





MEJORAS EN EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS EN VERANO MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE ENVOLVENTES VENTILADAS EN FACHADAS NORTE Y CUBIERTAS. EL CASO DE MENDOZA, ARGENTINA.

Recibido 31/08/2020
Aceptado 12/12/2020

IMPROVEMENTS IN THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS IN SUMMER, THROUGH THE INTEGRATION OF VENTILATED ENVELOPES ON NORTH-FACING FACADES AND ROOFS. THE CASE OF MENDOZA, ARGENTINA.

JULIETA BALTER
Doctora en Arquitectura
Investigadora Asistente

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE). Centro Científico Tecnológico Mendoza. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Mendoza, Argentina
<https://orcid.org/0000-0002-7785-8465>
jbalter@mendoza-conicet.gob.ar

CAROLINA GANEM
Doctora en Arquitectura
Investigadora Independiente

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE). Centro Científico Tecnológico Mendoza. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Mendoza, Argentina
<https://orcid.org/0000-0002-1431-1219>
cganem@mendoza-conicet.gob.ar

GUSTAVO BAREA
Doctor en Ciencias
Investigador Asistente

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE). Centro Científico Tecnológico Mendoza. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Mendoza, Argentina
<https://orcid.org/0000-0002-5643-3206>
gbarea@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN

La propuesta de medidas de eficiencia energética en el sector residencial de Argentina requiere el análisis de las posibilidades arquitectónicas de rehabilitación edilicia con tecnologías que disminuyan los consumos energéticos, factibles de implementarse a nivel local. En regiones con alto nivel de radiación solar, como es el caso de la ciudad de Mendoza, pueden reducirse los flujos de calor transmitidos al interior mediante la ventilación natural de las capas en la envolvente -tanto en fachadas como en cubiertas-, obteniéndose así importantes ahorros en los consumos para refrigeración. El presente trabajo evalúa el potencial de mejora con la integración de envolventes ventiladas. La metodología del trabajo se estructura en dos etapas: i) relevamiento de edificios residenciales, según la tipología morfológica, y análisis de las posibilidades de rehabilitación con fachada ventilada, de acuerdo a las superficies de envolvente expuesta por orientación; ii) simulación de un caso de estudio -previamente validado con mediciones in situ- con el software EnergyPlus. Al integrar fachadas y cubiertas ventiladas se lograron importantes ahorros energéticos del orden del 32%, considerando al edificio sin usuarios (desocupado). Para el caso de las unidades del último piso, con cubiertas expuestas al exterior se registraron ahorros energéticos del 260%.

Palabras clave

envolvente ventilada, rehabilitación edilicia, eficiencia energética, consumos para refrigeración

ABSTRACT

The proposal of energy efficiency measures in the residential sector in Argentina requires analyzing the architectonic possibilities of building rehabilitation using technologies that reduce energy consumption, that are feasible to implement locally. In regions with high solar radiation levels, as is the case of the city of Mendoza, heat fluxes transmitted inside can be reduced by the natural ventilation of the layers in the envelope, both on facades and roofs, thus obtaining significant savings in consumption for cooling purposes. This work evaluates the potential for improvement with the integration of ventilated envelopes. The work methodology is structured in two stages: i) survey of residential buildings by morphological typology and analysis of rehabilitation possibilities with ventilated facades, considering the exposed envelope surfaces by orientation; ii) simulation of a case study - previously validated with onsite measurements - using the EnergyPlus software. On integrating ventilated facades and roofs important energy savings of around 32% were achieved, considering the building without users (unoccupied). In the case of units on the top floor, with roofs exposed to the outside, energy savings of 260% were recorded.

Keywords

Ventilated envelope, Building rehabilitation, Energy efficiency, Cooling consumption

INTRODUCCIÓN

Frente al contexto de crecimiento continuo de los precios de la energía a nivel mundial y en pos de apoyar los esfuerzos globales de mitigar el calentamiento global, la rehabilitación edilicia se configura como una estrategia conocida para mejorar la eficiencia energética de los edificios. La rehabilitación de la envolvente presenta beneficios, no sólo en cuanto a los ahorros energéticos de los espacios, la mejora del microclima interior y la reducción de emisiones contaminantes obtenidos, sino también en relación a la viabilidad técnica y económica de un proyecto (Ascionea, Biancoa, De Masib, y Vanolib, 2013). Al respecto, se han generado indicadores válidos a partir de la creación de herramientas, mediante normativas (ISO y ASTM), aportando conocimientos económicos para la ejecución de mejoras energéticas en viviendas unifamiliares existentes (Pérez Fargallo, Calama Rodríguez y Flores Alés, 2016). Los resultados del estudio citado indican que, en relación a los muros, la inversión en un edificio aislado del lado exterior es tres veces superior a la de una vivienda entre medianeras con aislación interior.

Las investigaciones sobre las estrategias pasivas en la envolvente han aumentado considerablemente, ofreciendo un importante aporte al ámbito de la arquitectura. Antecedentes, en este sentido, incluyen una serie de recomendaciones de diseño y construcción, que abarcan tanto las referidas a valores de transmitancia, como a la incorporación de factores de ponderación según la posición del aislamiento y de la masa térmica (Damico *et al.*, 2012; Leccese, Salvadori, Asdrubali y Gori, 2018; Albayyaa, Hagare y Saha, 2019; Raimundo, Saraiva y Oliveira, 2020; Cabeza y Gracia, 2021). Por otro lado, en función de contemplar el calentamiento global y las predicciones climáticas, se han estudiado estrategias de diseño arquitectónico genéricas de adaptación desde el punto de vista pasivo, determinando escenarios climáticos para los años 2020, 2050 y 2080 (Rubio-Bellido, Pulido-Arcas, y Ureta-Gragera, 2015; Filippin, Ricard, Flores Larsen y Santamouris, 2017; Haddad *et al.*, 2020).

En cuanto a las regiones con alto nivel de radiación solar, una de las estrategias factibles de aplicación para mejorar las condiciones termo-energéticas en épocas de temperaturas elevadas, es la de reducir los flujos de calor transmitidos al interior mediante la ventilación natural de las capas de la envolvente -tanto en fachadas como en cubiertas-, obteniéndose ahorros en los consumos para climatización que pueden llegar hasta un 80% (Domínguez Delgado, Durand Neyra y Domínguez Torres, 2013; Gagliano, Patania, Nocera, Ferlito y Galesi, 2012). El sistema de envolvente ventilada se constituye a partir de una cámara de aire limitada por dos hojas opacas, en la que el aire exterior accede libremente. La cámara ventilada crea un "efecto chimenea" provocado por el calentamiento de la hoja exterior, por lo que se produce una variación de la densidad del aire interior de la cámara

respecto al aire ambiente del exterior, con el consiguiente movimiento por convección natural. Durante el verano, la hoja exterior bloquea la radiación solar, disminuyendo la temperatura superficial de la hoja interior; mientras que, en invierno, el movimiento del aire en la cámara y su consecuente disminución de temperatura, permite la evacuación del vapor de agua, disminuyendo la posibilidad de condensaciones intersticiales (Suárez y Molina, 2015). Esto es debido al aumento del flujo de calor en el interior de la cámara, generado por la radiación solar directa que incide en la hoja exterior y las consecuentes transferencias de calor por conducción y convección en la cámara de aire. Además, esta mejora se debe a la posibilidad de disponer de aislación térmica continua en la cara exterior del cerramiento interior y al hecho de disponer de una protección frente a la radiación solar directa sobre el cerramiento que limita el espacio habitable.

En relación con la envolvente vertical, las fachadas ventiladas se componen por una hoja interior -liviana o de albañilería tradicional- y una exterior, compuesta por placas que pueden ser de una gran variabilidad de materiales, tamaños y colores, normalmente de juntas abiertas (ver Figura 1). En términos de antecedentes a nivel académico, diversos estudios han abordado la temática, con diferentes metodologías de estudio que al mismo tiempo pueden combinarse entre sí. La gran mayoría de los trabajos se realizan a través de simulaciones computacionales dinámicas (Balocco, 2002; Balocco, 2004; Patania, Gagliano, Nocera, Ferlito y Galesi, 2010; San Juan, Suárez, González, Pistono y Blanco, 2011; Suárez y Molina, 2015; Peci López y Ruiz de Adana Santiago, 2015, Gagliano, Nocera y Aneli, 2016), aunque en algunos casos se han creado prototipos experimentales (Sandberg y Moshfegh, 1996; Peci López, Jensen, Heiselberg y Ruiz de Adana Santiago, 2012; Sánchez, Giacola, Suárez, Blanco y Heras, 2017) y en otros se ha trabajado mediante el monitoreo de edificios reales en uso (Stazi, Tomassoni, Veglio y Di Perna, 2011; Aparicio Fernández, Vivanco, Ferrer Gisbert y Royo Pastor, 2014; Gregorio Atem, 2016). Los resultados del desempeño térmico del sistema en estudio en el período estival muestran reducciones del orden del 58% de la carga térmica obtenida al usar una fachada ventilada en comparación a una fachada sin ventilación (Fantucci, Marinosci, Serra y Carbonaro, 2017), así como importantes disminuciones de consumos de energía para climatización, con tasas de ahorro de energía para enfriamiento pasivo entre el 35% y el 80% (Domínguez Delgado *et al.*, 2013).

El resultado de estudios experimentales realizados en verano demuestra que la orientación al ecuador tiene el mejor desempeño en cuanto a valores de velocidad y caudal de aire en la cámara ventilada (Balter, Pardo, Paricio y Ganem, 2019; Stazi *et al.*, 2011). Asimismo, un análisis termodinámico del desempeño en la cámara -con velocidades de aire máximas entre 0.45m/s y 1.9m/s- afirma que los ahorros energéticos para enfriamiento en verano aumentan a medida que aumenta la radiación solar incidente (Patania *et al.*, 2010). Dicho trabajo muestra que



Detalle constructivo e imágenes de Fachada Ventilada con revestimiento cerámico

Fachadas Ventiladas en obra con revestimiento porcelanato

Figura 1. Diferentes resoluciones de fachadas ventiladas en Barcelona, España. Fuente: Elaboración de los autores¹

las diferencias térmicas y de velocidad de aire en la cámara se deben, principalmente, a las propiedades termo-físicas de la hoja exterior: se indica en verano una reducción del flujo de calor que ingresa al edificio superior al 40% en comparación con la misma fachada sin ventilar.

Respecto a las cubiertas, se ha analizado el comportamiento térmico en verano de techos ventilados mediante simulación computacional de dinámica de fluidos (CFD, por su sigla en inglés), y se obtuvieron reducciones de los flujos de calor del orden del 50% (Gagliano et al., 2012). La misma metodología (CFD), que utiliza métodos numéricos y algoritmos para resolver y analizar problemas sobre el flujo de fluidos, ha sido empleada para el estudio de la influencia de diferentes parámetros -espesor de la cámara de aire, pendiente de la cubierta, dimensiones de la salida de aire y coeficiente de absorción de la superficie externa- con resultados que revelan la importante influencia del espesor de la cámara en los retardos de temperatura del ambiente interior, por lo que se recomienda un espesor de 100mm en función de mejorar la velocidad del flujo del aire en la cámara ventilada (Li, Zheng, Liu, Qi y Liu, 2016).

Además de las propiedades físicas y constructivas de los elementos del sistema, el movimiento de aire en la cámara es un factor importante en su desempeño eficiente. En este sentido, los antecedentes demuestran

que, si bien las principales variables que inciden en dicho movimiento son la radiación solar y la velocidad del aire exterior, el ancho de la cámara también es influyente. En el trabajo de Balocco (2002) se obtienen aumentos del flujo de aire en relación a este ancho, con disminuciones en verano del sobrecalentamiento por radiación del 27% con cámara de 35cm, mientras que las disminuciones con cámara de 7cm son del 7%. De todos modos, muchos trabajos coinciden en que es importante realizar un análisis detallado del contexto previo, antes de encarar un proyecto nuevo o de rehabilitación. Para esto deben tenerse en cuenta el clima local, el diseño específico del cerramiento, las diferencias físicas y operativas de la construcción (ubicaciones de entrada y salida de aire, espesor de la cámara, propiedades físicas de los materiales), el uso y el confort deseado del edificio, así como el costo de la energía primaria y las emisiones de CO₂ (Ibáñez-Puy, Vidaurre-Arbizu, Sacristán-Fernández y Martín-Gómez, 2017; Elarga, De Carli y Zarrella, 2015; Aparicio Fernández et al., 2014; Peci López et al., 2012; San Juan et al., 2011).

En torno al contexto de estudio, se debe indicar que el centro oeste de Argentina cuenta con un abundante recurso solar. Específicamente, Mendoza se emplaza en una zona árida fría continental, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen y Geiger (1936), con considerables diferenciaciones en las temperaturas

¹ Las imágenes de los edificios en obra fueron obtenidas por la Dra. Cristina Pardal, del Departamento de Tecnología en la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña.

estacionarias y diarias (de 10 a 20°C). En cuanto al recurso solar, la ciudad cuenta con cielos despejados durante un 76% del año, con una radiación global media en diciembre sobre superficie horizontal de 25,4 MJ/m² por día en verano y de 9,10 MJ/m² por día en junio (invierno). Esta condición representa una oportunidad para el acondicionamiento pasivo de los espacios y, en este marco, los sistemas de envolvente opaca con ventilación natural son una alternativa viable de ser incorporada, debido a su buen desempeño en zonas de alta radiación.

Desde el punto de vista de la estructura urbana, la ciudad de Mendoza (32° 40' LS - 68° 51' LO) se caracteriza por ser una ciudad-oasis (Bórmida, 1984) producto de su intensa forestación inscrita en una zona árida. La ciudad define, desde un enfoque ambiental, dos estratos en altura dados por dicha forestación: con y sin arbolado. En este contexto, los espacios interiores ubicados hasta el tercer nivel -bajo la copa de los árboles- gozan de una situación micro-climática moderada y se ven beneficiados térmica y energéticamente. Mientras que en los espacios de los niveles superiores -a partir del cuarto nivel, es decir, sobre la copa de los árboles- la situación es más extrema y los consumos para climatización son mayores debido a la exposición completa de sus envolventes. Aun cuando las construcciones en altura de la ciudad desarrolladas en los últimos 15 años tienden registrar altos porcentajes de superficie transparente en la envolvente, la mayoría de los edificios residenciales existentes en Mendoza corresponden a una materialidad mayormente opaca. Sin embargo, estos no presentan materiales aislantes y en pocos casos cuentan con elementos de control solar en la envolvente.

Dicha situación, a la que se suma el creciente uso de sistemas de envolventes ventiladas en países de Europa, permite plantear interrogantes acerca de las posibilidades de inserción de estos sistemas en nuestro contexto de estudio: una zona de alto recurso solar. El abordaje integral del tema requiere de un proceso que considere el análisis desde diferentes perspectivas: por un lado, desde la eficiencia energética del sistema de envolvente de acuerdo a las características climáticas de la región, tanto para rehabilitación edilicia como para edificios nuevos; y, por otro, desde la disponibilidad tecnológica y las posibilidades legales existentes para poder incorporar apropiadamente los sistemas ventilados en sus diferentes escalas urbanas y sociales². En el presente trabajo se lleva a cabo el primero de los abordajes mencionados, a partir del

cual queda definido el siguiente objetivo: Evaluar las posibilidades formales de rehabilitar edificios residenciales en el contexto urbano-arquitectónico de alta densidad de la ciudad Mendoza, a fin de disminuir las cargas energéticas para refrigeración, mediante la incorporación de envolventes ventiladas sobre la fachada norte y la cubierta.

METODOLOGÍA

La metodología del trabajo se estructura en dos etapas: i) relevamiento de edificios residenciales según la tipología morfológica y análisis de las posibilidades de rehabilitación con fachada ventilada, de acuerdo a las superficies de envolvente expuesta por orientación; ii) simulación de un caso de estudio -previamente validado con mediciones *in situ*- con el software *EnergyPlus*.

RELEVAMIENTO Y ANÁLISIS DE REHABILITACIÓN EDILICIA CON FACHADA VENTILADA SEGÚN ORIENTACIÓN

El área de estudio corresponde, según el Código de edificación de la ciudad de Mendoza, a la Zona Central 2 -zona de mayor densidad edilicia en altura de carácter mayormente residencial-, y su densidad poblacional estimada es de más de 800 hab./ha. La zona dispone de tres de las plazas principales en el damero de la ciudad. Los canales viales son 14, de los cuales 12 tienen 20 metros de ancho y 2 de ellos, 30 metros de ancho. Estos conforman un total de 32 manzanas. Con el objetivo de evaluar las posibilidades de rehabilitar las fachadas según la orientación expuesta, se relevaron las construcciones que sobrepasaran el nivel máximo de la copa de los árboles (rasgo característico de la "ciudad-oasis" de Mendoza), esto es: edificaciones que contaran con 5 o más niveles (a partir de PB + 4). Según la morfología de los edificios en altura, en Mendoza existen tres tipologías, de acuerdo a las normativas edilicias vigentes al momento de su construcción: 1. Edificio en altura entre medianeras; 2. Torre; y 3. Basamento y torre.

En la Figura 2 se muestran imágenes de la ciudad de Mendoza y el área del relevamiento edilicio, con un conjunto muestral de 67 edificios residenciales, de los cuales 26 pertenecen a la tipología de edificio en altura entre medianeras; 15, a la de torre retirada; y otros 26, a la tipología de basamento y torre.

2 En el área de Mendoza, las nuevas tecnologías con niveles de innovación local encuentran limitaciones para cumplimentar los requisitos normativos, ya que no siempre se cuenta con los respaldos de las instituciones involucradas para su aprobación definitiva. En este escenario, sólo las tecnologías formales -gran parte de las cuales, en nuestro caso, son de origen extranjero- responden a dichos requerimientos, pero en general son de implementación selectiva dada su escala y altos costos. Las posibilidades de incluir otras tecnologías viables que puedan generarse y/o adaptarse para ser implementadas en la mediana y baja escala edilicia, son limitadas.

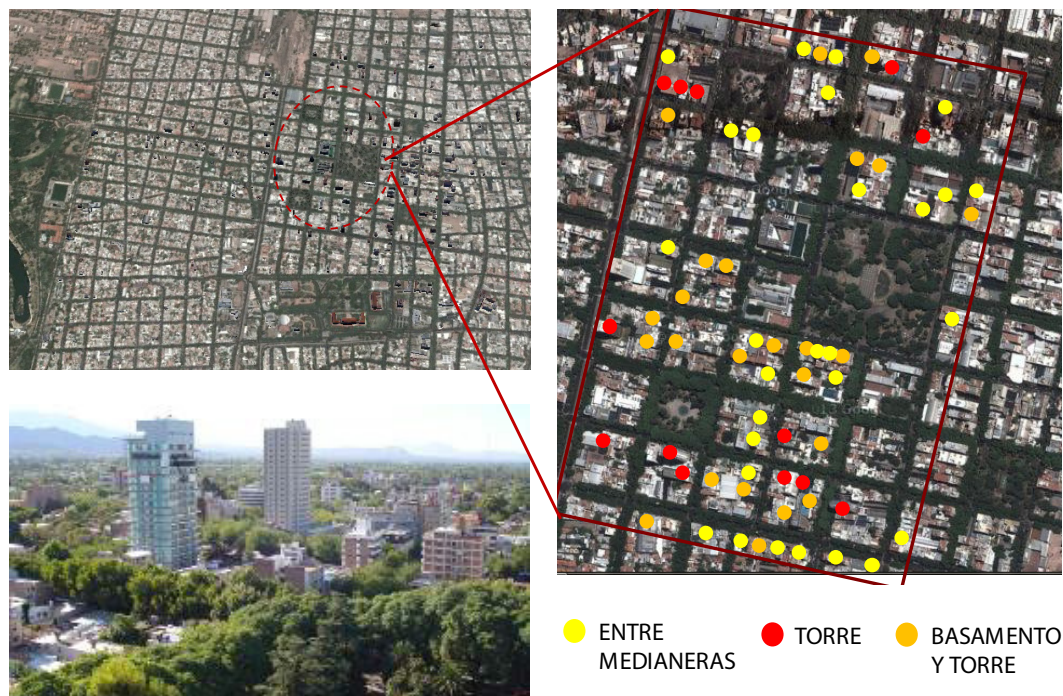


Figura 2. Imágenes de la ciudad de Mendoza. Área de edificios en altura relevados. Fuente: Elaboración de los autores.

A partir del relevamiento de casos por tipología morfológica, se analizaron en cada uno de los edificios las siguientes variables (Tabla 1): altura por niveles, fachadas frontales expuestas por orientación, materialidad opaca de la envolvente vertical, porcentaje de superficie de envolvente opaca y transparente por fachada y orientación, y relación de superficie ventana-pared (WWR, por su sigla en inglés *Window to Wall Ratio*). Cabe aclarar que algunos de los casos relevados se encuentran ubicados en esquinas, por lo cual cuentan con fachada frontales en dos orientaciones.

Seguidamente, y en función de diagnosticar las posibilidades de rehabilitación por fachada, se analizaron las condiciones de la envolvente mediante el relevamiento de la cantidad de superficie expuesta por orientación. De tal análisis, surgieron las siguientes valoraciones: se consideran posibles de rehabilitar fachadas con más del 50% de superficies continuas en altura sin aventanamientos, dado que, de lo contrario, el beneficio de la cámara ventilada se perdería. No obstante, en los casos que cuentan con fachadas expuestas con más del 50% de huecos o elementos que impiden la continuidad de la cámara (como balcones), podría considerarse la implementación del sistema en estas orientaciones, meramente como un revestimiento, a fin de lograr edificios con una imagen homogénea y equilibrada. De igual modo, los edificios en altura pertenecientes a la tipología de edificio en altura entre medianeras, construidos según las normativas anteriores a 1970, presentan fachadas ciegas en las orientaciones que limitan con los terrenos colindantes. Actualmente, dado que el código de edificación actual no permite construcciones pegadas a las líneas de edificación mayores a 10m, estas fachadas ciegas

presentan posibilidades de ser intervenidas y rehabilitadas, con los consecuentes beneficios energéticos. Sin embargo, existe el riesgo de contar en un futuro con un edificio en torre colindante a una distancia mínima de 3 metros, con lo cual la incidencia de radiación quedaría obstruida. Se clasifican entonces las siguientes condiciones, según cada orientación:

- Posible de rehabilitar con fachada ventilada
- Posible de rehabilitar con fachada ventilada en límite colindante
- No es posible intervenir

En la Figura 3 se exponen los resultados arrojados por el relevamiento. En la tipología de edificio en altura entre medianeras es posible rehabilitar las fachadas de 14 casos, de los cuales sólo 6 cuentan con posibilidades de rehabilitar la fachada norte; y en 2 de ellos puede rehabilitarse también la fachada este. En el caso de la tipología de Torre, es posible rehabilitar 7 edificios, y 4 de ellos permiten intervenir la fachada norte. En aquellos que corresponden a la tipología de Basamento y torre, ninguno de los casos cuenta con posibilidades de rehabilitación en la orientación norte. Es importante aclarar que el criterio definido de no intervenir, se debe, en algunos edificios, a que se trata de fachadas con más del 50% de superficies acristaladas o con balcones a lo ancho de la fachada que obstaculizarían el flujo de aire continuo en la cámara. Ahora bien, en otros casos, el criterio se basa en que son edificios con una marcada tendencia arquitectónica (brutalismo, postmodernismo) o de materialidad (revestimientos de piedra natural). Aquí la rehabilitación les restaría a los

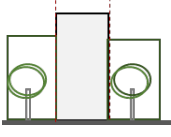
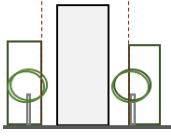
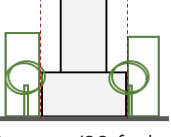
TIPOLOGÍA		ENTRE MEDIANERAS				TORRE				BASAMENTO Y TORRE			
		 26 edificios (32 fachada frontales)				 15 casos (16 fachadas frontales)				 26 casos (33 fachada frontales)			
VARIABLE DE ANÁLISIS													
		Altura (niveles)	> 7	21				11				16	
7 a 10	5				1				7				
< 10	-				3				3				
Fachadas frontales expuestas por orientación	Norte	13				5				11			
	Sur	7				6				3			
	Este	7				2				6			
	Oeste	5				2				6			
Materialidad opaca de envolvente vertical	Ladrillo + revoque	21				11				17			
	Ladrillo + rev. cerámico	1				-				-			
	Ladrillo + rev. piedra	2				2				2			
	Ladrillo visto	-				-				4			
	H°A°	1				-				3			
	H°A° + ladrillo + rev. piedra	1				-				-			
	H°A° + placas yeso	-				2				-			
Relación de superficie ventana-pared (WWR)	0 a 0.19	1				1				1			
	0.2 a 0.39	24				11				20			
	0.4 a 0.59	1				2				2			
	0.6 a 0.79	-				-				3			
	0.8 a 1	-				1				-			
% Sup. de envolvente opaca expuesta por fachada		N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O
	> 40	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	-
	40 a 60	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1
	60 a 80	12	6	4	5	4	4	2	1	10	1	5	5
	< 80	1	1	3	-	1	1	-	1	1	1	1	3
% Sup. de env. transparente expuesta por fachada	> 40	12	7	7	5	3	6	2	2	11	2	6	8
	40 a 60	1	-	-	-	2	-	-	-	-	1	1	1
	60 a 80	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-
	< 80	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Tabla 1. Variables analizadas de las tipologías de edificios objeto de estudio. Fuente: Elaboración de los autores.

edificios su valor arquitectónico. Igualmente, la fachada sur, en el hemisferio sur, recibe sólo un 2.3% de radiación solar directa en comparación a la fachada norte. Por este motivo, no se consideran edificios en los que no es posible implementar el sistema en estudio.

SIMULACIÓN DE CASO AUDITADO EN ENERGYPLUS

El presente trabajo toma como caso de estudio uno de los edificios analizados con posibilidades de rehabilitar (caso 4 en Figura 3), correspondiente a la tipología de edificio en altura entre medianeras (ver Figura 4). Si bien el edificio analizado se encuentra orientado al norte, y con posibilidades de rehabilitar dicha fachada, la aplicación de la metodología adoptada es factible de replicarse tanto para otras locaciones, como para otros edificios con diferentes orientaciones.

El edificio posee una altura total de 25 m (planta baja + 7). En términos de materialidad de la envolvente, cuenta con muros exteriores de ladrillo cerámico hueco de 0.30 m con revoque y pintura sin aislación, y las cubiertas están compuestas por losas de hormigón armado. Las ventanas son de vidrios simples de 4mm y carpintería de madera. Las divisiones interiores de las viviendas son de ladrillo cerámico de 0.10 m de espesor. El edificio presenta, en su fachada frontal, balcones de 1.20 m de profundidad que hacen las veces de aleros, y dispone de persianas corredizas con celosías de madera color blanco en todas las aberturas. Respecto al porcentaje de la envolvente expuesta, esta registra un valor de 0.30 de relación de superficie ventana-pared (WWR, por su sigla en inglés *Window to Wall Ratio*).

En concreto, se efectuaron mediciones higro-térmicas en el interior y exterior del edificio, específicamente en las viviendas del primer y quinto nivel. El monitoreo *in situ* fue realizado durante el curso de un año, en períodos entre veinte y treinta días, dados en cada una de las cuatro estaciones. Se utilizaron micro-adquisidores de datos de temperatura y humedad HOBO U.12 de la marca ONSET, con intervalos de registro cada 15 minutos simultáneos en todos los instrumentos. Las mediciones de radiación solar global se efectuaron con un Solarímetro CM 5 KIPP & ZONEN en los mismos períodos y con la misma frecuencia de toma de datos establecida para las mediciones de temperatura de aire y humedad. Esto permitió realizar el ajuste y validación del modelo con el software de simulación dinámica *EnergyPlus*. En este estudio se desarrollaron dos archivos climáticos: uno, para la condición dada sobre la copa de los árboles, que contiene las mediciones realizadas de temperaturas y radiación solar global (viviendas a partir del cuarto nivel); y un segundo archivo en el cual se modificó la radiación incidente bajo la arboleda urbana, a fin de contemplar la situación debajo la copa de los árboles (viviendas hasta el 3° nivel, correspondiente a los 12 m de altura máxima). Para ello se tienen en cuenta los estudios llevados a cabo sobre el grado de permeabilidad de árboles en ciudades del centro oeste de Argentina (Cantón,

ENTRE MEDIANERAS					TORRE					BASAMENTO Y TORRE				
	N	S	E	O		N	S	E	O		N	S	E	O
1					1					1				
2					2					2				
3					3					3				
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
10					10					10				
11					11					11				
12					12					12				
13					13					13				
14					14					14				
15					15					15				
16										16				
17										17				
18										18				
19										19				
20										20				
21										21				
22										22				
23										23				
24										24				
25										25				
26										26				

REFERENCIAS

- Posible rehabilitar
- Rehabilitación en límite colindante
- No es posible rehabilitar

Figura 3. Resultados del relevamiento de fachadas posibles de rehabilitar, por edificio y por orientación. Fuente: Elaboración de los autores.

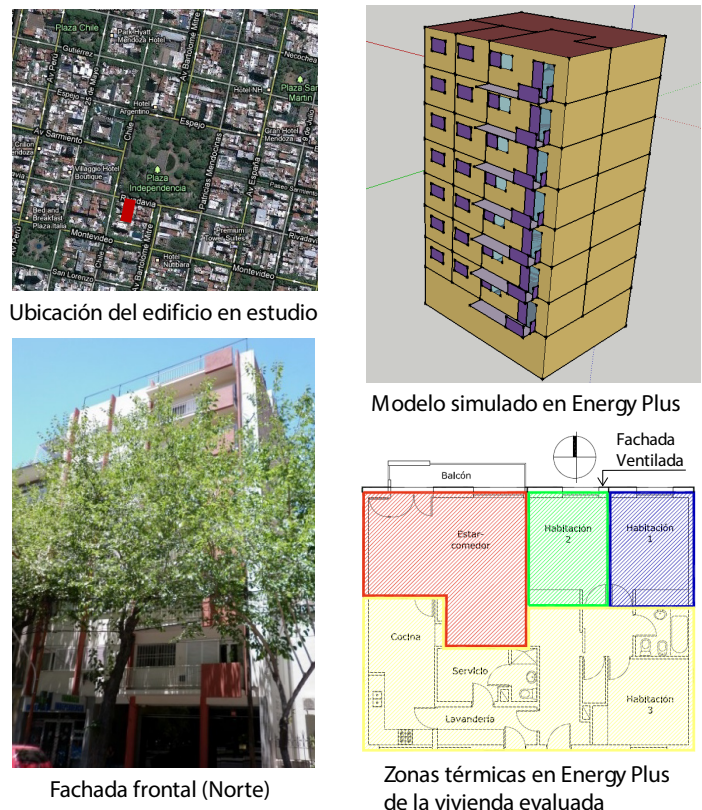


Figura 4. Edificio de tipología de “Edificio en altura entre medianeras” evaluado. Fuente: Elaboración de los autores.

Propiedades de la cavidad ventilada exterior	Unidad de medida	Valor
Fracción de área de aberturas	adimensional	1
Emisividad térmica de la placa exterior (tipo placa cementicia)	adimensional	0.9
Absortividad solar de la placa exterior (tipo placa cementicia)	adimensional	0.1
Aislación térmica (poliestireno expandido)	m	0.05
Altura de la cámara ventilada	m	2.7
Espesor de la cámara ventilada	m	0.1
Relación entre la superficie real y la superficie proyectada	adimensional	1
Rugosidad de la superficie exterior	adimensional	Suave
Perforaciones respecto al viento	adimensional	0.25
Coefficiente de descarga para aberturas respecto al flujo por flotabilidad	adimensional	0.65

Tabla 2. Elementos de entrada para la definición de la envolvente ventilada en *EnergyPlus*. Fuente: Elaboración de los autores.

Mesa, Cortegoso, De Rosa, 2003). Dicha permeabilidad a la radiación global al mediodía solar correspondiente a la arboleda urbana existente en el caso de estudio (*Morus Alba*) es del 31,4% en verano. Las especificaciones de dicho monitoreo y su ajuste por simulación se encuentran en la bibliografía citada (Balter, Ganem y Discoli, 2016).

La envolvente ventilada se incorporó en todas las fachadas frontales de los departamentos orientados al norte y en la cubierta de la unidad de vivienda del último nivel (séptimo). Se considera que uno de los elementos de partida para la rehabilitación energética edilicia es la incorporación de aislación en la envolvente, por lo cual los casos evaluados y comparados contaron con poliestireno expandido de 5 cm del lado exterior del muro. De esta manera, la rehabilitación en estudio se enfocó particularmente en evaluar los efectos de la incorporación de la cámara ventilada y la capa exterior en la envolvente.

Con dicho fin, se utilizó, dentro del módulo de construcciones avanzadas, el objeto de "Cavidad exterior naturalmente ventilada" (*Exterior Natural Vented Cavity*) empleado para trazar una capa separada de la capa interior, lo que permitió definir las características de la cavidad y las aberturas para superficies exteriores con ventilación natural (Tabla 2). Este objeto se usó junto con el modelo de otras condiciones laterales (*Other Side Conditions Model*), en donde se configuró la opción de "espacio de convección por radiación" (*Gap Convection Radiation*), la cual proporciona las condiciones de contorno para la convección y la radiación térmica de la cámara de ventilación modelada por separado a la superficie de la envolvente.

Para el análisis de los consumos energéticos correspondientes a enfriamiento, se programaron termostatos de 24°C para todas las zonas térmicas en estudio.

En cuanto al archivo de clima utilizado para la simulación, se trabajó con datos micro-climáticos generados a partir de

la validación de datos monitoreados *in situ* con el software de simulación dinámica ENVI-met (Balter, Alchapar, Correa y Ganem, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 5 se registran los resultados de la comparación entre los siguientes casos:

- Sin Fachada Ventilada (Sin FV): ladrillo cerámico 0.30m + poliestireno expandido 0.05m + revoque exterior. Cubierta: losa de hormigón.
- Con Fachada Ventilada (Con FV): ladrillo cerámico 0.30m + barrera de vapor + poliestireno expandido 0.05m + cámara ventilada de 0.10m + placa exterior. Cubierta: losa de hormigón.
- Con Fachada y Cubierta Ventiladas (Con FV y CV): ladrillo cerámico 0.30m + barrera de vapor + poliestireno expandido 0.05m + cámara ventilada de 0.10m + placa exterior. Losa de hormigón + cámara ventilada de 0.10m + placa exterior. Cubierta: losa de hormigón.

Las características dimensionales de la cámara de aire ventilada y las características termo-físicas de la placa exterior se presentan en la Tabla 2.

La incorporación de ventilación en la fachada implica una disminución de cargas energéticas para refrigeración -considerando 24°C interiores-, del orden del 1% como promedio del total del edificio. Estos porcentajes moderados se deben, por un lado, a que la comparación realizada se enfoca específicamente en la incorporación de la cámara ventilada y la capa exterior, es decir que el caso base (sin FV) cuenta con aislación y revoque en la parte exterior de la envolvente. Y, por otro lado, estas reducciones se ven afectadas por el carácter compacto de las viviendas, en donde sólo un 12% del total de la envolvente de cada unidad

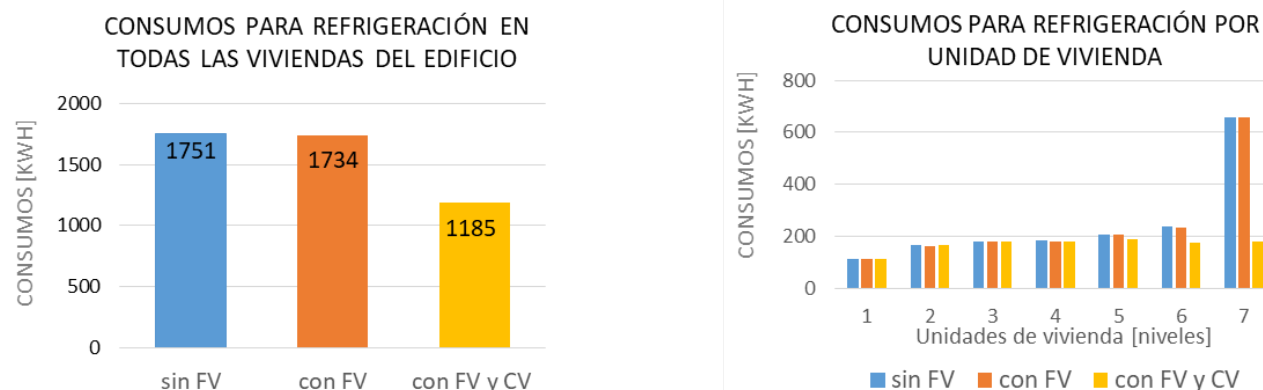


Figura 5. Consumos energéticos para refrigeración simulados en EnergyPlus. Fuente: Elaboración de los autores.

se encuentra expuesta al norte. Asimismo, la fachada norte recibe sólo el 16% de la radiación incidente en verano y, en el caso de la ciudad de Mendoza, este porcentaje se ve disminuido en gran medida (incluso más de un 50%) debido al arbolado urbano.

Con todo, al incorporar ventilación en la cubierta de la vivienda del último nivel -ubicada en el séptimo piso-, los resultados promedio del total del edificio muestran mejoras energéticas del 32%. En este caso, la disminución en los consumos de las viviendas de los primeros cuatro niveles es del orden del 1.7%; porcentaje que asciende a medida que aumenta la altura de las viviendas: en el sexto nivel dicha reducción es del 34% y, en el último nivel, del 269%. Esto se debe a que, por sobre la copa de los árboles, la exposición de la envolvente es mayor y que al reducir el flujo de calor en la envolvente horizontal, se optimiza el comportamiento de la envolvente que presenta la mayor exposición a la radiación solar en verano.

En relación a las características constructivas del sistema de fachada ventilada, se ha demostrado que el incremento de la apertura de aire en la cámara implica mayores ahorros energéticos para climatización (Patania et al., 2010). De igual manera, el relevamiento y el monitoreo de la velocidad del aire de edificios construidos con fachada ventilada en la ciudad de Barcelona, mostró que más del 70% de los casos contaba con la cámara de aire cerrada en sus aperturas superiores e inferiores, imposibilitando el correcto desempeño de un sistema de envolvente ventilado (Balter et al., 2019). Los resultados del presente trabajo han sido simulados considerando las intervenciones en la envolvente en funcionamiento, lo que significa que, en la práctica, deberá controlarse que no se cierren las aberturas superiores e inferiores de las fachadas ventiladas o las aperturas laterales de las cubiertas ventiladas. Ello demuestra la importancia de transferir el conocimiento del desempeño de estos nuevos sistemas de envolvente, tanto a las normativas edilicias locales, como al sector industrial y de la construcción, para lograr una efectiva garantía de ahorro energético.

Otro aspecto a tener en cuenta radica en la normativa. Las normas argentinas IRAM (serie 11600) tratan el tema de la calidad térmica y del consumo energético de los edificios construidos, estableciendo los métodos de cálculo y los valores mínimos de sus condiciones higrotérmicas. Sin embargo, para cámaras de aire en la envolvente, la normativa no contempla a la hoja exterior para el cálculo de las transmitancias. Es decir, no se tiene en cuenta la resistencia de la placa exterior. De todas maneras, si bien la conductividad del material de la placa exterior no resulta significativa para este cálculo, sí es una variable a considerar, dado que la temperatura en el interior de la cámara puede aumentar considerablemente respecto al aire exterior. La serie 11600 de IRAM es la base de cálculo de la Norma 11900 (2017) de Certificación Energética de Edificios, por lo que los impactos en la envolvente de la presencia o ausencia de una envolvente ventilada -ya sea fachada o cubierta- no son tenidos en cuenta al momento del cálculo del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE). Los resultados obtenidos en esta investigación son coincidentes con lo expresado por Fernández, Garzón y Elsinger (2020), quienes han demostrado que las estrategias de incremento de aislación térmica en la envolvente, reducción de superficies vidriadas y generación de ventilación cruzada no influyen sustancialmente en la determinación de la etiqueta de eficiencia energética de viviendas. En razón de ello, es posible afirmar que los sistemas constructivos ventilados no están siendo considerados por la normativa argentina.

En vistas de estos resultados, se prevé a futuro profundizar los estudios en base a dos aspectos: por una parte, la evaluación de una efectiva rehabilitación en términos económicos, que prevé integrar al estudio el análisis de los materiales disponibles en Mendoza factibles de ser adaptados como envolvente ventilada, en contraste con los sistemas de fachadas ventiladas importados que pueden adquirirse en el país y en la región. Y, por otra parte, respecto a las regiones de riesgo sísmico, como es la ciudad de Mendoza, se estima fundamental la evaluación conjunta de esta condición junto a la rehabilitación térmica (Manfredi y Masi, 2018). En este

sentido, se prevé también considerar la evaluación de las cargas sumadas por la implementación de las placas exteriores de las envolventes.

CONCLUSIONES

La rehabilitación edilicia con criterios de eficiencia energética resulta esencial en los contextos urbanos actuales. Las estrategias bioclimáticas de rehabilitación pasiva, como son la incorporación de aislamiento térmico y de envolventes ventiladas, se configuran como una opción válida y eficaz en climas con alta radiación solar.

El área evaluada para la rehabilitación termo-energética de edificios residenciales -zona Central 2 de la ciudad de Mendoza-, cuenta con diez casos con posibilidades de intervención en sus fachadas expuestas al norte. Las auditorías realizadas *in situ* en uno de los casos posibles de rehabilitar, junto a su validación del modelo en *EnergyPlus*, permitieron diagnosticar considerables reducciones en los consumos energéticos en verano, dados por la implementación de técnicas de ventilación de la envolvente, como son las fachadas y cubiertas ventiladas.

En cuanto a los edificios en estudio desocupados, mediante la incorporación de envolventes ventiladas en fachadas y cubiertas, se obtuvieron importantes beneficios en relación a las mejoras térmicas interiores, lo cual representó ahorros energéticos del 32%, en comparación al mismo edificio con aislación. Asimismo, la ventilación en la cubierta implica importantes reducciones en los flujos de calor, lo que se tradujo en reducciones energéticas del 260% en las unidades de viviendas ubicadas en el último piso con cubiertas expuestas al exterior.

A partir del estudio de las posibilidades de rehabilitación edilicia en la zona de alta densidad de la ciudad de Mendoza, se concluye que es posible lograr un efectivo desempeño termo-energético a través de la integración de envolventes ventiladas. La aplicabilidad de la metodología adoptada requiere del monitoreo y la validación por simulación dinámica del comportamiento térmico interior de los edificios, con lo cual resultará posible predecir las mejoras en el desempeño termo-energético de viviendas existentes en el parque edilicio, tanto en alta, como en mediana y baja escala.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a CONICET (Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica) por el apoyo financiero. También, a los Doctores Arquitectos Cristina Pardo e Ignacio Paricio, del Departamento de Tecnología en la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña, por ser quienes guiaron el proceso de aprendizaje del sistema de envolvente en estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albanyaa, H., Hagare, D. y Saha, S. (2019). Energy conservation in residential buildings by incorporating Passive Solar and Energy Efficiency Design Strategies and higher thermal mass. *Energy and Buildings*, 182(1), 205-213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.09.036>
- Aparicio-Fernández, C., Vivancos, J.L., Ferrer-Gisbert, P. y Royo-Pastor, R. (2014). Energy performance of a ventilated façade by simulation with experimental validation. *Applied Thermal Engineering*, 66(1-2), 563-570. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.02.041>
- Ascionea, F., Biancoa, N., De Masib, R. y Vanolib, G. (2013). Rehabilitation of the building envelope of hospitals: Achievable energy savings and microclimatic control on varying the HVAC systems in Mediterranean climates. *Energy and Buildings*, 60, 125-138. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.021>
- Balocco, C. (2002). A simple model to study ventilated facades energy performance. *Energy and Buildings*, 34(5), 469-475. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00130-X)
- Balocco, C. (2004). A non-dimensional analysis of a ventilated double façade energy performance. *Energy and Buildings*, 36(1), 35-40. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(03\)00086-0](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(03)00086-0)
- Balter, J., Alchapar, N., Correa, E., Ganem, C. (2018). Validación de modelo microclimático calculado con ENVI-met como herramienta para el análisis térmico edilicio de EnegyPlus. En *V Congreso Latinoamericano de Simulación de Edificios. IBPSA (International Building Performance Simulation Association)*. Valparaíso, Chile.
- Balter, J., Ganem, C., Discoli, C. (2016). On high-rise residential buildings in an oasis-city: thermal and energy assessment of different envelope materiality above and below tree canopy. *Energy and Buildings*, 113(1), 61-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.011>
- Balter, J., Pardo, C., Paricio, I., Ganem, C. (2019). Air cavity performance in Opaque Ventilated Facades in accordance with the Span Technical Building Code. *ACE: Architecture, City and Environment, Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 13(39), 211-232. DOI: [10.5821/ace.13.39.6487](https://doi.org/10.5821/ace.13.39.6487)
- Bórmida, E. (1984). *Mendoza, una ciudad Oasis*. Mendoza: Universidad de Mendoza.
- Cabeza, L. y De Gracia. A. (2021). Thermal energy storage systems for cooling in residential buildings. En Cabeza, L. (Ed.), *Advances in Thermal Energy Storage Systems. Methods and Applications* (pp. 595-623). Woodhead Publishing. Universidad de Lleida, Lleida, España.
- Cantón, A., Mesa, A., Cortegoso J.L. y De Rosa, C. (2003). Assessing the solar resource in forested urban environments. *Architectural Science Review*, 46(2), 115-123.
- Damico, F. C., Alvarado, R. G., Bruscatto, U., Trebilcock-Kelly, M., Oyola, O. E. y Díaz, M. (2012). Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile. *Arquitectura Revista*, 8(1), 62-75.
- Domínguez Delgado, A., Durand Neyra, P. y Domínguez Torres, C.A. (2013). Estudio del enfriamiento pasivo por fachadas ventiladas en el sur de España. En *Actas del I Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-eficientes (20, 21 y 22 de mayo 2013, Sevilla, España)* (pp. 193-205). Sevilla: Universidad de Sevilla.

- Elarga, H., De Carli, M. y Zarrella, A. (2015). A simplified mathematical model for transient simulation of thermal performance and energy assessment for active facades. *Energy and Buildings* 104(1), 97-107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.007>
- Fantucci, S., Marinosci, C., Serra, V. y Carbonaro, C. (2017). Thermal performance assessment of an opaque ventilated façade in the summer period: calibration of a simulation model through in-field measurements. *Energy Procedia*, 111, 619-628. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.224>
- Fernández, A., Garzón, B. y Elsinger, D. (2020). Incidencia de las estrategias pasivas de diseño arquitectónico en la etiqueta de eficiencia energética en Argentina. *Hábitat Sustentable*, 10(1), 56-67. DOI: <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.05>
- Filippín C., Ricard F., Flores Larsen, S. y Santamouris, M. (2017). Retrospective analysis of the energy consumption of single-family dwellings in central Argentina. Retrofitting and adaptation to the climate change. *Renewable Energy*, 101, 1226-1241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.09.064>
- Gagliano, A., Patania F., Nocera, F., Ferlito, A. y Galesi, A. (2012). Thermal performance of ventilated roofs during summer period. *Energy and Buildings*, 49, 611-618. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.007>
- Gagliano, A., Nocera, F. y Aneli, S. (2016). Thermodynamic analysis of ventilated façades under different wind conditions in summer period. *Energy and Buildings*, 122(15), 131-139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.035>
- Gregorio Atem, C. (2016). *Fachadas ventiladas: hacia un diseño eficiente en Brasil*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Haddad, S., Barker, A., Yang, J., Mohan Kumar, D., Garshasbi, S., Paolini, R. y Santamouris, M. (2020). On the potential of building adaptation measures to counterbalance the impact of climatic change in the tropics. *Energy and Buildings*, 229(15), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110494>
- Ibáñez-Puy, M., Vidaurre-Arbizu, M., Sacristán-Fernández, J. y Martín-Gómez, C. (2017). Opaque Ventilated Façades: Thermal and energy performance review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 180-191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.059>
- IRAM 11601 - Instituto argentino de Normalización y Certificación (2002). *Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo*. Buenos Aires: IRAM.
- IRAM 11900 - Instituto argentino de Normalización y Certificación (2017). *Prestaciones Energéticas en Viviendas, Método de cálculo*. Buenos Aires: IRAM.
- Köppen W. y Geiger R. (1936). *Das geographische system der klimate, Handbuch der klimatologie*. Berlín: Verlag von Gebrüder Borntraeger.
- Leccese F., Salvadori, G., Asdrubali, F y Gori, P. (2018). Passive thermal behaviour of buildings: Performance of external multi-layered walls and influence of internal walls. *Applied Energy*, 225(1), 1078-1089. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.05.090>
- Li, D., Zheng, Y., Liu, C., Qi, H. y Liu, X. (2016). Numerical analysis on thermal performance of naturally ventilated roofs with different influencing parameters. *Sustainable Cities and Society*, 22, 86-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.02.004>
- Manfredi, V. y Masi, A. (2018). Seismic Strengthening and Energy Efficiency: Towards an Integrated Approach for the Rehabilitation of Existing RC Buildings. *Buildings*, 8(36), 2-19. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings8030036>
- Patania, F., Gagliano, A., Nocera, F., Ferlito, A. y Galesi, A. (2010). Thermofluid-dynamic analysis of ventilated facades. *Energy and Buildings*, 42(7), 1148-1155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.006>
- Peci López F., Jensen, R.L., Heiselberg, P. y Ruiz de Adana Santiago, M. (2012). Experimental analysis and model validation of an opaque ventilated façade. *Building and Environment*, 56, 265-275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.017>
- Peci López, F. y Ruiz Adana Santiago, M. (2015). Sensitivity study of an opaque ventilated façade in the winter season in different climate zones in Spain. *Renewable Energy*, 75, 524-533. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.031>
- Pérez Fargallo, A., Calama Rodríguez, J.M. y Flores Alés, V. (2016). Comparativa de resultados de rehabilitación energética para viviendas en función del grado de mejora. *Informes de la Construcción*, 68, 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.15.048>
- Raimundo, A., Saraiva, N. y Oliveira V. (2020). Thermal insulation cost optimality of opaque constructive solutions of buildings under Portuguese temperate climate. *Building and Environment*, 182, 107-107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107107>
- Rubio-Bellido, C., Pulido-Arcas, J. A. y Ureta-Gragera, M. (2015). Aplicabilidad de estrategias genéricas de diseño pasivo en edificaciones bajo la influencia del cambio climático en Concepción y Santiago, Chile, *Hábitat Sustentable*, 5(2), 33-41.
- San Juan, C., Suárez, M., J., González, M., Pistono, J. y Blanco, E. (2011). Energy performance of an open-joint ventilated façade compared with a conventional sealed cavity façade. *Solar Energy*, 85(9), 1851-1863. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.04.028>
- Sánchez, M.N., Giacola, E., Suárez, M.J., Blanco, E. y Heras, M.R. (2017). Experimental evaluation of the airflow behaviour in horizontal and vertical Open Joint Ventilated Facades using Stereo-PIV. *Renewable Energy*, 109, 613-623. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.082>
- Sandberg, M. y Moshfegh, B. (1996). Investigation of fluid flow and heat transfer in a vertical channel heated from one side by PV elements. *Renewable Energy*, 8(1-4), 248-253. DOI: [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(96\)88856-2](https://doi.org/10.1016/0960-1481(96)88856-2)
- Stazi, F., Tomassoni, F., Veglio, A. y Di Perna, C. (2011). Experimental evaluation of ventilated walls with an external clay cladding. *Renewable Energy*, 36, 3373-3385. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.05.016>
- Suárez, C. y Molina, J.L. (2015). Análisis del efecto chimenea en fachadas ventiladas opacas mediante correlaciones del flujo másico inducido. Aplicación para el dimensionado de anchos de cámara. *Informes de la Construcción*, 67, 1-9.