-326.

Dincer, I., Zamfirescu, C. (2012). *Sustainable Energy Systems and Applications*. Springer, US. 10.1007/978-0-387-95861-3

Iwano, J., Mwashia, A. (2010). A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. *Energy Policy*, 38(12): 7744-7755.

Rosen, M.A., Dincer, I. (2001). Exergy as the confluence of energy, environment and sustainable development. *Exergy International Journal*, 1(1): 3-13.



1er Congreso Internacional  
**CEMIE-Océano**



