

## **EVOLUCIÓN DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DEBIDO A LAS INFILTRACIONES DE AIRE EN DIFERENTES TIPOS DE CARPINTERÍAS ENSAYADAS EN EL LABORATORIO**

Vicente Leonardo Volantino, Edgar Jorge Cornejo Siles  
Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica, INTI Construcciones  
Av. Gral. Paz 5445, San Martín, Prov. Buenos Aires, ARGENTINA  
Fax: (011) 4753-5784 - E-mail: [edcorne@inti.gov.ar](mailto:edcorne@inti.gov.ar), [vvolanti@inti.gov.ar](mailto:vvolanti@inti.gov.ar)

**RESUMEN:** Se presentan determinaciones del comportamiento energético de diferentes tipos de carpinterías a partir de los ensayos de infiltraciones de aire efectuados en los laboratorios de INTI. Se efectuó un relevamiento de los datos correspondientes a 173 ventanas ensayadas, los cuales se seleccionó en primer lugar por diferencia de material y dentro de cada uno se hizo lo propio por tipo de abertura, obteniéndose valores comparativos para cada diseño. Las pruebas de infiltraciones de aire se realizaron siguiendo las pautas establecidas en la Norma IRAM 11523, tanto para el dispositivo de ensayo como para las solicitaciones de presión de aire a que fueron sometidas. De los resultados obtenidos del caudal de aire infiltrado se determinó la pérdida de calor por unidad de longitud de junta asociada a las infiltraciones de aire. Se analizó la evolución en el tiempo de este comportamiento, observándose una tendencia de mejora en general para todos los casos.

**PALABRAS CLAVE:** ventanas, infiltraciones de aire, pérdida de calor, comportamiento energético.

### **INTRODUCCIÓN**

Las ventanas, como muchos otros elementos de la construcción, se han desarrollado tecnológicamente con el objeto de ofrecer una mayor calidad del producto final y consecuentemente, brindar mayor eficiencia en su prestación.

Dentro de las características que éstas poseen, se quiere destacar su comportamiento desde el punto de vista energético, el que está asociado en parte a la transmisión de calor que la atraviesa y en otra, a las fugas de calor existentes en época invernal debido a las infiltraciones de aire. Sobre ésta última cuestión, se ha hecho un relevamiento de todas las carpinterías que fueron ensayadas durante más de 25 años en los Laboratorios del Centro de Construcciones del INTI, con el fin de observar la evolución que han tenido a lo largo del tiempo. El universo de muestras ensayadas es de 173 ventanas, con lo que se estima que resulta un número representativo para el objetivo perseguido.

En este trabajo se consideró las diferentes alternativas que las ventanas pueden brindar, ya sea por su modo de apertura como por el material de fabricación. En primer lugar, se las dividió por tipo de material, tales como de aluminio, combinadas (marco y premarco de chapa metálica con hojas de aluminio), de madera y de PVC.

La siguiente división, se realizó entre ventanas de abrir y corredizas o deslizables. Dentro de las ventanas de abrir se incluyó también a las oscilobatientes, las proyectantes y las pivotantes, ya que el accionamiento de apertura representa la misma operación mecánica. El mismo agrupamiento se hizo con las corredizas, contemplando no sólo las de deslizamiento horizontal si no además las de deslizamiento vertical (guillotina), por la misma razón que el caso anterior.

### **METODOLOGÍA**

Los ensayos que permiten determinar las infiltraciones de aire a través de una ventana, se realizan siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 11523, en la que se establecen ciertas condiciones sobre el espécimen bajo prueba como así también los dispositivos necesarios para su implementación.

Se determina la infiltración de aire a través de las juntas de la ventana mediante el conocimiento del caudal de aire infiltrado, dado en m<sup>3</sup>/h y relacionado con la longitud de la junta (en m), para una diferencia de presión de ensayo de 100 Pascales, que equivale a una velocidad de viento de aproximadamente 46 km/h.

El ensayo consiste en colocar la ventana sobre una cara de una cámara de aire presurizada, en la que se mide el caudal de aire que pasa a través de ella cuando se ejerce una presión positiva, durante por lo menos 10 segundos como mínimo hasta alcanzar una medición estable de la velocidad de viento insuflada por los forzadores de aire. En una primera etapa, la ventana es sellada en todas las juntas existentes, a fin de no considerar lo infiltrado por las aberturas existentes en ella y entre el cerramiento, el vano y la cámara de medición. En una segunda etapa, se repite la prueba pero en este caso se retira todo el sellado, para posibilitar la determinación del caudal de aire a través del conjunto formado por el cerramiento y el muro sobre el que está instalado. La diferencia entre ambas mediciones, define el caudal de aire neto que atraviesa la carpintería.

La infiltración de aire por unidad de longitud de junta, se halla con la siguiente expresión:

$$I = \Phi_{ca} / L \quad (1)$$

donde I, está dado en m<sup>3</sup>/h x m lineal de junta del cerramiento,  $\Phi_{ca}$  es la cantidad de flujo de aire, en m<sup>3</sup>/h y L es la longitud de la junta del cerramiento, en metros.

Las pérdidas de calor debido a las infiltraciones de aire por unidad de longitud de junta se obtienen como:

$$Q_{inf} = I \times C_p \times \rho / 3600 \quad (2)$$

siendo  $C_p$  el calor específico a presión constante, en J/kg.K;  $\rho$  la densidad del aire, en kg/m<sup>3</sup> y 3600, es para conversión de unidades, resultando  $Q_{inf}$  expresado en W/m.K para una diferencia de temperatura unitaria y por unidad de longitud lineal de junta del cerramiento.

#### TIPOS DE CARPINTERÍA ENSAYADAS

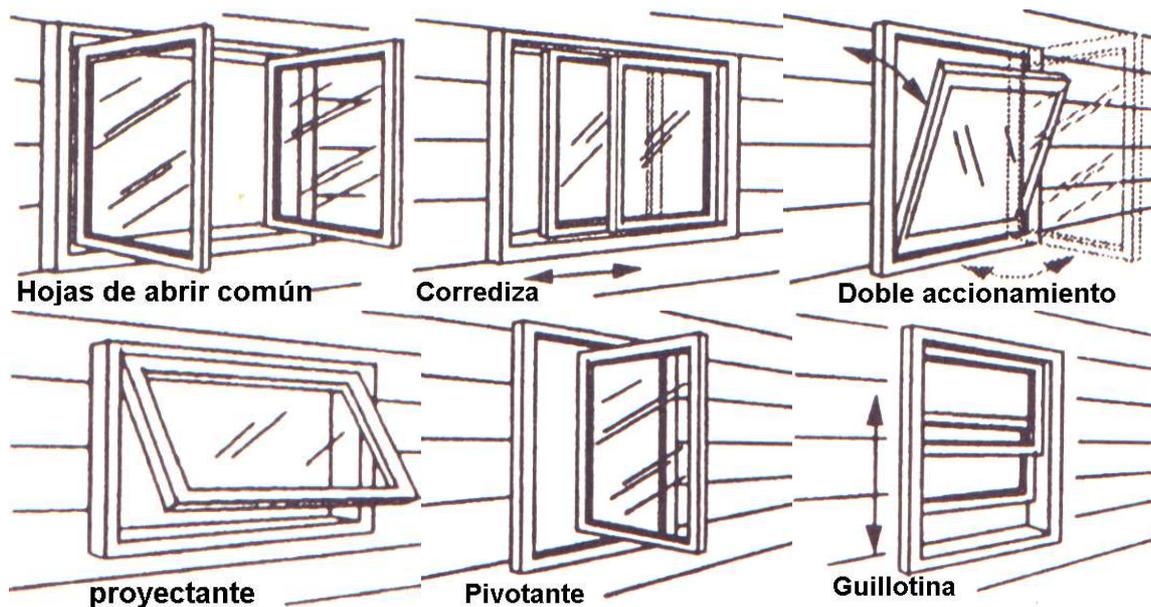


Figura 1: Esquemas de las diferentes tipologías de ventanas ensayadas

#### EQUIPAMIENTO UTILIZADO

El equipamiento está compuesto por una cámara de aire hermética con un lado abierto donde se instala la ventana a ensayar. Ésta cámara es lo suficientemente resistente para soportar presiones hasta 200 kg/m<sup>2</sup>, sin que la misma presente deformaciones que puedan influenciar en la determinación de los resultados. Posee además, una entrada de aire forzada por un ventilador externo y tiene tomas de presión, para la lectura de la diferencia de presión entre el interior y el exterior. Dicho ventilador, es de 10HP de potencia y 2800 rpm, con una capacidad máxima de 3400 Pa; cuenta con un registro de ingreso de aire para el control de caudal.

El equipamiento se completa con una columna de agua inclinada, para medir la diferencia de presión, en el rango de (0 a 150) mm de columna de agua y precisión  $\pm 2$  mm y un anemómetro con rango de 0 a 30 m/s, con una precisión de 0,01 m/s, para medir la velocidad de aire en el conducto de ingreso a la cámara de medición y la posterior determinación del caudal de aire.

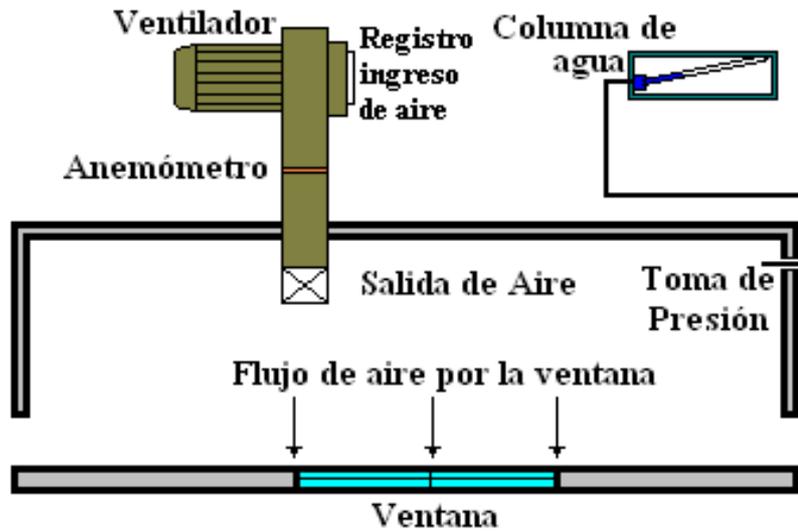


Figura 2: Esquema del equipo de ensayo de infiltraciones de aire

### MEDICIONES REALIZADAS

De acuerdo a lo mencionado precedentemente, se presentan los resultados de las mediciones obtenidas para cada tipo de material y dentro de cada material por tipo de apertura. En los gráficos de la izquierda se observa el caudal de aire que atraviesa la ventana (en  $m^3/h$ ) mientras que en los gráficos de la derecha, se muestra la pérdida de calor por unidad de longitud de junta obtenida según la expresión (2). Las muestras se ordenaron en forma cronológica de acuerdo a su año de ejecución del ensayo, indicándose el periodo relevado.

#### Carpinterías de Aluminio:

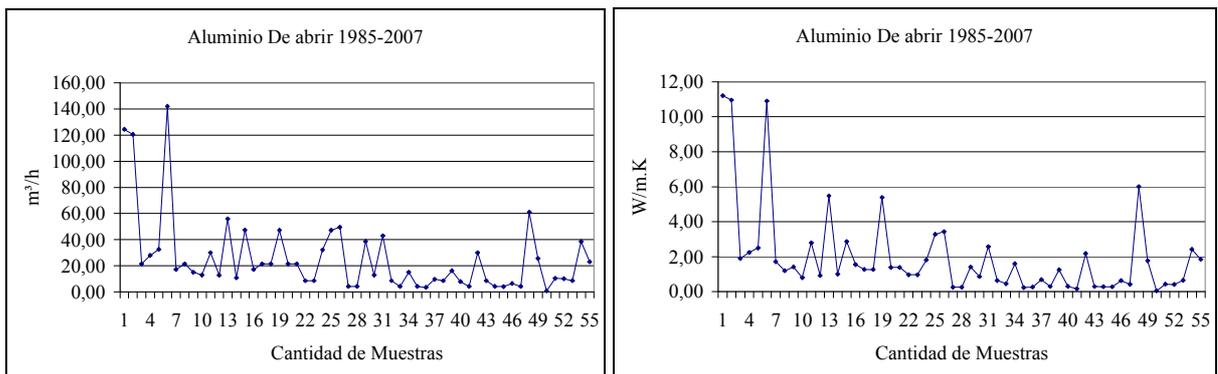


Figura 3a: Caudal de aire y pérdidas de calor por unidad de longitud de junta de ventanas de aluminio de abrir.

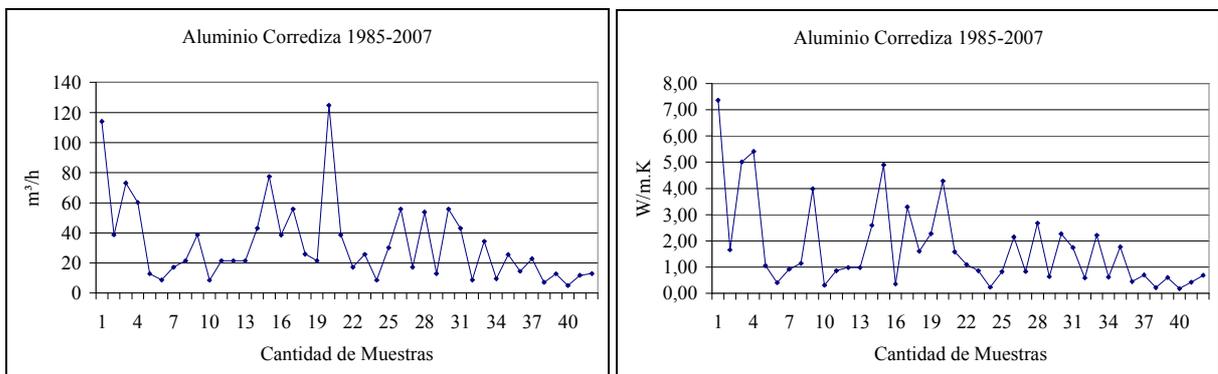


Figura 3b: Caudal de aire y pérdidas de calor por unidad de longitud de junta de ventanas de aluminio corrediza

La cantidad de ventanas de aluminio del tipo de abrir ensayadas en el periodo 1985 – 2007 fue de 55, mientras que las del tipo corrediza en el mismo periodo fueron 42.

**Carpinterías Combinadas**

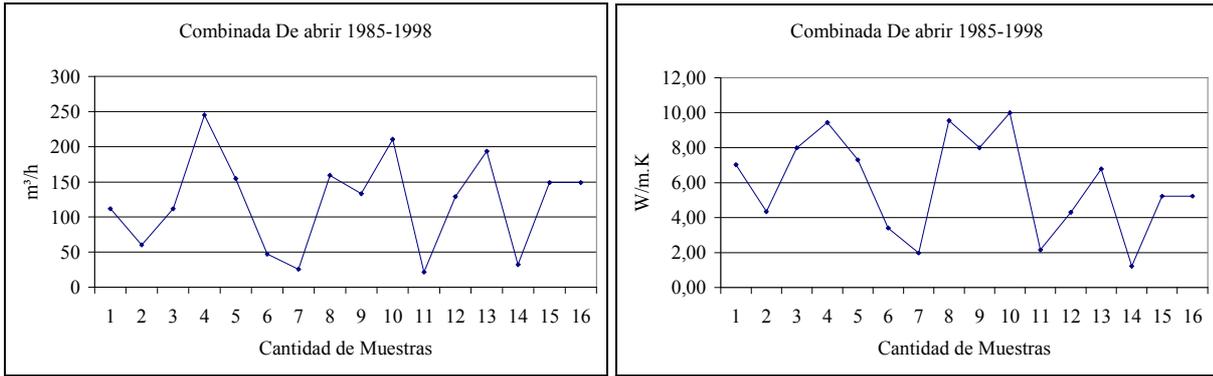


Figura 4a: Caudal de aire y pérdidas de calor por unidad de longitud de junta de ventanas combinadas de abrir

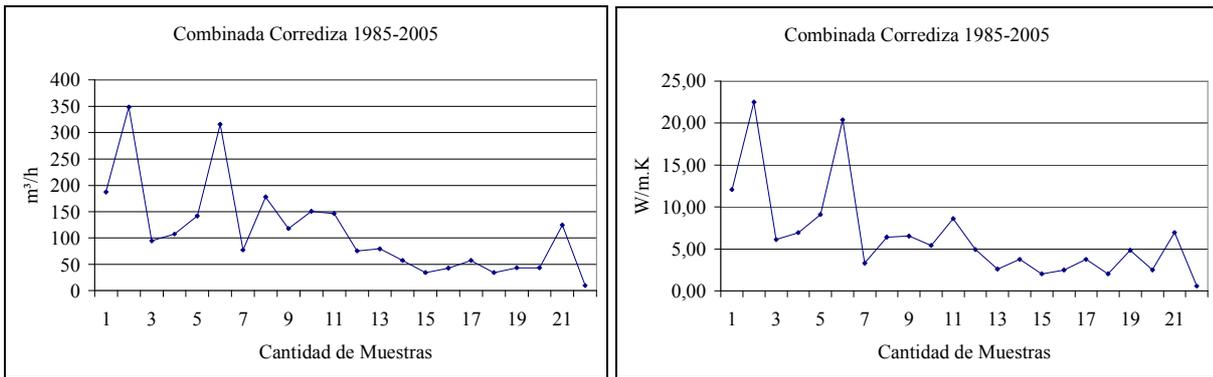


Figura 4b: Caudal de aire y pérdidas de calor por unidad de longitud de junta de ventanas combinadas corredizas.

La cantidad de ventanas combinadas de chapa metálica con hojas de aluminio del tipo de abrir ensayadas en el período 1985 – 1998 fue de 16, mientras que las del tipo corrediza en el período 1985 – 2005 fueron 22.

**Carpinterías de Madera**

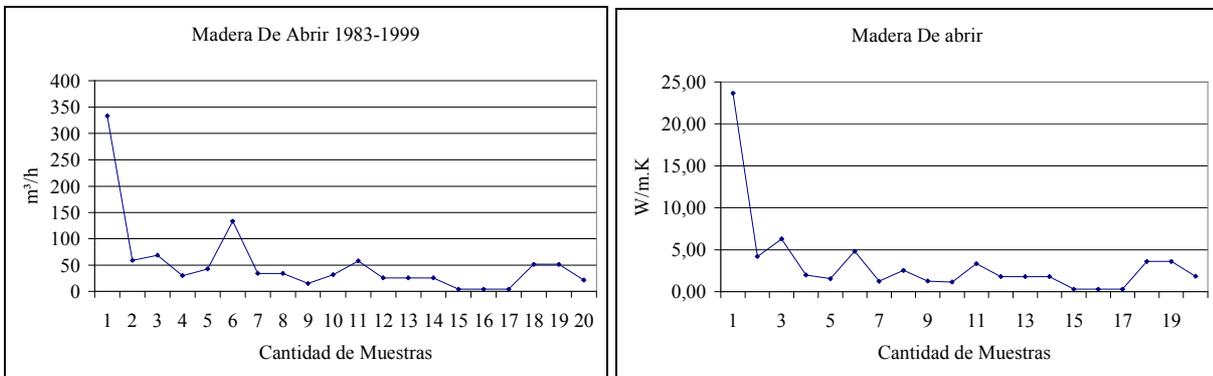


Figura 5a: Caudal de aire y pérdidas de calor por unidad de longitud de junta de ventanas de madera de abrir

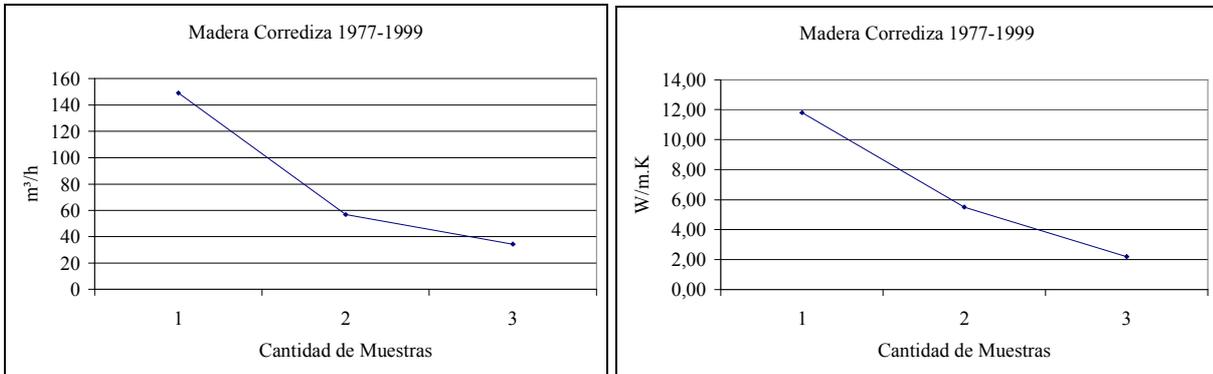


Figura 5b: Caudal de aire y pérdidas de calor por unidad de longitud de junta de ventanas de madera corredizas.

La cantidad de ventanas de madera del tipo de abrir ensayadas en el período 1983 – 1999 fue de 20, mientras que las del tipo corrediza en el período 1977 – 1999 fueron solamente 3.

### Carpinterías de PVC

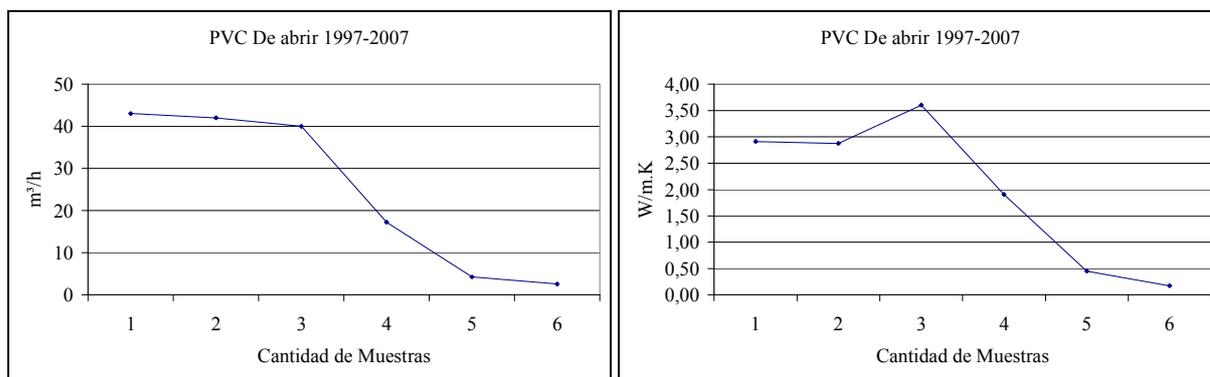


Figura 6a: Caudal de aire y pérdidas de calor por unidad de longitud de junta de ventanas de PVC de abrir

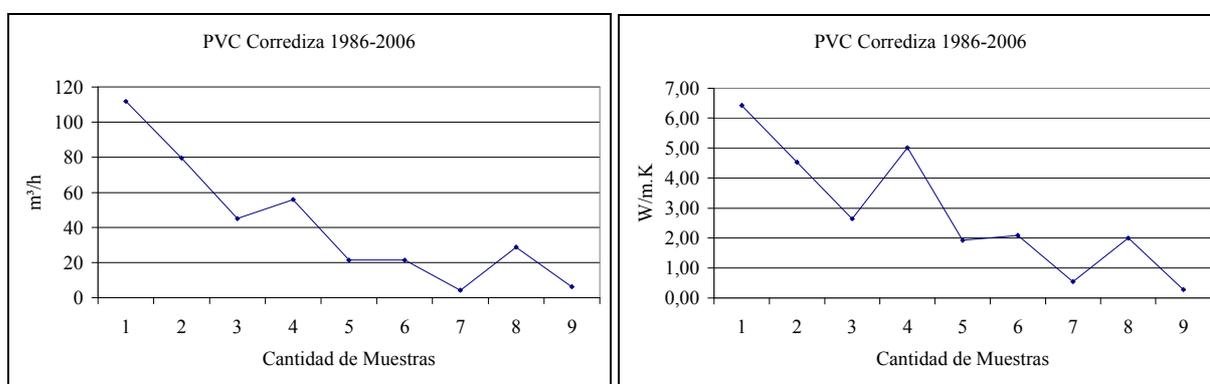


Figura 6b: Caudal de aire y pérdidas de calor por unidad de longitud de junta de ventanas de PVC corredizas

La cantidad de ventanas de PVC del tipo de abrir ensayadas en el período 1997 – 2007 fue de 6, mientras que las del tipo corrediza en el período 1986 – 2006 fueron 9.

En todos los casos se observa una disminución en el tiempo, de las pérdidas de calor por unidad de longitud de junta y diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la ventana, lo que permite establecer un salto en el comportamiento de las mismas. Como resultado del análisis, se pudieron obtener los valores máximos correspondientes a los primeros ensayos y los valores mínimos que representan la situación actual, esto analizado de modo independiente para cada uno de los diferentes grupos de ventanas (Tabla 1).

Material	Tipo de abertura	Pérdida de calor Máxima (W/m.K)	Pérdida de calor Mínima (W/m.K)
Aluminio	De abrir	11.20	0.05
Aluminio	Corrediza	7.36	0.18
Combinada	De abrir	9.99	1.22
Combinada	Corrediza	22.49	0.58
Madera	De abrir	23.63	0.30
Madera	Corrediza	11.80	2.21
PVC	De abrir	3.60	0.17
PVC	Corrediza	6.43	0.28

Tabla 1: Valores máximos y mínimos de pérdidas de calor por unidad de longitud de junta para las diferentes ventanas.

De la tabla anterior, se deduce que las ventanas de aluminio y las de PVC poseen actualmente un mejor comportamiento energético debido a las infiltraciones de aire, según se observa en los menores valores que presentan de mínima pérdida de calor por longitud de junta. Por su parte, el caso de las ventanas de madera del tipo de abrir también puede considerarse dentro de esta calificación, aunque no sucede lo mismo con las corredizas, pero esto puede deberse a la exigua cantidad de ensayos efectuados sobre esta tipología.

El conocimiento de esta magnitud, la pérdida de calor por unidad de longitud de junta, permite obtener la pérdida de energía debido a las infiltraciones de aire que posee una determinada carpintería cuando está expuesta a condiciones invernales, para lo que se debe establecer las condiciones de borde (temperaturas del aire interior y exterior) a que se encuentra sometida.

## CONCLUSIONES

Se observa en general una tendencia de mejora a lo largo del tiempo en el comportamiento de las ventanas, tanto en lo que atañe a la disminución del caudal de aire que atraviesa a las mismas por las juntas, como a una menor pérdida de calor por unidad de longitud de junta debido a infiltraciones de aire, lo que permitió aplicar una regresión del tipo exponencial a cada conjunto de muestras. Si bien estas dos magnitudes están relacionadas, los gráficos correspondientes no son iguales, debido a que las pérdidas de calor obtenidas se hallaron contemplando la longitud de las juntas en función de las dimensiones reales de cada ventana evaluada. Se aplicó la mencionada regresión exponencial, dando como resultado cantidades apreciables de ahorro de energía debido a la disminución en las infiltraciones de aire.

Los resultados obtenidos muestran un mejor comportamiento tanto en las ventanas de aluminio como en las de PVC para los valores actuales, como puede observarse en los valores de pérdida de calor mínima dados en la Tabla 1.

Las mejoras observadas en las aberturas con el transcurrir del tiempo, se lograron mediante la modificación en los diseños y el uso de materiales más apropiados de acuerdo al caso que se trataba. Los cambios que se mencionan, fueron producto de la detección de fallas observadas durante la ejecución de los ensayos de laboratorio, ya que los mismos permitieron conocer los defectos que presentaba la ventana, a partir del cual se plantearon las reformas necesarias para mejorar su prestación.

Se puede concluir diciendo que la mejora del comportamiento energético de las carpinterías durante su evolución cronológica, está evidentemente asociada a su evolución tecnológica.

## REFERENCIAS

IRAM 11523 (2001). Método de ensayo de infiltración de aire.

Nudo O. J. (1993) Análisis del comportamiento de cerramientos de fabricación nacional. Publicación de INTI Construcciones

Volantino V. L. (2003). Como se mide la performance de una ventana. Actas del IV Congreso SISTECCER

Volantino V. L. y Cornejo Silés E. J. (2007) Ahorro energético inherente a infiltraciones de aire por correcciones en el diseño de carpinterías utilizadas en viviendas de interés social. 30ª Reunión de Trabajo de ASADES, San Luis.

**ABSTRACT:** Energy performance determinations from air leakage tests made for different kinds of windows at INTI Construcciones laboratories are presented. A survey of data belonging to 173 tested windows selected according to material and specimen type was carried out obtaining comparative values for each design. Air leakage tests were realized for test device and air pressure values established in IRAM Standard 11523. Heat loss per unit length of joint was determined from airflow leakage results. Time evolution of this performance was analyzed and an improvement trend was observed for every case.

**Keywords:** windows, air leakage, heat loss, energy performance.