

CONTRIBUCIÓN DE LA FACHADA VENTILADA A LA DEMANDA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO

**Emilie Bannier⁽¹⁾, Vicente Cantavella⁽¹⁾, Gonzalo Silva⁽¹⁾,
José Manuel Pinazo⁽²⁾, Víctor Manuel Soto⁽²⁾, Emilio Sarabia⁽²⁾**

⁽¹⁾ Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE). Universitat Jaume I. Castellón. España.

⁽²⁾ Grupo de Ingeniería Térmica de Procesos Industriales (FREDSOL). Universitat Politècnica de València (UPV). Valencia. España.

RESUMEN

El estudio de la interacción entre un cerramiento ventilado y un edificio es complicado y requiere el uso de herramientas de simulación térmica. Los programas sencillos de evaluación de la demanda energética como LIDER no contemplan la solución de fachada ventilada. En el caso de querer utilizar estos programas es necesario recurrir a aproximaciones poco realistas que no tienen en cuenta el flujo de calor asociado al movimiento ascendente del aire en la cámara ventilada.

Con el objeto de estudiar el efecto de la fachada ventilada se ha modelizado un edificio sencillo, de estructura paralelepípedica, mediante el programa Energy-Plus. Se ha analizado el efecto de la presencia de fachada ventilada para diferentes zonas climáticas y tipología de edificio (residencial o terciario). Los resultados se han comparado con los de un cerramiento equivalente con cámara no ventilada y con hoja externa aplacada. Así mismo se ha estudiado el efecto de la absorción de la hoja externa, pues una de las limitaciones de LIDER es que considera un valor constante de esta propiedad, independientemente de si la superficie es clara u oscura. Los resultados permiten conocer la energía evacuada a través de la fachada ventilada. Aunque la fachada ventilada es eficiente en verano (especialmente en zonas templadas y cálidas), su eficiencia en zonas frías es más cuestionable.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente concienciación social respecto a la construcción sostenible y el ahorro energético en edificios está conduciendo a prescriptores y usuarios finales a tomar en consideración diferentes soluciones constructivas térmicamente eficientes.

La fachada ventilada es un cerramiento multi-estrato que se caracteriza fundamentalmente por incluir una cámara ventilada, limitada por dos hojas: una interior, encargada de aportar el aislamiento térmico y la estanqueidad, y otra hoja exterior, cuya misión principal es formar dicha cámara de aire, garantizando una ventilación continuada a lo largo de toda la superficie de la fachada [1]. El sistema constructivo de fachada ventilada con baldosas cerámicas mejora el comportamiento térmico de un edificio gracias al efecto chimenea que permite reducir la temperatura del muro en verano reduciendo la energía necesaria para la refrigeración.

Aunque la bibliografía reconoce el ahorro energético de diferentes tipologías de cerramientos ventilados, son pocos los estudios que analizan el comportamiento térmico de estas soluciones integradas en un edificio. Algunos trabajos se han centrado en el análisis de la transferencia térmica a través del cerramiento ventilado, tanto desde el punto de vista teórico como experimental [2-5]. Estos estudios permiten comprender los mecanismos de funcionamiento de las fachadas ventiladas, e incluso abren la puerta a su optimización; sin embargo, la interacción cerramiento - edificio es compleja y requiere el uso de otras herramientas.

Uno de los programas extensamente utilizados para evaluar la demanda energética de edificios es EnergyPlus, desarrollado por el Departamento de Energía de EEUU [6-8]. Aunque este programa no incluye específicamente la fachada ventilada, dispone de un elemento ventilado simplificado (*Exterior Naturally Vented Cavity*) que permite simular de forma simplificada este tipo de cerramiento teniendo en cuenta el flujo de aire en la cámara ventilada [9-10].

En este trabajo se ha estudiado, mediante el programa EnergyPlus, el efecto de la presencia de una cámara ventilada sobre el comportamiento térmico de un cerramiento. Asimismo, se ha modelizado un edificio sencillo para analizar el efecto de la presencia de una fachada ventilada para diferentes zonas climáticas, tipología de edificio (vivienda o uso no residencial) y absortancia de la hoja externa. La absortancia mide la relación entre la radiación solar absorbida por un material y la incidente. Los resultados se han comparado con los de un cerramiento equivalente con cámara no ventilada y con hoja externa aplacada.

2. MODELIZACIÓN DE LA FACHADA VENTILADA

Para modelizar los cerramientos con fachada ventilada se ha utilizado un módulo de EnergyPlus llamado “cámara exterior con ventilación natural” (*Exterior Naturally Vented Cavity*). Este elemento permite introducir las características de la hoja externa, de la cámara ventilada y de las aberturas para la ventilación natural (figura 1). Una descripción detallada del modelo aparece en bibliografía [9] y en la documentación del programa EnergyPlus [11].

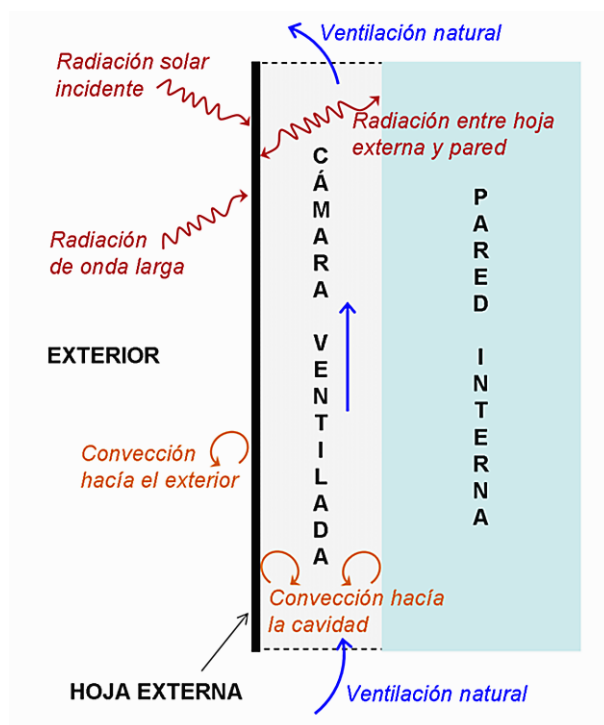


Figura 1. Esquema de la cámara ventilada implementada en EnergyPlus.

Desde el punto de vista del cálculo, la presencia de la cámara ventilada modifica los fenómenos de radiación y convección entre el exterior y la pared interna. A partir de las características de la cámara ventilada y de los datos meteorológicos, EnergyPlus calcula la transferencia de calor entre el ambiente exterior y la pared del edificio.

Cabe destacar que el modelo asume que la capacidad calorífica de la hoja externa es despreciable; es decir, que no existe acumulación de calor en el interior de la hoja externa.

Los fenómenos de convección y radiación se simulan utilizando los modelos clásicos, implementados en EnergyPlus. En el caso de la cámara ventilada, se utilizan los coeficientes de convección desarrollados para simular las cámaras de aire presentes en los acristalamientos múltiples [11].

Finalmente, para simular el efecto de la ventilación natural, se considera que la temperatura del aire dentro de la cámara es homogénea. Luego se calcula el caudal de aire dentro de la cámara considerando tanto la convección natural como la convección forzada debido al viento, usando la ecuación siguiente.

$$\dot{V} = C_v A_{in} U + C_D A_{in} \sqrt{2g\Delta H \frac{(T_{cav} - T_{amb})}{T_{cav}}}$$

Donde:

$\dot{V}$: Caudal volumétrico total de aire dentro de la cámara (m³/s)

C_v : Eficiencia de la aberturas, depende de la geometría de las aberturas y de la orientación del viento (adimensional)

A_{in} : Área de las aberturas de entrada (m²)

U : Velocidad del viento (m/s)

C_D : Coeficiente de descarga, depende de la geometría (adimensional)

g : Fuerza de la gravedad (m/s²)

ΔH : Altura entre el centro de la abertura inferior y el punto de presión nula (m)

T_{cav} : Temperatura del aire dentro de la cámara (K)

T_{amb} : Temperatura ambiente exterior (K)

Los coeficientes C_v y C_D dependen de la geometría del sistema considerado, de la dirección del viento y de la orientación del edificio. Se han estimado sus valores medios mediante un cálculo previo por mecánica de fluidos para una velocidad de viento de 2 m/s.

3. COMPORTAMIENTO DE UN CERRAMIENTO CON FACHADA VENTILADA

3.1. Descripción de los cerramientos

En la primera parte del estudio se ha comparado el comportamiento de 2 soluciones constructivas: un cerramiento con cámara estanca y un cerramiento equivalente con cámara ventilada. Ambos cerramientos presentan el mismo valor de transmitancia térmica.

La figura 2 representa esquemáticamente los dos tipos de cerramientos estudiados y la tabla 1 muestra las propiedades de los materiales empleados.

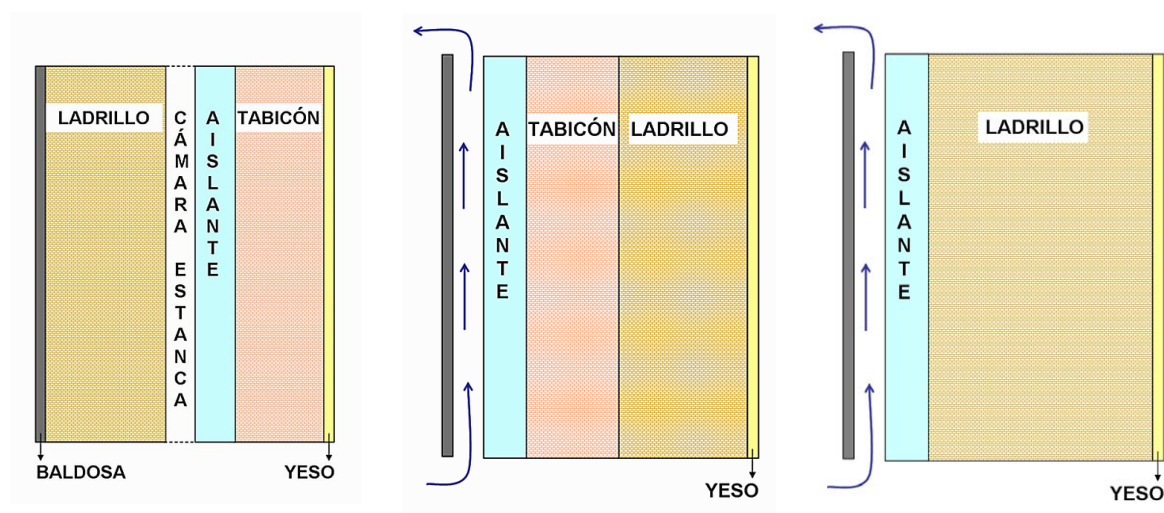


Figura 2. Esquemas del cerramiento convencional (izquierda) y del cerramiento ventilado (derecha).

Material	Conductividad $W/(m \cdot K)$	Densidad kg/m^3	Calor específico $J/(kg \cdot K)$
Baldosa cerámica	1	1900	850
Ladrillo de ½ pie	0,694	1140	1000
Poliestireno expandido	0,038	30	1000
Tabicón doble	0,432	930	1000
Enlucido de yeso	0,57	1150	1000

Tabla 1. Propiedades de los materiales que forman los cerramientos.

3.2. Variables estudiadas

Para evaluar el efecto de la cámara ventilada sobre el comportamiento del cerramiento se ha simulado un paralelepípedo de 9x1x1 m en el que todas las paredes son adiabáticas, excepto un muro que está formado por el cerramiento convencional o por el cerramiento con fachada ventilada; es decir, todas las ganancias y pérdidas de calor tienen lugar a través de la pared estudiada. Por lo tanto, este cerramiento es el único elemento que influye significativamente sobre el consumo energético.

Se ha calculado la energía necesaria, tanto en calefacción como en refrigeración, para mantener la temperatura interna entre 20 y 25 °C durante un año completo considerando que los sistemas de refrigeración y calefacción están siempre conectados.

Asimismo, se ha estudiado el efecto de la orientación de la fachada ventilada sobre el comportamiento del cerramiento para tres zonas climáticas: una zona fría (E1/Soria), una zona templada (B3/Castellón) y una zona cálida (A4/Almería).

3.3.Resultados

La figura 3 representa las demandas anuales de calefacción y refrigeración para Castellón en función de la orientación del cerramiento activo. Por convención, las demandas de refrigeración están representadas con valores positivos y las de calefacción con valores negativos.

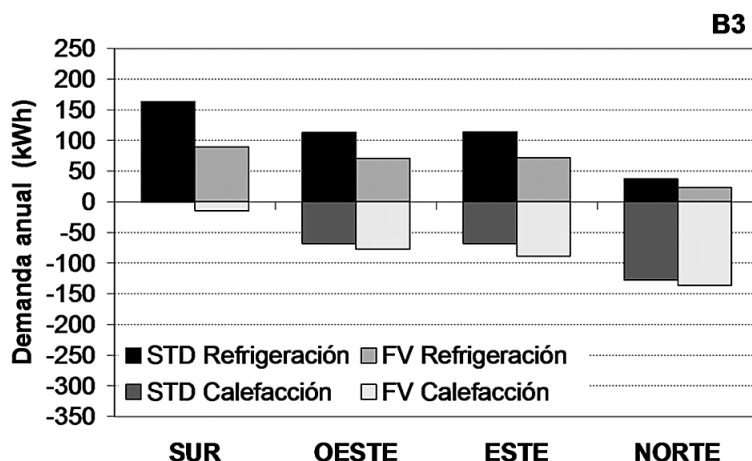


Figura 3. Demandas anuales de calefacción y refrigeración en función de la orientación para un cerramiento negro convencional (STD) o con fachada ventilada (FV) en Castellón.

En general la fachada ventilada reduce significativamente la demanda de refrigeración, pero aumenta la energía necesaria para calefacción. El efecto de la cámara ventilada resulta muy marcado en orientación sur, con una reducción del consumo de refrigeración del 45%. De hecho, la pared sur es la que recibe más radiación solar, conduciendo a que la hoja externa tenga una temperatura más elevada y, en consecuencia, el flujo de aire dentro de la cámara ventilada sea mayor.

Finalmente se observa que la fachada ventilada influye más sobre la demanda de refrigeración que sobre la de calefacción.

Para otras zonas climáticas se observan las mismas tendencias generales (figura 4). Estos resultados indican que la fachada ventilada es efectiva para reducir el gasto energético en zonas cálidas donde existe una demanda de refrigeración importante. En cambio, su utilidad en zonas frías es más discutible, ya que su utilización conlleva un aumento del consumo calefacción.

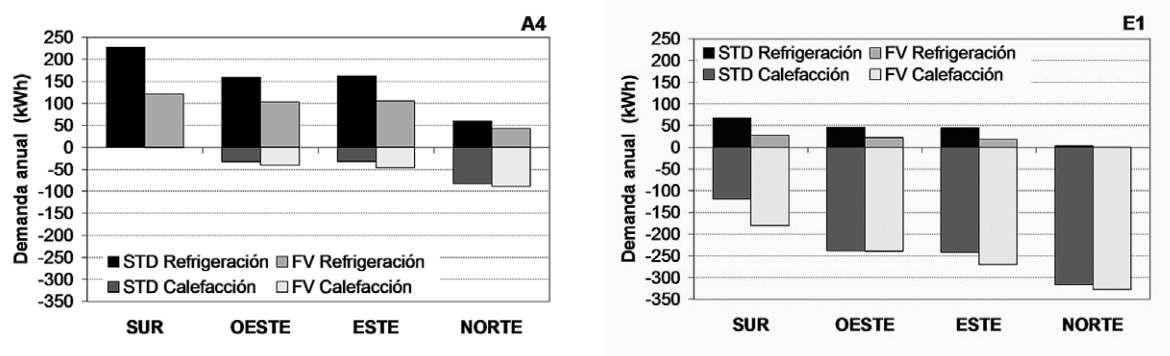


Figura 4. Demandas anuales de calefacción y refrigeración en función de la orientación para un cerramiento negro convencional (STD) o con fachada ventilada (FV) en Almería (izquierda) y Soria (derecha).

4. SIMULACIÓN DE UN EDIFICIO CON FACHADA VENTILADA

4.1. Descripción del edificio

En la segunda parte del estudio, se ha evaluado el efecto de la fachada ventilada sobre la demanda energética de un edificio completo. Para ello se ha diseñado un inmueble sencillo. Se trata de un edificio de cuatro alturas de 20x20 m más planta baja, con una altura entre forjados de 3 m (figura 5). Todas las fachadas son idénticas y presentan un 30% de huecos. En los cálculos se ha considerado el forjado en contacto con el suelo, siendo este último adiabático.

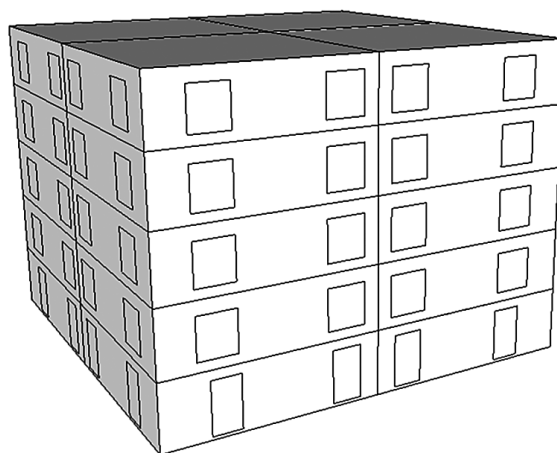


Figura 5. Esquema del edificio.

Al igual que en el apartado anterior, la demanda energética del edificio con fachada ventilada se ha comparado con el caso de un cerramiento convencional equivalente con cámara no ventilada y hoja externa aplacada (figura 2). Se han realizado cálculos de eficiencia energética cambiando las características de los cerramientos en función de la zona climática considerada para cumplir con el valor límite de transmitancia térmica requerido por el código técnico de la edificación (tabla 2).

Zona climática	E1/Soria	B3/Castellón	A4/Almería
U (W/(m ² ·K))	0,56	0,81	0,93

Tabla 2. Valores de transmitancia térmica de los cerramientos.

4.2. Contribución de las distintas componentes del edificio sobre el consumo energético

Para determinar cuáles son los factores que influyen significativamente sobre la demanda energética se ha estudiado el efecto de las ventanas, de la ventilación y de las cargas internas sobre los consumos de calefacción y refrigeración. Para ello, se ha calculado la energía necesaria para mantener entre 20 y 25 °C un edificio no ventilado sin ventanas ni cargas internas. Luego se han añadido por separado los elementos que contribuyen a la demanda energética para evaluar su influencia. El cálculo se ha realizado para tres zonas climáticas (figura 6 y figura 7).

Se han utilizado dos tipos de cargas internas (ocupación, luminarias, equipos) basándose en las condiciones propuestas en LIDER: *residencial* para viviendas y *no residencial intensidad media 12 h* para terciario [12].

Al ventilar el edificio se observa un aumento importante del consumo de calefacción, independientemente de la zona climática. Se ha empleado una ventilación constante de 0,5 renovaciones de aire por hora. En consecuencia, en invierno, está entrando aire frío contribuyendo a incrementar la energía necesaria para mantener la temperatura interior por encima de 20 °C. Este aumento es más notable para zonas climáticas frías. Al considerar el consumo de refrigeración, éste tiende a aumentar ligeramente con la ventilación en zonas cálidas (A4 y B3) debido a la introducción de aire a una temperatura superior a 25 °C; en cambio, la ventilación reduce la refrigeración en zona fría (E1), donde el aire exterior no suele alcanzar los 25 °C.

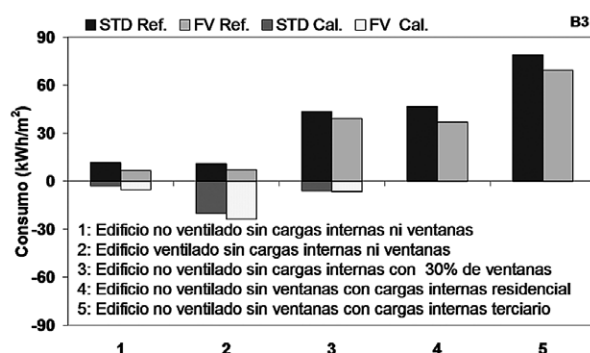


Figura 6. Consumos anuales de calefacción y refrigeración para mantener el edificio entre 20 y 25°C en Castellón.

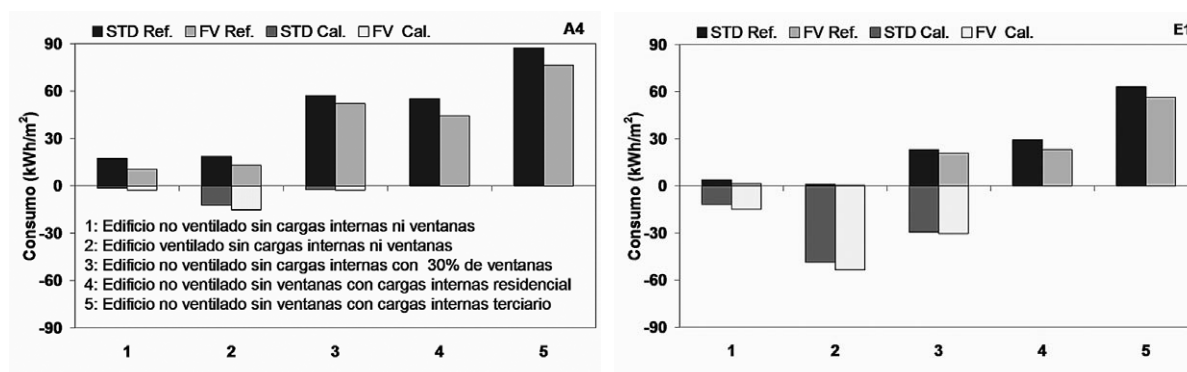


Figura 7. Demandas anuales de calefacción y refrigeración para mantener el edificio entre 20 y 25 °C en Almería (izquierda) y Soria (derecha).

Las ventanas son un elemento clave en la demanda energética de un edificio. Por una parte, aumentan significativamente las ganancias solares del edificio, pero también son una fuente importante de pérdida de calor. Al introducir las ventanas en el edificio se observa un aumento tanto en el consumo de calefacción como en la demanda de refrigeración. La magnitud de estos cambios depende de la zona climática.

Finalmente, al introducir cargas internas dentro del edificio se observa un aumento de la demanda de refrigeración y una disminución en la calefacción. De hecho las cargas internas actúan como fuentes de calor.

Cabe destacar que en todos los casos estudiados, los edificios con fachada ventilada presentan demandas menores de refrigeración y mayores de calefacción, aunque hay casos en que las demandas de calefacción son nulas o prácticamente nulas y, en estas situaciones, la fachada ventilada no conlleva un aumento en calefacción. Las diferencias observadas son menos importantes al introducir las ventanas ya que se reduce el área de fachada con cerramiento.

4.3. Demanda energética del edificio completo

4.3.1. Variables estudiadas

En esta parte del estudio se han simulado edificios completos considerando conjuntamente todas las variables que influyen sobre el consumo energético (cargas internas, consignas de temperatura, ventilación). La demanda energética de un edificio depende del uso que se hace del mismo: un edificio de uso residencial y otro de oficinas tendrán cargas internas diferentes (ocupación, equipos, luminarias) y diferente mobiliario y consignas de temperatura; por lo tanto presentarán demandas térmicas distintas. En este trabajo se han simulado edificios con dos tipologías diferentes, basándose en las condiciones propuestas en LIDER: *residencial* para viviendas y *no residencial intensidad media 12 h* para terciario.

Las cargas internas correspondientes a cada tipo de uso vienen recogidas en el documento "Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER

y *CALENER*” publicado por el Ministerio de vivienda y por el IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro energético) [12]. Para la ventilación se ha considerado 1 renovación de aire por hora en el caso del edificio terciario y 0,5 renovaciones por hora para viviendas. Estos valores cumplen con la calidad del aire exigida tanto por el *Código Técnico de la Edificación* para una vivienda media [13] como por el *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)* en el caso de oficinas [14]. Asimismo, en uso residencial, se abren las ventanas durante la noche en régimen de verano lo que conduce a 4 renovaciones de aire por hora según las especificaciones de LIDER [12].

Además se ha estudiado el efecto de la absorptancia α de la hoja externa. Una de las limitaciones de LIDER es que considera un valor constante ($\alpha = 0,6$), independientemente de si la superficie es clara (absorptancia baja) u oscura (absorptancia alta). En este estudio se han usado tres valores de absorptancia correspondientes a una fachada negra ($\alpha = 0,9$), una gris ($\alpha = 0,6$) y una blanca ($\alpha = 0,3$).

4.3.2. Efecto de las ganancias internas

La figura 8 recoge las demandas energéticas para diferentes cargas internas en el caso de un edificio de color negro para distintas zonas climáticas.

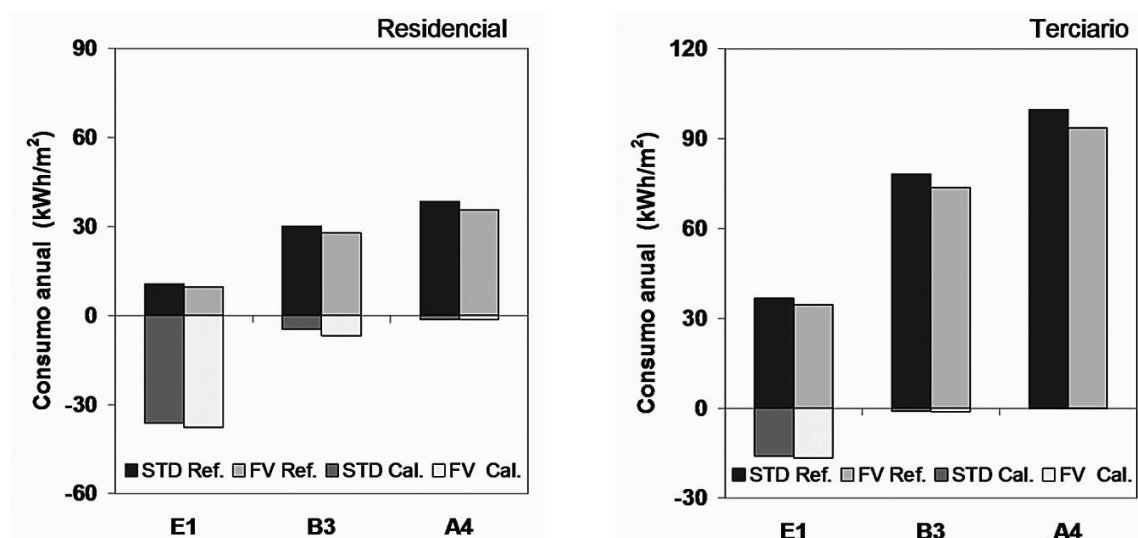


Figura 8. Demanda energética para viviendas (izquierda) y terciario (derecha) para un edificio negro.

Se observa que la tipología del edificio influye sobre su consumo energético. Los edificios de uso terciario necesitan menos calefacción y más refrigeración que un edificio de viviendas debido a unas cargas internas más elevadas y a distintos horarios de funcionamiento de los sistemas de climatización [12].

Asimismo, la fachada ventilada permite reducir la demanda de refrigeración en todos los casos, siendo más efectiva en zonas cálidas y para cargas internas más elevadas. Sin embargo, su uso conlleva un aumento en la demanda de calefacción por lo que no es recomendable instalarla en zonas climáticas más frías.

4.3.3. Efecto de la absorción de la hoja externa

La figura 9 representa los consumos energéticos de un edificio residencial situado en Castellón (zona climática B3), para diferentes valores de absorción de la hoja externa.

A medida que la hoja externa se hace más oscura (mayor absorción), el consumo de refrigeración aumenta. Este efecto es más acusado en edificios con fachada aplacada que con fachada ventilada, debido a que el calor disipado por una fachada ventilada de color negro es también mayor, compensando con ello la mayor ganancia solar. Por lo tanto, la reducción de la demanda de refrigeración debido a la fachada ventilada es mayor en cerramientos oscuros y tiene menor influencia sobre el consumo de un edificio claro.

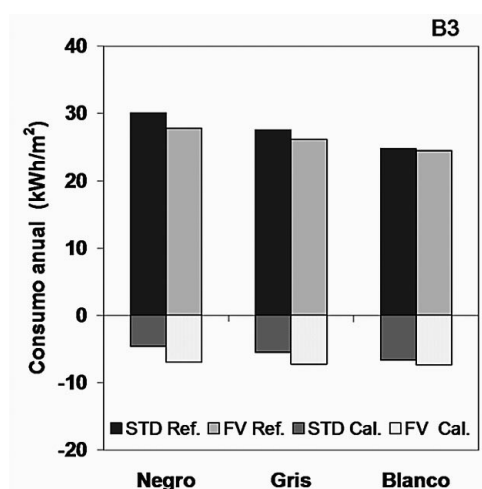


Figura 9. Demanda energética en función del color de la fachada para un edificio residencial en Castellón

Por otra parte, se confirma que el uso de una fachada ventilada en vez de un cerramiento convencional conlleva un ligero aumento de la demanda de calefacción. Este aumento es más importante para el edificio más oscuro.

4.4. Eficiencia energética de la fachada ventilada

Sobre la demanda energética influyen muchos factores, como se ha indicado anteriormente, siendo la ventilación de la cámara uno más. En líneas generales, la fachada ventilada va a reducir la demanda en refrigeración, aunque puede aumentar ligeramente el de calefacción. La reducción de la demanda en refrigeración podría lograrse actuando sobre la ventilación, pero a nivel del cerramiento, posiblemente el parámetro conceptualmente más sencillo de utilizar es el espesor de aislante. Habitualmente un incremento en el espesor de aislante reducirá tanto la demanda refrigeración como la de calefacción.

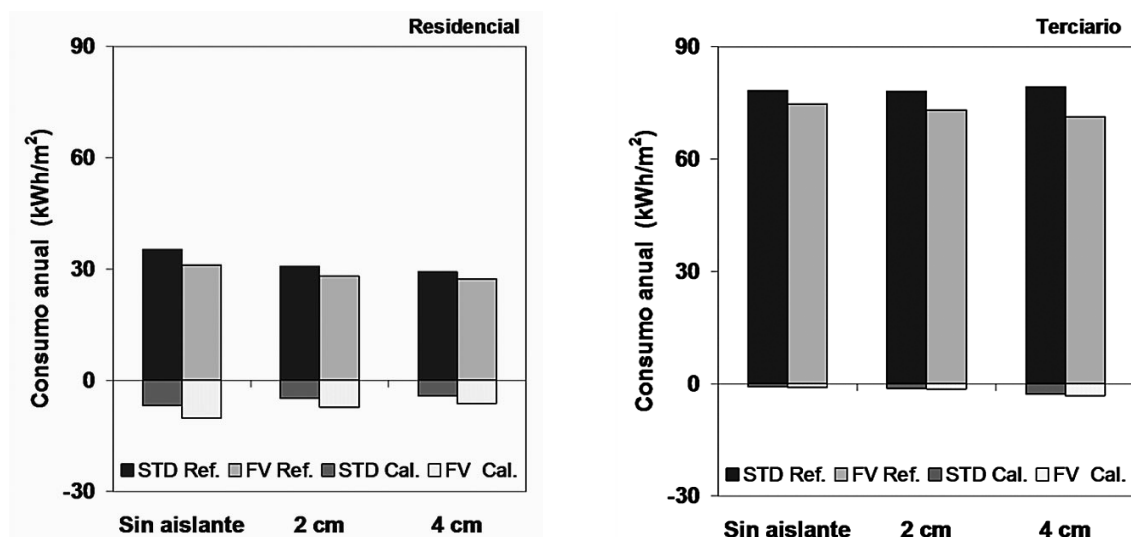


Figura 10. Demanda energética para viviendas (izquierda) y terciario (derecha) para un edificio negro situado en Castellón

En la figura 10 se muestra el efecto del espesor de aislante (a tres niveles: sin aislante, 2 cm y 4 cm) y el de la fachada ventilada para la zona climática B3. Con fines comparativos, la tabla 3 recoge los incrementos en las demandas energéticas de calefacción y refrigeración que se producen al añadir a un cerramiento sin aislamiento diferentes espesores de aislante o una cámara ventilada.

		Residencial		Terciario	
		ΔC_{cal} (kWh/m ²)	ΔC_{ref} (kWh/m ²)	ΔC_{cal} (kWh/m ²)	ΔC_{ref} (kWh/m ²)
E1	2 cm de aislante	-6.3	-1.6	-7.8	+2.0
	4 cm de aislante	-9.1	-2.2	-5.4	+1.3
	Cámara ventilada	+3.5	-2.1	+2.2	-3.8
B3	2 cm de aislante	-1.9	-4.5	-3.5	-1.0
	4 cm de aislante	-2.6	-6.0	-1.5	-1.2
	Cámara ventilada	+3.5	-4.2	+0.5	-8.0
A4	2 cm de aislante	-3.6	-6.0	-0.6	-3.9
	4 cm de aislante	-1.1	-8.0	-0.5	-3.6
	Cámara ventilada	+0.4	-4.9	+0.1	-10.7

Tabla 3. Incrementos en las demandas de calefacción y refrigeración al incorporar 4 cm de aislante o la fachada ventilada a un edificio sin aislamiento.

En la zona E1, se observa que la presencia de una cámara ventilada conduce a la misma reducción en refrigeración que 4 cm de aislante en residencial, y en terciario el papel del aislante es muy pequeño, aunque en esta zona climática es más significativa la calefacción que la refrigeración.

Más sentido tiene el análisis en zonas cálidas y templadas, en donde las demandas de refrigeración son las fundamentales. En la zona B3, la reducción de demanda de refrigeración en residencial al incorporar la fachada ventilada es prácticamente la misma que se produce al añadir 2 cm de aislante. En terciario el efecto es todavía más drástico, debido a las elevadas cargas internas, y el efecto de la cámara ventilada es muy superior al del aislamiento. Al incrementar el espesor de aislante, se reduce el calor que entra a través del cerramiento a la vez que se disipa menos calor a través de la pared, conduciendo a variaciones muy pequeñas en las demandas de refrigeración; en cambio, se reduce significativamente el consumo al incorporar una cámara ventilada.

5. CONCLUSIONES

A nivel de cerramiento, los cálculos indican que la fachada ventilada permite reducir la demanda energética de refrigeración respecto a un cerramiento convencional, especialmente en el caso de orientación sur, este u oeste. En cambio el uso de una cámara ventilada conlleva un ligero aumento de la energía necesaria para calefacción.

En un edificio real, las cargas internas (ocupación, equipos, luminaria), las consignas de temperatura y la ventilación influyen significativamente sobre la demanda energética. Todos estos factores han de ser considerados conjuntamente con el tipo de cerramiento (convencional o fachada ventilada).

Al aumentar la absorción de la hoja externa (pared más oscura) se produce un aumento del consumo de refrigeración y una disminución de la demanda de calefacción. La capacidad de reducción de la demanda de refrigeración de una fachada ventilada respecto a un cerramiento convencional es mayor en el caso de que la hoja externa sea oscura.

La fachada ventilada es especialmente adecuada en zonas cálidas y en edificios con alta demanda de refrigeración, ya que en estos casos permite reducir la demanda global del edificio.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana - IMPIVA (Proyecto PROMOVENT – IMPCMD/2010/208 y IMPCMD/2011/213).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. BARTOLOMÉ et al. Fachadas ventiladas y pavimentos técnicos: cerámica para la arquitectura. Castellón: ASCER; ITC, 2009.
- [2] G. SILVA, V. CANTAVELLA, J. BOIX, F.J. MIRA, J.E. JULIÁ. Análisis de la eficiencia energética de un cerramiento bioclimático cerámico. *Cerámica Información*, 357, 82-94, 2008.
- [3] M. CIAMPI, F. LECCESE, G. TUONI. Ventilated facades energy performance in summer cooling of buildings. *Solar Energy* (75) 491-502, 2003.
- [4] C. BALOCCO. A simple model to study façade energy performance. *Energy and Buildings* (34) 469-475, 2002
- [5] D.H.W. L, T.N.T. LAM. An analysis of building energy performances and benefits using solar façades. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy* 222: 299, 2008.
- [6] Y. PAN, R. YIN, Z. HUANG. Energy modeling of two office buildings with data center for green building design. *Energy and Buildings* (40) 1145-1152, 2008.
- [7] S. SCHIAVON, A. K. MELIKOV. Energy saving and improved comfort by increased air movement. *Energy and Buildings* (40) 1954-1960, 2008.
- [8] M. ORDENES, D. L. MARINOSKI, P. BRAUN, R. RÜTHER. The impact of building-integrated photovoltaics on the energy demand of multi-family dwellings in Brazil. *Energy and Buildings* (39) 629-642, 2007.
- [9] B GRIFFITH. A Model for Naturally Ventilated Cavities on the Exteriors of Opaque Building Thermal Envelopes. *SimBuild 2006*, Second National IBPSA-USA Conference, 2-4 August 2006, Cambridge, Massachusetts. <http://www.ibpsa.us/sb06pub.shtml> (consultado el 01/09/11).
- [10] E. NABONI. Ventilated opaque walls - A performance simulation method and assessment of simulated performance. *Seminar Notes at Lawrence Berkeley National Laboratory Environmental Energy Technologies Division Berkeley*, May 28, 2007. http://gundog.lbl.gov/dirpubs/vent_facade.pdf (consultado el 01/09/11).
- [11] Documentación del programa EnergyPlus. *User guides. Engineering references*. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_documentation.cfm (consultado el 01/09/11).
- [12] *Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER*. Guía para la calificación de eficiencia energética de edificios, publicada por el ministerio de vivienda, por el ministerio de industria, turismo y comercio (IDAE), 2009. <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/documentosreconocidos.aspx> (consultado el 01/09/11).
- [13] Documento Básico HS Salubridad. *Código técnico de la edificación*. http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB_HS_2009.pdf (consultado el 01/09/11).

- [14] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). REAL DECRETO 1027/2007. *BOE* (207), 35931-35984, 2007.