

## **IMPACTO DE LA CONSIDERACIÓN DE LOS MARCOS DE VENTANA EN LA ESTIMACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA EDILICIA**

**Maureen de Gastines (1); Érica Correa (2); Andrea Pattini (3)**

- (1) Ingeniera ambiental, Becaria doctoral, [mdegastines@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:mdegastines@mendoza-conicet.gob.ar), Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía, CCT Mendoza, CONICET
- (2) Doctora en ciencias área energías renovables, Investigadora independiente, [ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar), Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía, CCT Mendoza, CONICET
- (3) Doctora en medio ambiente visual e iluminación eficiente, Investigadora Principal, [apattini@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:apattini@mendoza-conicet.gob.ar), Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía, CCT Mendoza, CONICET

### **RESUMEN**

Los marcos de ventana no se toman en cuenta en la certificación de eficiencia energética edilicia tanto en Argentina como en Brasil. Sin embargo en Europa se considera que los marcos son un elemento crítico de la envolvente, que puede generar importantes puentes térmicos. En este trabajo se busca evaluar cuál es el impacto de la consideración de los marcos de ventanas en la estimación del consumo energético edilicio y determinar de qué variables depende, con el fin de establecer criterios para saber en qué situaciones es necesario tomarlos en cuenta o no. Se consideraron tres ciudades Argentinas, y edificios de distintas compactidades relativas, materialidades y porcentajes de superficie vidriada, así como dos tecnologías de perfiles de carpintería. Se compararon las demandas de calefacción y refrigeración anuales en cada caso, obtenidas por un lado considerando los marcos, y por otro lado sin considerarlos. Los resultados indican que el clima es determinante para el impacto de los marcos, y justifican que no se tomen en cuenta los marcos en climas cálidos como los de Brasil. Sin embargo, en los climas templados y fríos, se recomienda considerar los marcos de aluminio en la estimación de eficiencia energética, ya que pueden ocurrir intercambios térmicos elevados a través de ellos. El impacto de los marcos más aislantes como los de PVC podría ser despreciado siempre y cuando la superficie de marcos en relación a la superficie de piso acondicionado no sea muy elevada.

Palabras clave: Marco de ventana, certificación energética, clima, parámetros críticos

### **ABSTRACT**

Window frames are not taken into account in Argentina and Brazil building energy efficiency labelling systems. However in Europe, window frames are considered a critical envelop component that may produce high thermal bridging. This work seeks to quantify the impact of considering window frames in building thermal loads calculation and identify which variables it depends on, in order to determine in which situation they should be considered o not. Three Argentinean cities were chosen for the present study, as well as various buildings with different relative compactness, materials and glazed areas, and two frame technologies. The annual heating and cooling loads obtained, on one hand, considering window frames, and on the other hand, not including them in the simulations, were compared for each case study. The results indicate that the climate is determining for the impact of frames, and that there is no need to take window frames into account in the estimation of thermal loads in hot climates like in Brazil. However, window frames should be considered in temperate and cold climates, since their impact on the estimation of energy consumption can be significant. Insulated frames like PVC frames can be neglected unless the ratio of total frame area to conditioned floor area is very high.

Keywords: Window frame, energy labelling, climate, critical parameters

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las estrategias para disminuir los consumos energéticos edilicios, es intervenir sobre los distintos elementos que componen las fachadas. Las ventanas en particular son un elemento clave del diseño eficiente. En cuanto a los marcos de ventana, en Argentina y Brasil se usan muchos marcos de aluminio (DE GASTINES; VILLALBA; PATTINI, 2016; SILVA; ZANCHETTI; BITTENCOURT, 2009), los cuales son muy conductores y por lo tanto tienen baja performance térmica. En Europa han desarrollado marcos cada vez más aislantes, destacando que los marcos generan puentes térmicos importantes en la envolvente.

El marco tiene un impacto en los consumos energéticos del edificio debido a que ocupa típicamente entre 20 y 30% de la superficie de la ventana (GUSTAVSEN, 2008), suele tener una elevada transmitancia térmica, genera reflexiones hacia el vidrio pudiendo aumentar la ganancia solar, y a veces ofrece una gran superficie de contacto a las condiciones exteriores. En el caso de una ventana corrediza de aluminio típica de Argentina con un Doble Vidriado Hermético (DVH) claro 3-6-3, de dimensiones 1,1 x 1,5 m, el factor U de la ventana completa es 4.98 W/m<sup>2</sup>K, es decir un 68% más elevado que el factor U del vidrio (2.97 W/m<sup>2</sup>K)(DE GASTINES; CORREA; PATTINI, 2015). Al igual que en este ejemplo, muchas veces el marco afecta negativamente y de manera significativa la performance de la ventana. Como las ventanas tienen un impacto importante en el balance del edificio, esto sugiere que el marco también lo tiene.

En Brasil la certificación edilicia está basada en los parámetros más relevantes del consumo energético. En cuanto a ventanas se considera el porcentaje de fachada ocupado por superficies vidriadas, el factor solar y los ángulos de sombreado (LAMBERTS et al., 2007). No se consideran los marcos de ventana. En Argentina la norma de etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios IRAM 11900 referencia a la norma IRAM 11601 para el cálculo de la transmitancia térmica de ventanas, la cual solamente considera los vidriados y no menciona marcos en ninguna parte. Por otro lado la norma 11507-4 establece un valor máximo de transmitancia térmica de la ventana completa de 4 W/m<sup>2</sup>K (IRAM 11507-4, 2001). En Europa los requerimientos en cuanto a eficiencia energética edilicia involucran el factor U total de la ventana (incluyendo el marco) y son muy exigentes, por lo cual ha sido invertido mucho esfuerzo para mejorar las perfiles y lograr excelentes niveles de aislación térmica (AVASOO, 2007; GUSTAVSEN, 2008; KISS; NEIJ, 2011).

La diferencia entre el énfasis puesto en Europa para la mejora de las tecnologías de marco, y la poca importancia dada a los marcos en Brasil y Argentina, a pesar de tener muy bajas cualidades térmicas, es llamativa. Esta observación sugiere que los condicionantes son diferentes y no siempre se pueden reproducir los esquemas desarrollados en otros países con contextos diferentes.

## 2. OBJETIVO

En este trabajo se busca evaluar cuál es el impacto de los marcos de ventanas en el consumo energético edilicio en Argentina, y determinar de qué variables depende, con el fin de establecer criterios para saber en qué situaciones tomarlos en cuenta en las simulaciones edilicias.

## 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar las variables relevantes para el estudio propuesto.

Un parámetro importante es la superficie de marcos en relación a las características geométricas del edificio. Dicha superficie está relacionada con la tipología, cantidad y dimensiones de ventanas del edificio. Si bien no se puede establecer una relación de proporcionalidad entre superficie de marcos y superficie transparente, ambas cantidades están relacionadas.

Un parámetro comúnmente utilizado para caracterizar el impacto de las ventanas en el comportamiento térmico de los edificios es el Porcentaje de Ventanas en la Fachada (Window-to-Wall Ratio en inglés). De acuerdo a la ASHRAE (ASHRAE, 2009), está definido como la relación entre superficie vidriada transparente y fachada exterior (entre pisos). El nombre puede generar confusiones, ya que por ventana se suele entender el conjunto marco y vidriado. Esta confusión puede generar errores importantes en el área transparente considerado, debido a que el marco típicamente ocupa el 30% de la superficie total de la ventana (DE GASTINES; CORREA; PATTINI, 2015). En lo que sigue se referirá a este parámetro como Porcentaje de Vidriado en la Fachada (PVF).

Otro parámetro utilizado es la relación entre superficie vidriada y superficie de piso acondicionado (designado por PVP: Porcentaje de Vidriado en relación a la superficie de Piso). Ese parámetro está relacionado con los requisitos de iluminación mínima en los códigos de edificación. Cabe aclarar que, una vez definido el PVF y la forma y dimensiones del edificio, el PVP está fijado también.

En Estados Unidos, un relevamiento de las características de los edificios públicos (WINIARSKI; HALVERSON; JIANG, 2008) permitió establecer que los edificios con mayor PVF son los edificios de oficinas grandes (promedio 54%). También presentan la característica de tener una disposición homogénea en las cuatro fachadas.

Otro relevamiento de edificios en altura fue realizado en San Miguel de Tucumán, Argentina (GUIJARRO et al., 2012) donde se observó que el 67% de los edificios de oficinas y el 31% de los edificios de viviendas cuentan con más del 50% de superficie vidriada en fachada.

Carlo y Lamberts (2006) realizaron en Brasil un relevamiento de los grandes edificios de oficinas (superficie de piso total superior a 500 m<sup>2</sup>) y encontraron que el PVF ponderado se encontraba entre 20 y 30% en el 32% de los casos analizados. Por lo tanto definieron un prototipo de edificio de oficinas en altura con un PVF uniforme en las cuatro fachadas de 25%.

En cuanto a las características geométricas del edificio, AlAnzi et al. (2009) estudiaron el impacto de la forma de los edificios de oficina en Kuwait en la eficiencia energética de los mismos. Concluyeron que en el caso de edificios con un PVF bajo (25%), el consumo energético es inversamente proporcional a la compacidad relativa (RC) del edificio, independientemente de su forma. La compacidad relativa se define como la proporción normalizada entre el volumen y la superficie de fachada.

Los materiales empleados en la envolvente condicionan el impacto relativo del marco en el balance energético del edificio. En particular, el impacto de las ventanas (incluyendo el marco) en el consumo energético del edificio depende del nivel de aislación de la envolvente (SKARNING; HVIID; SVENDSEN, 2016). Asimismo, la tecnología del marco es determinante. En Argentina los marcos de aluminio corredizos que se utilizan masivamente tienen valores de transmitancia térmica entre 8 y 11 W/m<sup>2</sup>K (DE GASTINES; VILLALBA; PATTINI, 2016), y las alternativas existentes son otras tipologías (por ejemplo las paños fijos tienen valores más bajos de transmitancia térmica que los operables (ASHRAE, 2009)), o bien marcos de materiales más aislantes como son los de madera o PVC (transmitancia térmica del orden de 2.5 W/m<sup>2</sup>K). Por contraste, en Europa se han desarrollado alternativas de marcos de alta performance que utilizan poliuretano y alcanzan valores de transmitancia térmica de hasta 0.7 W/m<sup>2</sup>K (GUSTAVSEN, 2008).

Finalmente, el clima es un factor muy importante a considerar en el análisis del impacto de los componentes edilicios en función de las características del edificio. Por ejemplo, Wei et al. (2010) analizaron el impacto de una ventana de doble flujo sobre las cargas térmicas de un edificio, y encontraron que este varía significativamente (21% a 48%) de acuerdo al clima considerado (templado a muy frío). Ordoñez et al. (2014) estudiaron el impacto de la geometría del edificio sobre su eficiencia energética y observaron que la forma del edificio tiene un impacto en el consumo energético más importante en climas fríos que en climas cálidos. El consumo energético de un edificio está intrínsecamente relacionado con la localidad donde el mismo se encuentra. Brasil se extiende desde la latitud +5 a -33, mientras que Argentina se ubica dentro del rango de latitudes -22 a -55. Ambos países presentan por lo tanto una gran variedad de zonas climáticas. Como la cercanía al ecuador se asocia a niveles de radiación solar más elevados, Brasil se caracteriza por tener climas globalmente cálidos, mientras que Argentina tiene tanto zonas climáticas muy frías como muy cálidas (NETTO; CZAJKOWSKI, 2016; NORMA, 1996).

#### 4. METODOLOGÍA

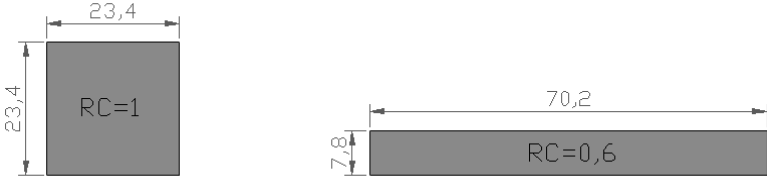
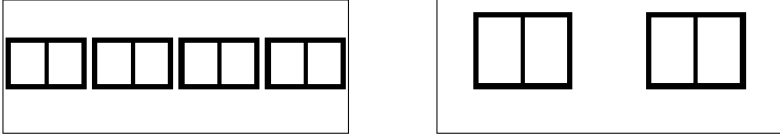
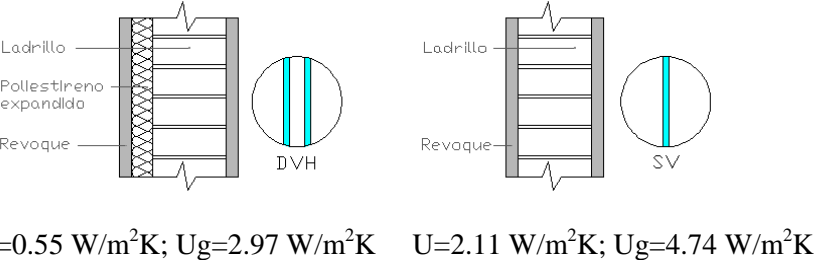

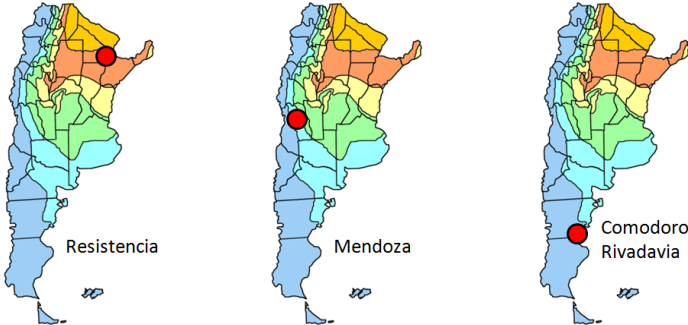
Para determinar el impacto de los marcos de ventana en el balance energético edilicio, se realizó un análisis paramétrico sencillo. Se simuló una serie de edificios con y sin marcos de ventanas.

De acuerdo a la revisión bibliográfica, se seleccionaron como casos de estudio edificios en altura, de forma cuadrada o rectangular, con un PVF de 25% en las cuatro fachadas. No se eligió un PVF más alto porque probablemente los valores altos correspondan a sistemas de piel de vidrio, los cuales no se tratan en esta oportunidad debido a que tienen características muy diferentes a los marcos tradicionales (en particular una superficie de ocupación de fachada muy reducida).

Se definieron dos parámetros inspirados del PVF y PVP, que son el Porcentaje de superficie de Marcos en la Fachada (PMF) y el Porcentaje de Marcos en relación a la superficie de Piso acondicionado (PMP).

La Tabla 1 resume los parámetros que se tuvieron en cuenta.

Tabla 1: parámetros considerados para el estudio

<p>Compacidad relativa</p>	
<p>PMF</p>	
<p>Nivel de aislación</p>	
<p>Marco</p>	
<p>Clima</p>	

Se hicieron variar los parámetros siguientes (Tabla 1):

- Compacidad relativa (RC): se eligieron casos extremos para el análisis preliminar, con la intención de afinar el estudio en el caso de que esta variable sea relevante: compacidad relativa 1 (forma cuadrada) y 0,6 (forma alargada). Se mantuvo constante la superficie de piso en ambos casos (548 m<sup>2</sup>).

- Aislación: Se considera una envolvente de ladrillo macizo, por un lado sin aislación y combinado con simple vidriado de 3 mm, y por otro lado con aislación de poliestireno expandido de 5 cm y con DVH de 3-6-3 mm.

- Tipo de marcos: se seleccionaron marcos disponibles en el mercado Argentino, por un lado la tipología más vendida, de aluminio corredizo, y por otro lado, una alternativa más aislante de PVC corredizo.

- Superficie de marcos: Se consideraron 2 configuraciones de ventanas con el mismo PVF de 25% pero distintos PMF. Estos valores dependen del tipo de marco. Para las configuraciones elegidas se obtiene: PMF = 10,8% y 7,8% para el marco de aluminio, y 14% y 9,5% para el marco de PVC (más ancho). A estos 4 valores de PMF, están asociados 8 valores PMP diferentes (ya que se consideran 2 edificios de distintas compacidades relativas).

- Clima: Se consideraron 3 localidades argentinas perteneciendo a distintas zonas bioambientales: Resistencia (zona I – muy cálido), Mendoza (zona IV – templado frío), y Comodoro Rivadavia (zona V – frío). Se utilizaron archivos climáticos TMY (“Typical Meteorological Year”) de Weather Analytics.

Para cada uno de estos casos (72 en total) se simuló en EnergyPlus una planta intermedia (4to piso) del edificio, por un lado sin incluir marcos, y por otro lado considerando los marcos. Luego se compararon las cargas térmicas ideales por metro cuadrado y por año en ambas situaciones. Las temperaturas consideradas para el acondicionamiento térmico fueron 20°C en invierno y 24°C en verano.

## 5. RESULTADOS

En un primer momento se evalúa si es más relevante caracterizar el impacto de la superficie de marcos en relación a la superficie de fachada o a la superficie de piso. En la Figura 1 se muestra la demanda anual de calefacción (en kWh/m<sup>2</sup>.año) asociada a los marcos, en función del PMF (fig. 1a) y en función del PMP (fig 1b). La forma, el color y el relleno de los marcadores representan respectivamente el coeficiente de compacidad, el material y el nivel de aislación.

En la figura 1a se observa que para un mismo valor de PMF, el impacto del marco en las demandas de acondicionamiento es aproximadamente 1,5 a 2 veces mayor en el caso menos compacto (forma alargada) que en el caso más compacto (forma cuadrada). Sin embargo, cuando se grafican los resultados en función del PMP, se observa que los distintos casos estudiados (material del marco y nivel de aislación) siguen una tendencia lineal independientemente de la forma del edificio. Por lo tanto, el PMP permite independizarse de la variable RC en el estudio propuesto. El PMP es un parámetro más pertinente para analizar el impacto del marco en los consumos energéticos edificios porque relaciona la superficie de intercambios térmicos analizada con el volumen de aire a acondicionar (siendo que una planta de un edificio tiene por lo general una altura estándar de entre 2,6 y 3 m).

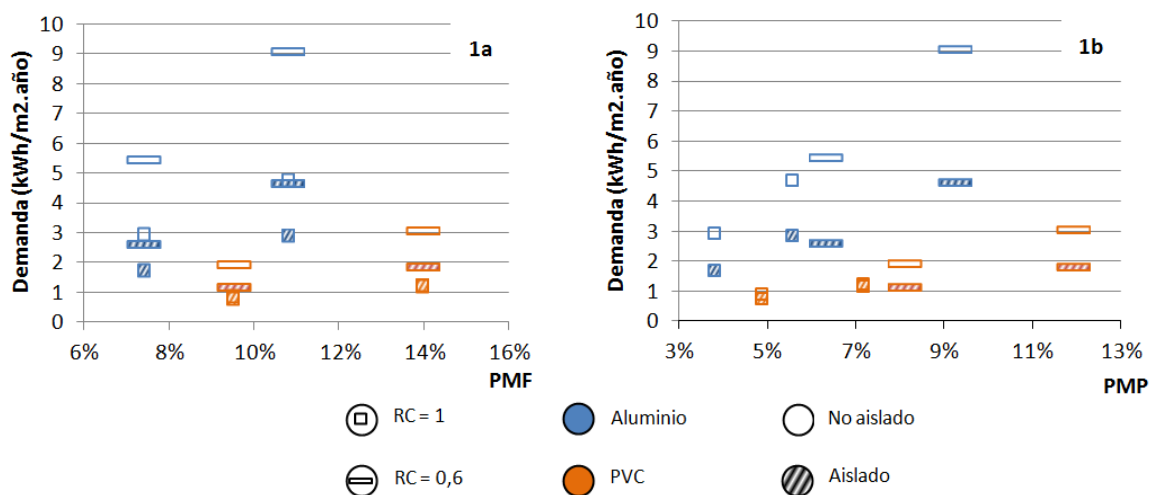


Figura 1 – Demanda de calefacción asociada a los marcos, para la ciudad de Mendoza, 1a) en función del Porcentaje de Marcos en la Fachada y 1b) en función del Porcentaje de Marcos en relación a la superficie de Piso acondicionado.

En la Figura 2 se graficaron las demandas anuales de calefacción y refrigeración (en kWh/m<sup>2</sup>.año) asociadas a los marcos para todos los casos simulados, en función del PMP. La forma, el color y el relleno representan respectivamente el coeficiente de compacidad, el material y el nivel de aislación.

Como primera observación, se destaca que la demanda de calefacción asociada a los marcos es siempre positiva, mientras que la demanda de refrigeración es siempre negativa. Esto significa que globalmente el marco enfría el espacio, incluso en verano, donde las pérdidas durante la noche superan las ganancias durante el día. Por lo tanto, al no considerar el marco en las simulaciones, se subestima la demanda de calefacción y se sobreestima la demanda de refrigeración.

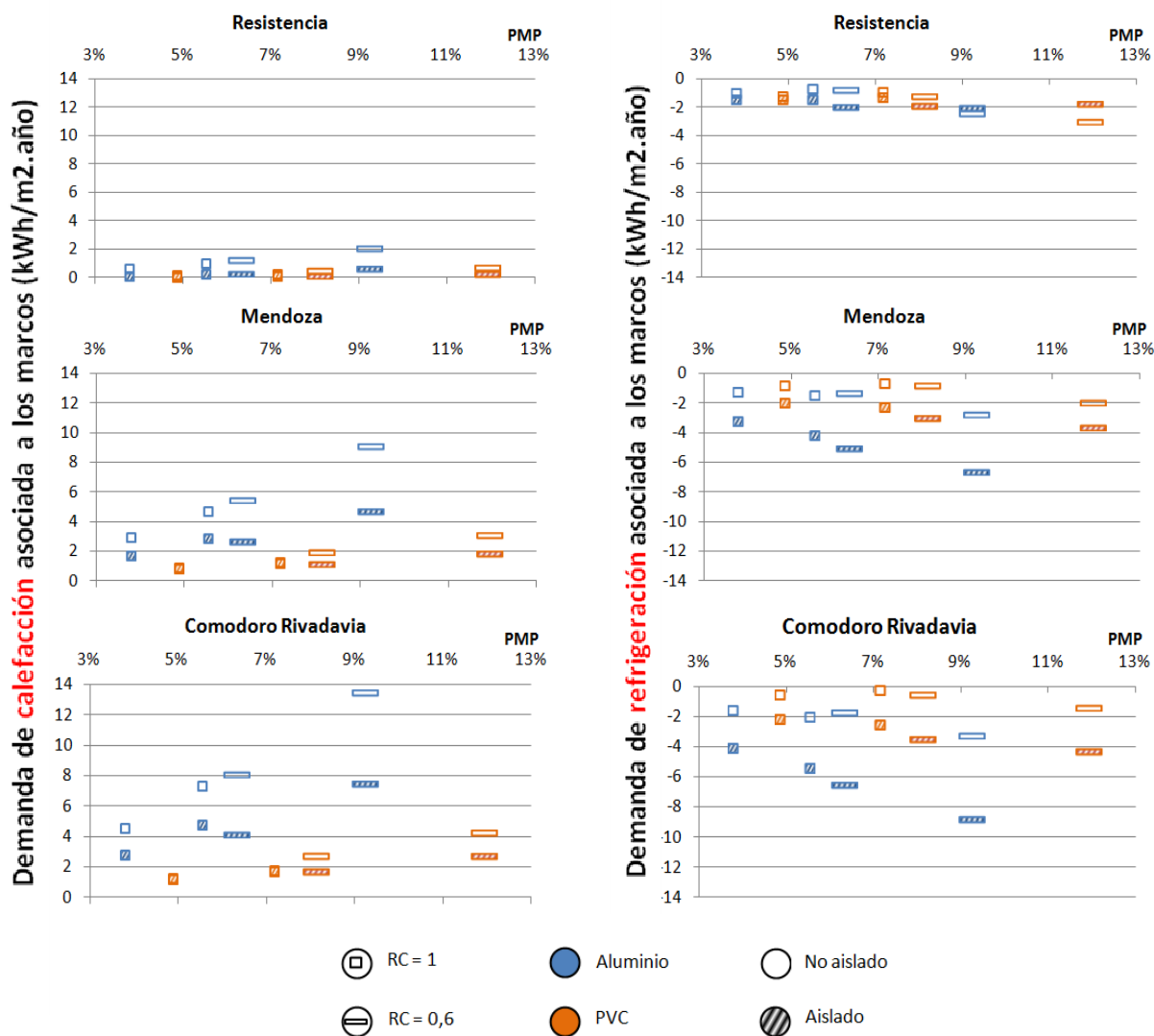


Figura 2- Demanda de calefacción (columna izquierda) y de refrigeración (columna derecha) asociadas a los marcos de ventana, en las tres localidades estudiadas, en función del PMP.

Se observa una misma tendencia en las distintas localidades pero con escalas distintas. En Resistencia, el impacto del marco se mantiene muy bajo en invierno (hasta -2 kWWh/m<sup>2</sup>.año) y en verano (hasta 3 kWWh/m<sup>2</sup>.año y solo 4.11% en valor relativo). Mientras que en Mendoza se alcanzan impactos de hasta -9 kWWh/m<sup>2</sup>.año en invierno y 7 kWWh/m<sup>2</sup>.año en verano, y en Comodoro Rivadavia los impactos son los más importantes en valor absoluto, llegando a -14 kWWh/m<sup>2</sup>.año en período de calefacción y 9 kWWh/m<sup>2</sup>.año en refrigeración.

En cuanto al material del marco, se observa que el aluminio es mucho más crítico que el PVC en los climas de Mendoza y Comodoro Rivadavia (impacto 2 a 3 veces mayor). Sin embargo en Resistencia no se observan grandes diferencias de demanda asociada a los marcos de acuerdo al material.

De acuerdo a estas primeras observaciones, se concluye que la mejora del marco es un objetivo especialmente relevante para los climas fríos, mientras que es secundario en el caso de los climas cálidos. Ya que no sólo es baja la demanda de acondicionamiento asociada al marco, sino que no hay diferenciación en cuanto a la tecnología usada. Por lo tanto no se justifica la utilización de carpinterías más aislantes y costosas.

Olvidando la diferenciación por compactación relativa del edificio, se observa una relación de proporcionalidad entre el PMP y las demandas de acondicionamiento térmico. Para cada configuración considerada, el aumento del PMP está asociado a un incremento del impacto del marco del orden de un 50%. Esto nos indica que se deben diseñar marcos esbeltos, y que para lograr una cantidad de iluminación dada (asociada a una superficie transparente determinada) se debe privilegiar menos aberturas de dimensiones más amplias con el fin de limitar el impacto negativo del marco en la demanda de calefacción.

Considerando ahora el nivel de aislación del edificio, se observa que la demanda de calefacción asociada a los marcos de ventana es mayor en el caso de edificios no aislados, mientras que la demanda de refrigeración asociada a los marcos es generalmente mayor para los edificios aislados.

La Figura 3 representa el impacto relativo de los marcos de ventanas en las demandas de calefacción y refrigeración de los edificios bajo estudio, en función del PMP y para las 3 localidades seleccionadas.

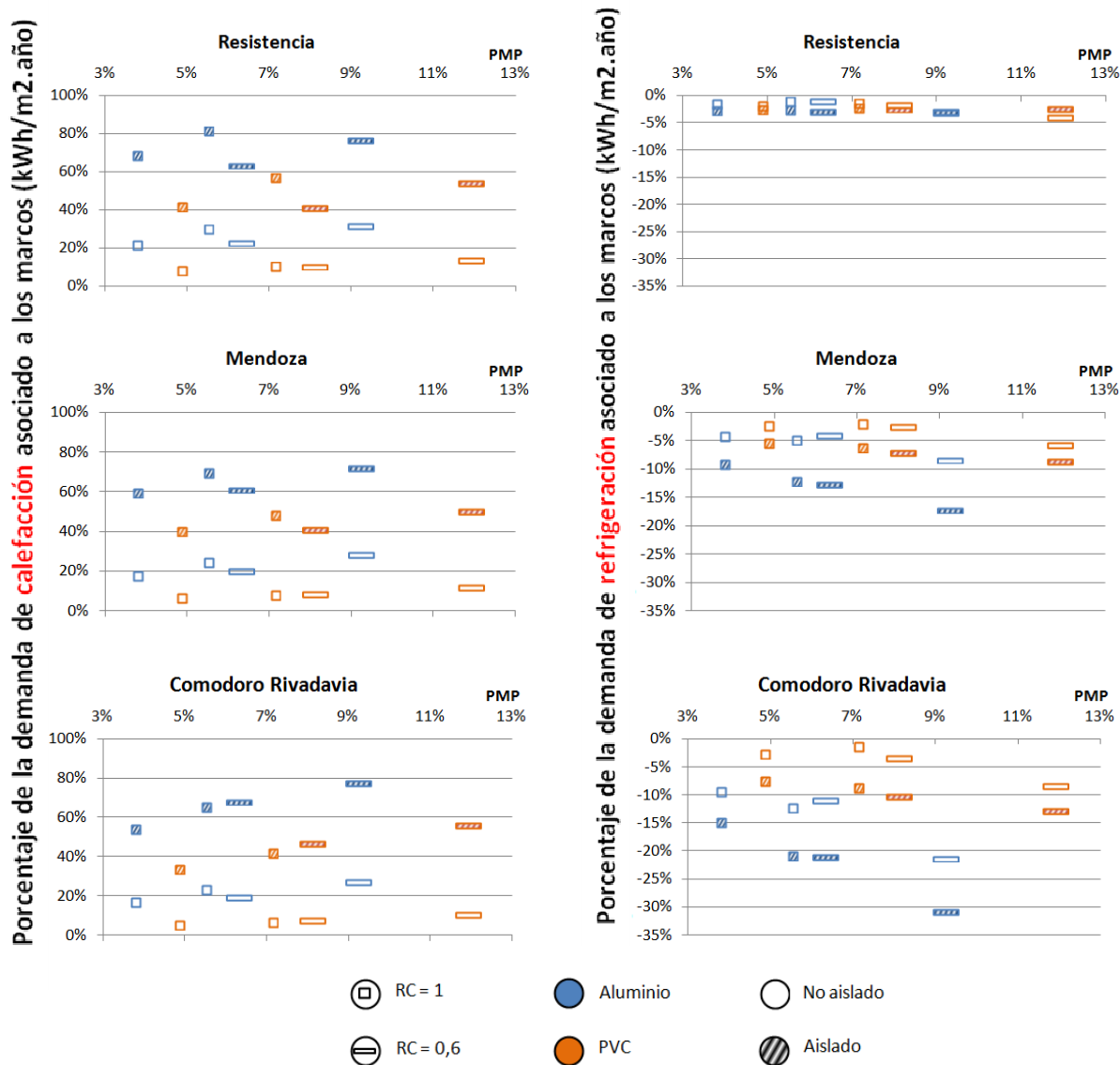


Figura 3- Porcentaje de la demanda de calefacción (columna izquierda) y refrigeración (columna derecha) asociado a los marcos de ventana, en las tres localidades estudiadas, en función del PMP.

Se observa que el impacto relativo sobre la demanda de calefacción es muy parecido en las tres ciudades analizadas, a la diferencia del impacto absoluto. El impacto relativo de los marcos en invierno es mayor para los edificios aislados y con DVH (60-80% para marcos de aluminio y 40-60% para marcos de PVC) que para los edificios que carecen de aislación e incorporan vidriados simples (15-30% para marcos de aluminio y 5-15% para marcos de PVC). Esto se debe a que la demanda total de calefacción de los edificios aislados es significativamente (4 a 20 veces) más baja que la de los edificios sin aislación.

En el período de refrigeración, los impactos relativos varían significativamente entre las tres localidades, debido a que la demanda total de refrigeración del edificio es mucho mayor en Resistencia que en Mendoza, y a su vez la demanda en Mendoza es mayor a la de Comodoro Rivadavia. En Resistencia el impacto relativo de los marcos es poco relevante (entre 0 y -5%). El impacto más significativo corresponde a los edificios aislados con marcos de aluminio, para los cuales el impacto varía entre -9% y -18% en Mendoza y -15% a -31% en Comodoro Rivadavia. Cabe aclarar que no se tuvo en cuenta la ventilación de los espacios interiores en verano. Es probable que en Comodoro Rivadavia las cargas de refrigeración no sean tan altas

como indican los resultados (25 a 35 kWh/m<sup>2</sup>.año para los edificios aislados), ya que la ventilación natural en las horas más frescas del día permite disminuir la temperatura interior sin consumo de energía. Los resultados obtenidos en verano deben por lo tanto ser interpretados con precaución. El ahorro energético (mediante enfriamiento a través de los marcos) observado corresponde a una situación ideal en la que se aprovecha el 100% de la radiación solar disponible y no se abren nunca las ventanas. Estas hipótesis son poco representativas de la realidad y deberían ser reconsideradas para un análisis más profundo.

## 6. CONCLUSIÓN

En este trabajo se analizó la influencia de distintos parámetros sobre el impacto de considerar o no el efecto de los marcos de ventana en las demandas de energía para acondicionamiento térmico de edificios.

Se evidenció que el clima es un condicionante muy importante. Se observó que en Resistencia el impacto de la tecnología de los marcos de ventana es despreciable. Esto explica la diferencia entre los requerimientos de certificación edilicia de Europa y de Brasil. En Argentina, al tener una gran variedad de climas incluyendo ciudades ubicadas en zonas frías como Comodoro-Rivadavia, el impacto de los marcos no puede ser despreciado a priori en las simulaciones edilicias.

Se destacó que la compacidad relativa del edificio no es un parámetro pertinente para estimar la demanda de energía asociada a la consideración de los marcos. Se observó que la demanda es proporcional al PMP (Porcentaje de Marcos en relación a la superficie de Piso acondicionado). Para un clima y unas características edilicias dados, se podría establecer un valor de PMP a partir del cual los marcos deberían ser considerados en el balance energético del edificio.

Se observó que los marcos de aluminio tienen un impacto mucho más importante en el balance energético del edificio que los marcos de PVC. Los resultados sugieren que los marcos de PVC, salvo que el PMP sea muy alto, podrían no considerarse sin cometer mucho error en la estimación de demanda de energía para acondicionamiento térmico del edificio. El caso más crítico es el del edificio no aislado con marcos de aluminio y PMP alto, que alcanza en Comodoro Rivadavia unos 13 kWh/m<sup>2</sup>año de demanda de calefacción asociada a los marcos.

En cuanto a demanda de refrigeración, los resultados indican que los marcos funcionan como enfriadores nocturnos, por lo cual el efecto sobre la demanda total es beneficioso. Se estima que estos resultados son poco representativos de un caso real, ya que no se consideró en el estudio la posibilidad de ventilación natural durante el verano, además de no considerar ningún tipo de sombreado.

En futuros trabajos se podrían incluir estas variables para lograr resultados más representativos de los edificios integrados en entornos urbanos y operados por los usuarios. Además sería interesante profundizar el estudio introduciendo diferentes PVF, y distinguiendo las contribuciones del vidriado y de la materialidad de las paredes. Otro parámetro para analizar sería la influencia de la orientación de las aberturas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALANZI, A.; SEO, D.; KRARTI, M. Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait. **Energy Conversion and Management**, v. 50, n. 3, p. 822–828, 2009.
- ASHRAE, F. Fundamentals Handbook. **IP Edition**, 2009.
- AVASOO, D. The European window energy labelling challenge. **Proceedings of the European council for an energy efficient economy (ECEEE) summer study**, p. 4–9, 2007.
- CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Elaboração de protótipos para simulação do desempenho termoenergético de edificações. **Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído**, p. 152–161, 2006.
- DE GASTINES, M.; CORREA, E.; PATTINI, A. **Evaluación del balance energético de ventanas en Mendoza. Impacto de su tecnología y orientación**. XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. **Anais...**2015
- DE GASTINES, M.; VILLALBA, A.; PATTINI, A. Improved model for the thermal performance calculation of non-planar window frames for building simulation programs. **Journal of Building Performance Simulation**, p. 1–15, 2016.
- GUIJARRO, J. L. et al. RELEVAMIENTO DE EDIFICIOS EN ALTURA EN SAN MIGUEL DE TUCUMAN. SU ENVOLVENTE Y CONDICIONES AMBIENTALES. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 16, 2012.
- GUSTAVSEN, A. State-of-the-art highly insulating window frames—Research and market review. **Lawrence Berkeley National Laboratory**, 2008.
- IRAM 11507-4. N 11507-4: carpintería de obra y fachadas integrales livianas: ventanas exteriores: parte 4: requisitos complementarios: aislación térmica. 2001.
- KISS, B.; NEIJ, L. The importance of learning when supporting emergent technologies for energy efficiency—A case study on policy intervention for learning for the development of energy efficient windows in Sweden. **Energy Policy**, v. 39, n. 10, p. 6514–6524, 2011.
- LAMBERTS, R. et al. **Regulation for energy efficiency labeling of commercial buildings in Brazil**. 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, Crete Island. **Anais...**2007



NETTO, G. R.; CZAJKOWSKI, J. D. Comparación entre las normas de desempeño térmico edilício de Argentina y Brasil. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 105–122, 2016.

NORMA, I. 11603: Acondicionamiento térmico de edificios. **Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires. Argentina**, 1996.

ORDOÑEZ, A. et al. **Impact of building geometry on its energy performance depending on climate zones**. Proceedings of the BSO14: Second Building Simulation and Optimization Conference, London, UK. **Anais...**2014

SILVA, P. M.; ZANCHETTI, S.; BITTENCOURT, L. **Readequação de edifícios existentes. Uma discussão sobre sustentabilidade**. V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis ELECS. **Anais...**2009

SKARNING, G. C. J.; HVIID, C. A.; SVENDSEN, S. Roadmap for improving roof and façade windows in nearly zero-energy houses in Europe. **Energy and Buildings**, v. 116, p. 602–613, 2016.

WEI, J.; ZHAO, J.; CHEN, Q. Energy performance of a dual airflow window under different climates. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 1, p. 111–122, 2010.

WINIARSKI, D. W.; HALVERSON, M. A.; JIANG, W. **DOE's Commercial Building Benchmarks-Development of Typical Construction Practices for Building Envelope and Mechanical Systems from the 2003 CBECS**. Proceedings of. **Anais...**2008