

## CÁLCULO DE PRECISIÓN DEL FACTOR SOLAR DE VENTANAS

**M. de Gastines<sup>1</sup>, A. Pattini<sup>2</sup>.**

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) – CCT Mendoza. Avenida Ruiz Leal S/N Pque Gral San Martín. C.P. 5500 Mendoza – Argentina. Tel. 0261-524-4345 – email mdegastines@mendoza-conicet.gob.ar

*Recibido 28/07/17, aceptado 26/09/17*

**RESUMEN:** Este trabajo analiza los métodos y herramientas de cálculo del factor solar de las ventanas, especialmente de los marcos, para su uso en etiquetado energética de ventanas. Se comparan los valores del factor solar de una selección de casos de estudio representativos del mercado nacional, calculados mediante tres métodos diferentes. Además se estudia la influencia de las condiciones de borde sobre el valor del factor solar, haciendo variar los coeficientes peliculares interior y exterior. Los resultados indican que el cálculo del factor solar del marco mediante el modelo aproximado de Wright es válido, mientras que no se recomienda la utilización del programa de simulación WINDOW. Se observa que el factor solar varía de manera significativa con las condiciones de borde, lo cual remarca la necesidad de establecer una normativa a nivel nacional que defina los parámetros y condiciones de borde a considerar para el cálculo del índice.

**Palabras clave:** factor solar, ventana, marco, índice energético, certificación, condiciones de borde

### INTRODUCCIÓN

Las ventanas tienen un impacto significativo en los consumos energéticos edilicios. Con el objetivo de informar al consumidor y evolucionar hacia el uso de tecnologías más eficientes en las envolventes edilicias, actualmente se trabaja sobre la norma de etiquetado energético de ventanas en Argentina. En este contexto se requiere caracterizar adecuadamente los índices que cuantifican la eficiencia energética de la ventana, en término de aislación térmica, ganancia solar, e infiltraciones de aire. Las infiltraciones de aire se obtienen mediante ensayos de acuerdo a la norma IRAM 11523 (Volantino y Siles, 2007). En cuanto a los índices K y FS, no existe actualmente ninguna norma nacional que defina como obtenerlos. Su obtención por medición requiere de un tipo de calorímetro específico, equipo todavía inexistente en Argentina. El cálculo numérico de dichos índices puede hacerse mediante herramientas de simulación de precisión como THERM 6.3 y WINDOW 6.3, programas de simulación desarrollado por el LBNL (Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, de Estados Unidos). THERM está basado en el método de los elementos finitos y permite modelar la geometría exacta de los perfiles. Mediante WINDOW se puede caracterizar las propiedades térmicas y lumínicas de los vidriados, y obtener las características de los sistemas de ventana completos (incluyendo los resultados de las simulaciones en THERM). Estas herramientas han sido aprobadas en Estados Unidos para el cálculo de los índices K y FS (NFRC, 2010a, 2010b). De Gastines et al. (2014) estudiaron el cálculo de la transmitancia térmica de marcos mediante dichas herramientas y concluyeron que son sensibles a la tecnología nacional y a las condiciones de borde utilizadas en el cálculo. También las autoras observaron que el factor K de ventanas depende fuertemente de las condiciones de borde elegidas para su cálculo (variaciones del orden del 20%). Estos resultados muestran la importancia de definir una metodología precisa de cálculo, para poder comparar las propiedades térmicas de las ventanas entre sí. De manera análoga, es posible que el factor solar dependa de las condiciones de borde y requiera también de una normativa que defina cómo calcularlo en Argentina.

---

<sup>1</sup> Becaria doctoral CONICET

<sup>2</sup> Investigadora Principal CONICET

El comportamiento energético de los vidriados que se utilizan en el país está bien caracterizado, sin embargo no se conoce mucho del impacto del marco sobre el índice global. Por un lado la perfilera influye a través de la reducción de la superficie transparente de la ventana, pero además el factor solar de los marcos de ventana no es nulo. Podría ser hasta más alto que el factor solar del vidrio en un caso donde se combine un vidriado de control solar (oscuro y/o reflectivo) con un marco oscuro, de alta transmitancia térmica (propenso a transmitir la energía solar incidente hacia el espacio interior) y que ocupe una porción importante de la superficie total de la ventana (Wright y McGowan, 1999). Estas características son representativas de las tecnologías de aventanamientos que se utilizan en Argentina, donde los marcos corredizos de aluminio sin ruptura de puente térmico son ampliamente utilizados y ocupan típicamente un 30% de la superficie de las ventanas (Maureen de Gastines et al., 2015). Los trabajos citados indican que estos marcos tienen valores de factor solar no despreciables (superiores a 0,10).

En este trabajo se pretende analizar y discutir los métodos de cálculo del factor solar de marcos de ventana. Se busca establecer valores típicos para la tecnología dominante de marcos de ventana en Argentina, considerando las variaciones del índice en función de las condiciones climáticas consideradas y propiedades superficiales. De esta manera se espera poder confirmar la posibilidad de obtener índices precisos para la aplicación de un sistema de etiquetado de ventanas en el país.

## TEORÍA

### *Definición general*

La ganancia solar es la fracción de la energía solar (irradiancia) incidente sobre una ventana, que atraviesa la misma. Tiene dos componentes (ecuación 1):

- la radiación solar directamente transmitida: es el producto de la radiación solar incidente por el área de acristalamiento y por su transmitancia solar.
- La fracción de la radiación solar absorbida (por el acristalamiento y el marco de la ventana) que es llevada hacia el lado interior por conducción, convección o radiación.

$$q_s = I_s (T + NA) \quad (1)$$

Donde  $q_s$  es la ganancia solar,  $I_s$  es la irradiancia solar sobre el material, T y A son respectivamente la transmitancia y absorptancia solares, y N es el porcentaje de la radiación absorbida que se propaga hacia el interior. El factor (T+NA) se llama factor solar (FS), o coeficiente de ganancia de calor solar. Se obtiene dividiendo la ganancia solar por la energía solar incidente sobre el área proyectada de la ventana.

Aunque el factor solar dependa del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre el plano de la ventana, el índice que se usa comúnmente para clasificar y comparar productos entre sí es el factor solar a incidencia normal. Las normas ISO 15099 (ISO, 2003) y NFRC 200 (NFRC, 2010b) calculan el factor solar como promedio ponderado del factor solar del vidrio y del factor solar del marco. Sin embargo, el índice comúnmente utilizado por los productores de ventanas es el factor solar del vidriado. El instituto de certificación Passive House menciona un requisito en cuánto al factor solar del vidrio únicamente (basado en EN 410).

Para un vidrio solo, el factor N se calcula mediante la ecuación 2, donde K es la transmitancia térmica del vidrio y  $h_o$  es el coeficiente pelicular exterior (ASHRAE, 2009).

$$N = \frac{K}{h_o} \quad (2)$$

---

<sup>1</sup> Becaria doctoral CONICET

<sup>2</sup> Investigadora Principal CONICET

En el caso de los marcos, la transmitancia solar es nula (materiales opacos) y la ganancia solar se reduce a la energía absorbida y llevada hacia espacio interior. A continuación se detallan los distintos métodos de cálculo posibles para el factor solar del marco.

#### *Cálculo numérico aproximado*

Las normas ISO 15099 y NFRC mencionan un método de cálculo aproximado del factor solar  $FS_m$  del marco, llamado formula de Wright (ecuación 3).

$$FS_m = \alpha_m \cdot \frac{K_m}{\frac{A_s}{A_m} \cdot h_o} \quad (3)$$

Donde  $\alpha_m$  es la absorptancia solar de la superficie del marco,  $K_m$  es la transmitancia térmica del marco,  $A_s$  y  $A_f$  son respectivamente el área de la superficie del marco y el área proyectada del mismo en el plano del vidriado, y  $h_o$  es el coeficiente pelicular exterior.

#### *Cálculo mediante WINDOW*

WINDOW y THERM responden a los estándares NFRC. Por lo tanto se supone que WINDOW utiliza el modelo de Wright para calcular el factor solar de los marcos. Sin embargo, el manual de cálculo (Robin et al., 2011) no especifica esta parte. WINDOW calcula el factor solar de la ventana completa (SHGC), y detalla además las cantidades SHGC0 y SHGC1, que corresponden al factor solar de la ventana completa considerando un factor solar del vidrio nulo e igual a 1 respectivamente. A partir de esta información, se puede deducir fácilmente el factor solar del marco mediante la ecuación (4).

$$FS_m = SHGC_0 \cdot \frac{A_t}{A_m} \quad (4)$$

Donde  $A_t$  es el área total de la ventana y  $A_m$  es el área del marco.

Cuando se importa un marco simulado en THERM a WINDOW, el mismo contiene la información siguiente: el factor  $K_m$ , el ancho del perfil, la longitud real de la superficie del perfil. El valor de absorptancia solar asignado por defecto es de 0,3. Es posible modificarlo.

#### *Cálculo de precisión*

ISO 15099 menciona que es posible realizar cálculos más detallados utilizando la ecuación 5 (que surge de la definición del factor solar).

$$FS_m = \frac{q_{int} - q_{int}(I_s = 0)}{I_s} \quad (5)$$

Donde  $q_{int}$  es la densidad de flujo de calor a través del marco que ingresa al espacio interior y  $q_{int}(I_s=0)$  es esta misma densidad de flujo en caso de considerar la irradiancia solar nula.

Este método es más complejo ya que requiere realizar simulaciones mediante programas de cálculo bidimensional. Los autores del método simplificado (ecuación 3) realizaron un estudio detallado sobre el factor solar de los marcos de ventana, en el cual compararon los valores de factor solar obtenidos mediante esta fórmula aproximada y mediante cálculo detallado, para marcos de aluminio y madera macizos. Para incidencia normal encontraron que el modelo es satisfactorio, ya que da errores bajos (4-5%) para marcos de factor solar elevado, y errores más altos (33-47%) en casos de marcos con

factor solar bajo (0,024). También encontraron que la selección del coeficiente convectivo exterior tiene una incidencia importante sobre el valor del factor solar del marco. En este trabajo se realiza un estudio similar para la tecnología de marco de ventana predominante en Argentina, para analizar la validez de usar un modelo aproximado para el cálculo del factor solar. Se busca cuantificar el error asociado a nivel de la ventana completa.

#### Condiciones de borde

Los estándares anteriormente mencionados utilizan valores de condiciones de borde diferentes. ISO 15099 propone condiciones estándares de invierno y de verano. Sin embargo no especifica cuales usar para el cálculo del factor solar. NFRC 200 recomienda condiciones de verano para el cálculo del factor solar del vidrio, pero utiliza en el cálculo del factor solar del marco el factor  $K_m$  calculado bajo condiciones de invierno.

La Tabla 1 resume las temperaturas e intensidad de radiación solar consideradas por los diferentes estándares mencionados. En cuanto al coeficiente pelicular exterior  $h_o$ , necesario para utilizar la ecuación 3, la norma NFRC 200 lo fija en  $h_o = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , mientras que ISO 15099 solo especifica valores de coeficientes convectivos para invierno y verano.

	Condiciones para cálculo del Factor Solar		
	Temperatura exterior	Temperatura interior	Radiación solar
NFRC 200	32°C	24°C	783 W/m <sup>2</sup>
ISO 15099 (verano)	30°C	25°C	500 W/m <sup>2</sup>
EN 410 (Passive House)	30°C	25°C	500 W/m <sup>2</sup>

Tabla 1: Resumen de las condiciones de borde empleadas por diferentes estándares para el cálculo del factor solar.

Las metodologías empleadas por ISO 15099 y NFRC 200 son diferentes. Un estudio comparativo de los estándares NFRC 200 e ISO 15099 encontró diferencias de hasta un 7% entre los valores de factor solar para el centro del vidriado (RDH Building Engineering, 2014), debido a las diferencias de condiciones de borde empleadas.

## METODOLOGÍA

#### Casos de estudio

Para analizar las problemáticas expuestas, se seleccionó un modelo de ventana de aluminio de amplia distribución en el mercado argentino, de tipología corrediza, de dimensiones estándares 1,2 x 1,5 m. La ventana seleccionada presenta tres secciones diferentes, asociadas respectivamente a la hoja interna, a la hoja externa, y al encuentro de hojas (Figura 1).

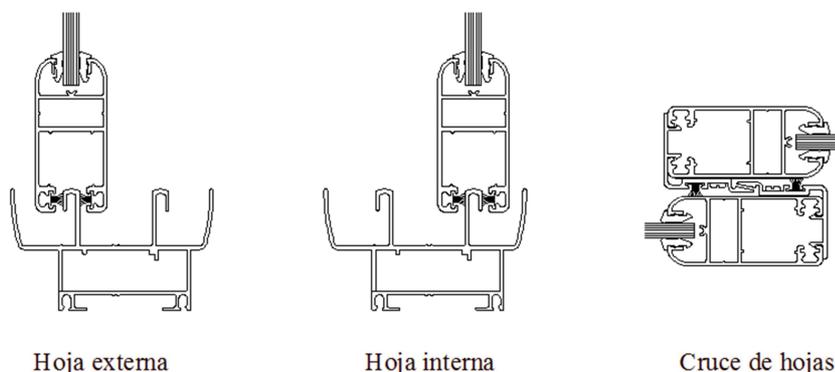


Figura 1: Geometría de los perfiles seleccionados como casos de estudio.

La absorptancia solar es una propiedad superficial de los materiales. Depende principalmente del acabado y del color de las superficies estudiadas. En el caso de las ventanas de aluminio, existen dos tipos de acabados: pintado y anodizado. El primero es el proceso más comúnmente empleado y consiste en aplicar unos polvos pigmentados en horno. En el método SRI (Índice de Reflectividad Solar) se considera una superficie patrón blanca que tiene una absorptancia de 0,2 mientras que el patrón negro tiene una absorptancia de 0,95 (Alchapar et al., 2012). En el caso de las pinturas para ventanas, no se usa el negro sino un verde oscuro o marrón oscuro. En el caso de los marcos blancos, no solo pueden volverse más amarillos con el tiempo, sino que pueden ocurrir múltiples reflexiones en su superficie. Por lo tanto se consideró en este trabajo que los marcos blancos tienen una absorptancia de 0,3 y los marcos oscuros de 0,9. Se aplicaron ambos valores a la carpintería estudiada para analizar el impacto de la absorptancia solar sobre el factor solar del marco.

#### *Procedimiento de cálculo*

Con el fin de comparar los diferentes métodos de cálculo anteriormente presentados, se calculó el factor solar de los casos de estudio de tres maneras distintas:

- 1) fórmula de Wright (cálculo manual)
- 2) programa WINDOW
- 3) cálculo detallado (programa THERM)

Para el cálculo preciso del factor solar del marco, se supone un estado estacionario, por lo que se puede escribir la ecuación 6, donde  $Q$  es el flujo térmico que atraviesa el marco y las capas pelliculares del mismo,  $T_{ext}$  y  $T_{int}$  son las temperaturas del aire exterior e interior respectivamente. A partir de las ecuaciones 5 y 6, se obtiene la ecuación 7.

$$q_{int} = \frac{Q}{A_m} = K_m \cdot (T_{ext} - T_{int}) \quad (6)$$

$$FS_m = \frac{[K_m - K_m(I_s = 0)] \cdot (T_{ext} - T_{int})}{I_s} \quad (7)$$

Se usó THERM para calcular el factor solar de cada sección, mediante dos simulaciones, con y sin radiación solar incidente ( $I_s = 0$  y  $I_s = 500 \text{ W/m}^2$ ), para luego aplicar la fórmula anterior. En cuanto a la radiación incidente, se supuso que la radiación solar incidente  $I_s$  se reparte de manera uniforme en la superficie exterior del marco, con una intensidad  $I$  expresada por la ecuación (8). La radiación absorbida se ingresa mediante la aplicación de un flujo térmico constante  $Q_{abs}$  en la frontera exterior de la ventana (ecuación 9).

$$I = I_s \cdot \frac{A_m}{A_s} \quad (8)$$

$$Q_{abs} = \alpha_m \cdot I \quad (9)$$

#### *Condiciones de borde*

Se consideraron condiciones de verano, debido a que corresponde a la situación más crítica para el consumo edilicio en relación a las ganancias solares. Se consideró una temperatura interior de 25°C y una temperatura exterior de 30°C. Se estudió el efecto de los coeficientes pelliculares sobre el factor solar de las secciones bajo estudio.

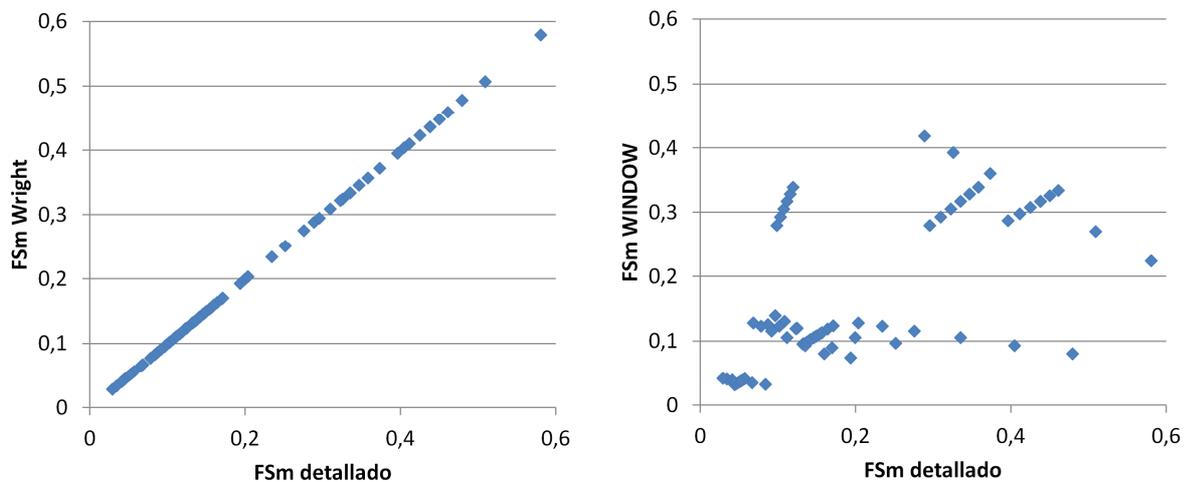
En un primer momento se fijó el coeficiente exterior a  $h_o = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , y se simuló con varios coeficientes peliculares interiores:  $h_i = 6,5 - 7 - 7,5 - 8 - 8,5 - 9 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Estos valores corresponden a una situación con convección natural para ventanas verticales (ASHRAE, 2009). Luego se fijó el coeficiente pelicular interior a  $h_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$  y se calculó el factor solar para los siguientes valores de  $h_o$ :  $8 - 11 - 15 - 20 - 25 - 30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Este rango de valores se eligió de acuerdo a los siguientes criterios. El valor máximo es el que estipula la norma ISO 15099, y corresponde a velocidades de viento elevadas (6,5 m/s de acuerdo al modelo ASHRAE del programa WINDOW). El valor mínimo se eligió suponiendo un caso sin viento, en el que solo ocurre convección natural. Se asigna entonces un valor típico de coeficiente pelicular interior al coeficiente  $h_o$  ( $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

#### *Impacto a nivel de la ventana completa*

Para analizar el impacto del factor solar del marco, se calculó el factor solar de la ventana completa, con el marco compuesto por las tres secciones analizadas, y un simple vidrio de 6mm. Se consideraron un vidrio claro (factor solar alto) y un vidrio de control solar (factor solar bajo).

## RESULTADOS

La figura 2 muestra el gráfico de dispersión entre los valores de  $FS_m$  obtenidos mediante el método detallado y mediante la fórmula de Wright (izquierda) y mediante el programa WINDOW (derecha) en todos los casos estudiados. En el primer caso, se observa una regresión lineal de coeficiente 1, con un R cuadrado de 1, lo cual permite concluir que la fórmula aproximada de Wright es perfectamente válida para el cálculo del factor solar del marco a incidencia normal. Produce inclusive errores sensiblemente menores a los errores encontrados por Wright y MacGowan. Esto puede ser porque simularon marcos muy diferentes, o porque la herramienta de cálculo detallado fue mejorada desde entonces.



*Figura 2: Gráficos de dispersión entre los valores de  $FS_m$  obtenidos mediante los diferentes métodos*

En cambio, el gráfico de dispersión entre los valores de  $FS_m$  obtenidos mediante el método detallado y mediante el programa WINDOW muestra que no hay correspondencia entre ambos métodos de cálculo. Diferencias importantes (de hasta un 400%) son observadas en puntos que se alejan de la diagonal. Un análisis más minucioso permitió concluir que el programa usa el método de Wright, pero considera un coeficiente pelicular exterior fijo ( $h_o=20,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) independientemente de las condiciones de borde seleccionadas.

La figuras 3 muestra las variaciones del factor solar de los marcos estudiados en función de los coeficientes peliculares  $h_i$  y  $h_o$ . Se observa que el factor solar crece ligeramente cuando aumenta el coeficiente pelicular interior (variación inferior al 30%), y crece fuertemente cuando disminuye el coeficiente pelicular exterior (variación superior al 200%). Es interesante notar que las tres secciones estudiadas presentan factores solares muy variados bajo unas mismas condiciones de borde. En

particular, la ganancia solar que ocurre a través de la hoja externa es aproximadamente tres veces mayor a la ganancia por la hoja interna. Los valores de factor solar obtenidos están comprendidos entre 0,03 y 0,19 para los perfiles claros ( $\alpha_m=0,3$ ) y entre 0,09 y 0,58 para los perfiles oscuros ( $\alpha_m=0,9$ ).

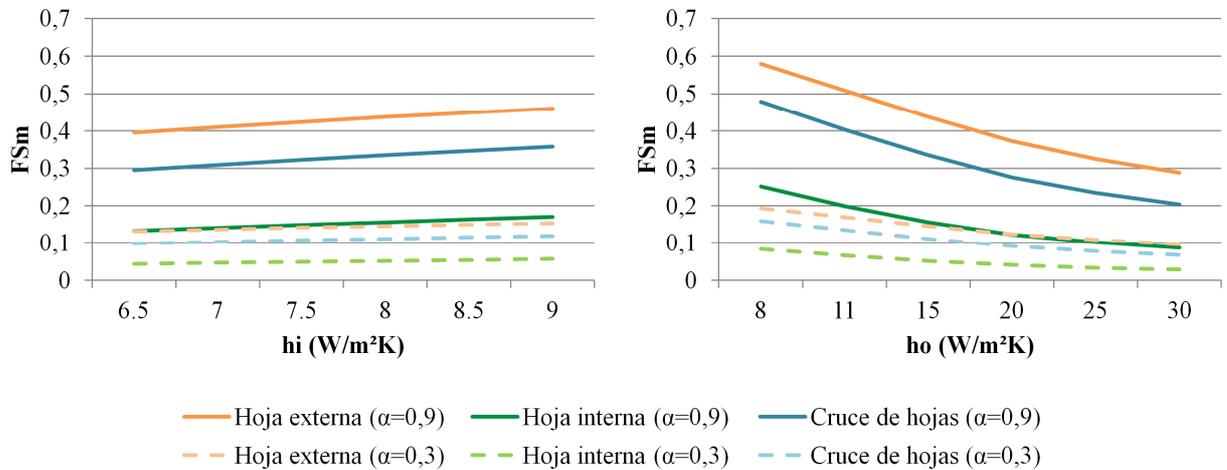


Figura 3: Variación del factor solar del marco en función del coeficiente pelicular interior  $h_i$  (izquierda) y del coeficiente pelicular exterior  $h_o$  (derecha), para cada sección analizada y valor de absorptancia solar.

La figura 4 representa los valores de FS de la ventana completa, de acuerdo al método de cálculo detallado, para los diferentes casos de vidriado y de absorptancia solar del marco, en función de  $h_i$  y  $h_o$ . También muestra los valores de  $FS_v$  de los vidrios estudiados.

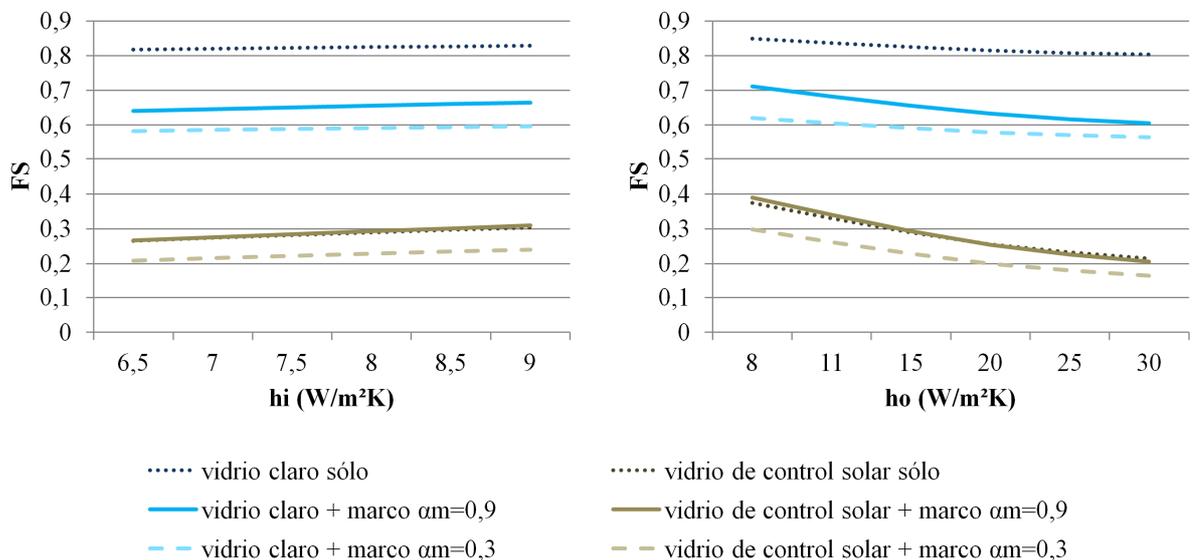


Figura 4: Variación del factor solar de la ventana completa en función del coeficiente pelicular interior  $h_i$  (izquierda) y del coeficiente pelicular exterior  $h_o$  (derecha), para cada tipo de vidriado y valor de absorptancia solar.

Se observa que el factor solar de la ventana completa crece levemente cuando aumenta el coeficiente pelicular interior y decrece cuando aumenta el coeficiente pelicular exterior. En el caso de la ventana con vidrio claro, la variación porcentual del factor solar de acuerdo a los coeficientes  $h_i$  y  $h_o$  es inferior al 15%. En el caso de la ventana con vidriado de control solar y marco oscuro, la dependencia del

factor solar al coeficiente pelicular exterior es más marcada: considerar un coeficiente  $h_o$  de  $8 \text{ W/m}^2\text{K}$  (caso sin viento) conduce a un factor solar dos veces superior al que se obtiene considerando un coeficiente  $h_o$  de  $30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , como indicado por la NFRC.

Si bien el tipo de vidrio define en qué rango varía el factor solar de la ventana, el marco puede tener un impacto importante sobre el valor del mismo. En el ejemplo de la ventana con vidrio claro, el factor solar total es un 20-30% más bajo que el factor solar del vidriado. Este impacto no se debe únicamente a la reducción del área transparente de la ventana, como lo evidencia el hecho de que la absorptancia solar del marco genera variaciones significativas (10 a 30%) en el valor del factor solar de la ventana.

## CONCLUSIONES

Se destaca de los resultados expuestos que el marco estudiado, de amplia distribución en el mercado, tiene un impacto significativo sobre el índice factor solar de la ventana. Por lo tanto, para determinar el valor del índice para etiquetado energético, es necesario poder calcular de manera precisa el factor solar de los marcos. El mismo varía en función de la absorptancia solar del marco y en función de las condiciones de borde seleccionadas para su cálculo, principalmente del coeficiente pelicular exterior  $h_o$ . Estos parámetros deben ser establecidos por norma para que se pueda comparar el comportamiento energético de las diferentes tecnologías de carpinterías del mercado. Además es importante que los valores que se establezcan sean representativos de las condiciones climáticas del país, ya que los índices energéticos se utilizan para calcular un balance energético que pondera las ganancias y las pérdidas de energía a través del componente. En cuanto al valor de absorptancia, es posible adoptar un valor por defecto para simplificar, sin embargo puede generar errores importantes (hasta un 30%). Por lo tanto, sería interesante la comunicación de los valores de absorptancia solar de las carpinterías por los fabricantes.

En relación al método de cálculo aconsejable para la obtención del factor solar preciso de la ventana, el análisis llevado a cabo en este trabajo permite concluir que el método manual mediante la fórmula de Wright (ecuación 3) es adecuado para cálculo a incidencia normal. En cuanto al uso del programa WINDOW, se descubrió que calcula el factor solar del marco con un coeficiente pelicular exterior fijo. Este parámetro puede modificar significativamente el valor del factor solar de la ventana, por lo tanto se recomienda realizar los cálculos a mano.

Futuros trabajos deberán analizar las variaciones del factor solar en condiciones dinámicas, para determinar si es válida la utilización de este índice para caracterizar el comportamiento anual real de una abertura. En particular, la radiación incidente prácticamente nunca es normal al plano de la ventana, y el ángulo de incidencia de la radiación puede implicar un aumento del factor solar dependiendo de la geometría del marco (Wright y McGowan, 1999). También intervienen en la ganancia solar real de la ventana la radiación solar difusa y reflejada por el suelo.

## REFERENCIAS

Alchapar N. L., Correa E. N. y Cantón M. A. (2012). Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales: potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. *Ambiente Construido*, 12(3), 107–123.

ASHRAE (2009). *Fundamentals Handbook. IP Edition*.

De Gastines M., Correa E. y Pattini A. (2015). 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. Vol. 3, pp. 05.01–05.12.

De Gastines M., Villalba A. y Pattini A. (2014). Determinación del Factor K de ventanas. Utilización de programas de simulación de precisión para evaluar el impacto del diseño de marcos y de las condiciones climáticas. *Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente*, 18, 08.35–08.42.

- ISO (2003). 15099-2003. Thermal performance of windows, doors and shading devices--detailed calculations. International Organization for Standardization.
- NFRC (2010). NFRC 100-2010: Procedure for Determining Fenestration Product U-Factors.
- NFRC (2010). NFRC 200-2010: Procedure for Determining Fenestration Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence.
- RDH Building Engineering (2014). International Window Standards.
- Robin M., Kohler C., Curcija D., Zhu L., Vidanovic S., Czarnecki S. y Aratesh D. (2011). THERM 6.3/WINDOW 6.3 NFRC Simulation Manual.
- Volantino V. L. y Siles E. J. C. (2007). Ahorro energético inherente a infiltraciones de aire por correcciones en el diseño de carpinterías utilizadas en viviendas de interés social. Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente, 11, 08.51–08.57.
- Wright J. L. y McGowan A. (1999). Calculating the solar heat gain of window frames. ASHRAE Transactions, 105(2), 1011–1021.

## **ABSTRACT**

This work analyses the methods and tools for window (especially window frame) solar heat gain coefficient (SHGC) calculation, for use in window energy labelling. The SHGC values of a selection of case studies representative of the national market are calculated through three different methods and compared. The impact of boundary conditions on the SHGC value is also studied by varying the inside and outside film coefficients values. The results indicate that frame SHGC calculation through Wright's approximate formula is valid, whereas the calculation through the simulation tool WINDOW is not recommended. A significant variation of the SHGC value depending on boundary conditions is observed, which highlights the necessity of establishing a national norm that defines the parameters and boundary conditions to considerate for the index calculation.

**Keywords:** solar heat gain coefficient, window, frame, energy index, labelling, boundary conditions