

## CONSERVACION DE ENERGIA EN VIVIENDAS - EFECTIVIDAD ECONOMICA DEL CONTROL DE LAS INFILTRACIONES EN CARPINTERIAS EXTERIORES

Andrea Pattini\* - Carlos de Rosa\*\* - Alfredo Esteves\*\*\*

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)  
Centro Regional de Investigaciones Científicas y  
Tecnológicas (CRICYT)  
C.C. 131 - 5500 Mendoza

### RESUMEN

La crisis energética de la década del 70, produjo en los países del hemisferio norte un impacto importante en los aspectos de conservación de energía en la construcción. Uno de los rubros que ha merecido particular atención es el desarrollo de carpinterías exteriores de baja conductancia y alta estanqueidad. En nuestro país la tecnología utilizada en este rubro, particularmente en el caso de la vivienda económica, no alcanza aún características aceptables de conservación de energía.

El presente trabajo constituye una primera aproximación al estudio de la relación costo-beneficio en carpinterías con estanqueidad mejorada tecnológicamente posibles en nuestro medio. El estudio se realiza sobre tres tipos de diseños de ventanas de abrir, construídas en madera; en cinco situaciones climáticas de la provincia de Mendoza. Los plazos de amortización del sobrecosto calculados varían entre 4,77 y 1,91 años según los climas para las condiciones específicas del estudio.

### INTRODUCCION

A partir de la crisis energética de principios de la década del 70, los países del hemisferio norte han implementado importantes mejoras tecnológicas en la construcción de viviendas y edificios, tendientes a minimizar sus cargas térmicas y reducir por lo tanto los consumos de energía necesarios para climatización de espacios. Estas mejoras han demostrado una neta rentabilidad, permitiendo al mismo tiempo importantes beneficios sociales en economías de combustibles tradicionales. Para asegurar la utilización masiva de estas nuevas tecnologías y la obtención de los niveles de ahorros energéticos deseados se han modificado los códigos de edificación, incorporando normas estrictas para el comportamiento térmico de edificios y sus componentes.

Uno de los rubros que ha merecido particular atención es el desarrollo de carpinterías exteriores con características mejoradas de conservación de energía. El control de las pérdidas por conducción se ha materializado mediante la utilización de dobles y triples vidrios y de marcos y bastidores de materiales de baja conductividad o con ruptura del puente térmico. El control de las infiltraciones se realiza empleando hojas de dobles y triples contactos y el uso de burletes elásticos como el elemento integral del diseño.

\* Becaria de iniciación (CONICET)

\*\* Investigador Independiente (CONICET)

\*\*\* Investigador Asistente Contratado (CRICYT)

En nuestro país, las tecnologías utilizadas y disponibles en la construcción de ventanas no permiten aún comportamientos energéticos comparables a los alcanzados en países desarrollados. En el caso de la vivienda económica de producción masiva, este aspecto es particularmente crítico. Una vivienda FONAVI típica pierde a través de sus ventanas y puertas exteriores aproximadamente un 42% de las pérdidas totales, donde un 30% corresponde a infiltraciones y un 12% a conducción a través de vidrios y perfiles.

Las normas IRAM N°S 11507 y 11523, establecen métodos de ensayo para determinar el caudal de infiltraciones para presiones equivalentes a viento de 46 km/h. De acuerdo a los caudales infiltrados, los cerramientos se clasifican en tres categorías según la norma IRAM 11604:

- Estanqueidad inferior a la normal: > 80 m3/h.m2
- Estanqueidad normal : > 20 m3/h.m2 y < 80 m3/h.m2
- Estanqueidad mejorada: < 20 m3/h.m2

Los ensayos realizados en los laboratorios de la Dirección Nacional de Construcciones y Energía del INTI, sobre una muestra de 93 cerramientos, de distintos tipos y materiales demuestra que un 47% alcanzó estanqueidad normal, un 30% estanqueidad mejorada y el resto inferior a la normal. Considerando la misma muestra según las normas, mucho más exigentes, utilizadas en Europa, STS 36 de Bélgica, ninguna ventana alcanzó la categoría de "mejorada" (P2)-Cerramientos con burletes: (Infiltración 3 m3/h.m2); solamente el 15,05% alcanzó la categoría "normal" (P1)- Cerramientos sin burletes: (Infiltración 6 m3/h.m2) y el resto, 84,95% sería rechazado.

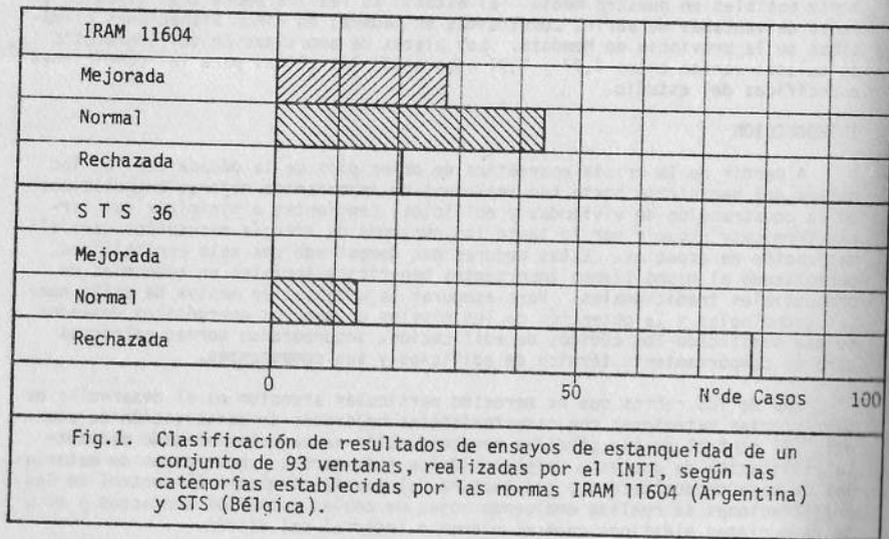


Fig.1. Clasificación de resultados de ensayos de estanqueidad de un conjunto de 93 ventanas, realizadas por el INTI, según las categorías establecidas por las normas IRAM 11604 (Argentina) y STS (Bélgica).

La fig. 2, presenta los resultados obtenidos en los ensayos mencionados, según tipología y material constitutivo (1) puede observarse que los de hojas de abrir, usuales en viviendas económicas, en ningún caso alcanzaron la categoría de estanqueidad mejorada. Del total de 26 cerramientos de este tipo ensayados, 57% correspondió a estanqueidad normal y el resto inferior a la normal. Esto se explica por la falta de una perfilera de buen ajuste para hojas y marcos y la carencia de burletes como parte integral de los diseños.

Tipología	MATERIAL CONSTITUTIVO	APROBADOS				RECHAZADOS		ENSAYOS REALIZADOS
		MEJORADA		NORMAL		SUP.A LA NORMAL		
		CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%	
Abrir común	Marco y hoja aluminio	-	-	1	25	3	75	4
	Marco y hoja Chapa doblada	-	-	7	64	4	36	11
	Marco y hoja Perfil metál.	-	-	7	64	4	36	11
Corrediza	Marco y hoja aluminio	13	45	14	48	2	7	29
	Marco y hoja Chapa	1	8	5	38	7	54	13
	Marco de chapa hoja de alumi.	2	50	2	50	-	-	4
	Marco y hoja de madera	-	-	2	100	-	-	2
Pivoteante	Marco y hoja de aluminio	2	67	1	33	-	-	3
Balancín	Marco y hoja de aluminio	6	75	2	50	-	-	8
Guillotina	Marco y hoja de aluminio	2	40	2	40	1	20	5
Banderoleta	Marco y hoja de aluminio	2	100	-	-	-	-	2
	Marco chapa y hoja perf.met.	-	-	1	100	-	-	1
TOTAL		28	30	44	47	21	23	93

Fig. 2. Resultados de los ensayos de estanqueidad de 93 ventanas de distintos tipos y materiales, realizados por la Dirección Nacional de Construcciones y Energía del INTI (2).

## RELACION COSTO-BENEFICIO ENTRE CARPINTERIAS USUALES Y CON ESTANQUEIDAD MEJORADA

La definición de un método para evaluar comparativamente, las estanqueidades reales de los diseños analizados y los costos de los mismos en la situación local ha presentado algunas dificultades: falta de mayor cantidad de datos en el primer caso y gran dispersión de valores en el segundo. El procedimiento adoptado se limitó a ventanas de tipología de abrir común, de madera de cedro, única madera usual en el medio con características aceptables de homogeneidad y buen secado, es decir buena estabilidad dimensional. Los pasos metodológicos seguidos son los siguientes:

- Definición de tres diseños de sección de marco y hoja: simple contacto (V1), doble contacto sin burletes (V2) y doble contacto con burletes (V3). Las secciones de simple contacto se asimilaron a las usualmente empleadas por el Instituto Provincial de la Vivienda de Mendoza para viviendas FONAVI, Fig. 3A. Las de doble contacto introdujeron las modificaciones mínimas necesarias sobre las primeras para obtener ese efecto, fig. 3B. Las de doble contacto con burletes tomaron como modelo una carpintería de madera ensayada por el Royal Institute of Technology de Estocolmo, cuyos resultados son conocidos. Se trata de secciones realizables en nuestro medio (sin tratamientos especiales de la madera), y que utilizan burletes tubulares con lengüeta insertada, fig. 3C.

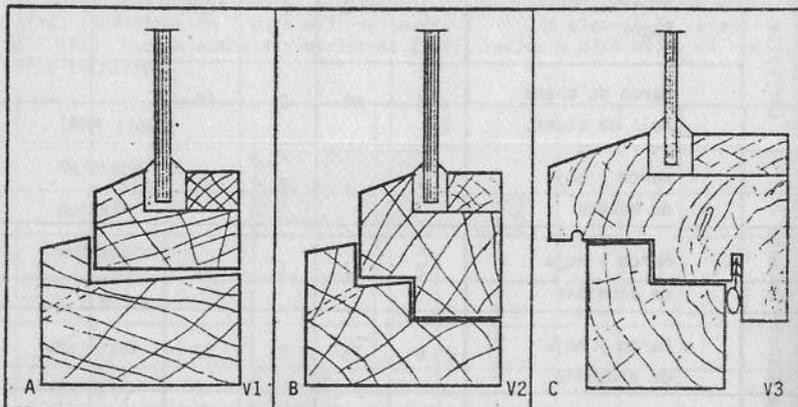


Fig. 3. Secciones típicas de carpinterías de madera de: simple contacto (V1), doble contacto (V2) y doble contacto con burletes (V3).

- Los valores de infiltración para las dos primeras categorías (V1 y V2), se tomaron como medios de los resultados de ensayos de estanqueidad realizados por el INTI, para ventanas de las mismas tipologías y materiales. Los valores para la tercera categoría (V3), son los publicados por el Royal Institute of Technology de Estocolmo (1). Los valores de infiltración obtenidos son los siguientes:  
 V1. Simple contacto: 97,75 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>  
 V2. Doble contacto s/burletes: 76,30 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>  
 V3. Doble contacto c/burletes: 2,00 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>

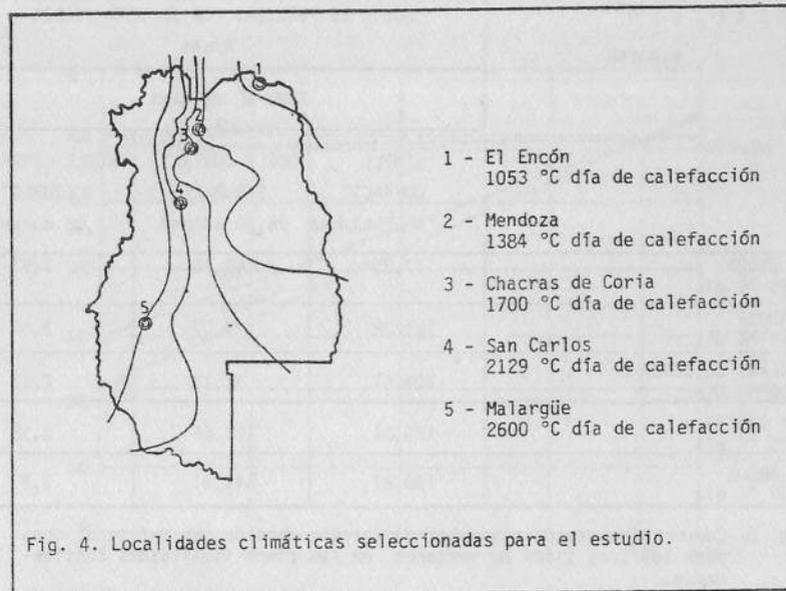


Fig. 4. Localidades climáticas seleccionadas para el estudio.

- Con los tres diseños definidos se solicitaron presupuestos a 10 Talleres de carpinterías de obra del Gran Mendoza. Para la ventana de simple contacto se trabajó con la media de 10 valores, para doble contacto sin burletes, de 7 valores y la media de 5 cotizaciones para la restante. Los costos resultantes sin incluir vidrio, a agosto 1987, son los siguientes:  
 V1. Simple contacto : 220 A/m<sup>2</sup>  
 V2. Doble contacto s/burletes : 300 A/m<sup>2</sup>  
 V3. Doble contacto c/burletes : 580 A/m<sup>2</sup>
- Se calcularon las cantidades de calorías anuales perdidas por infiltración, según las condiciones del ensayo (viento de 46 km/h), para cada tipo de ventana y para cinco situaciones climáticas netamente diferenciadas de la provincia de Mendoza, fig. 4. Se utilizó la siguiente ecuación:  

$$Q_{inf.anual} = 24 \times 0,288 \text{ Kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 0,91 \text{ kg/m}^3 \times V_{01} \text{ infiltrado m}^3/\text{h} \times ^\circ\text{C día}$$
- Se calcularon las cantidades de la energía para producir las calorías perdidas por cada ventana, en cada caso. El combustible considerado es gas envasado, el más utilizado en conjuntos de viviendas económicas, los que carecen de redes de distribución de gas natural. El tubo de gas de 45 kg tiene un poder calórico de 504.400 Kcal. El costo a agosto 1987 es de 45,00 A. La eficiencia de los artefactos considerada es del 75%. La fig. 5 presenta en forma tabulada los costos equivalentes de la energía perdida por los tres tipos de ventanas en las cinco situaciones climáticas mencionadas.
- Se cotejaron los costos básicos y sobrecostos de las carpinterías usuales y la de estanqueidad mejorada con los costos anuales de la energía perdida por infiltración. Se utilizaron los valores calculados en el punto 4,

LOCALIDAD	COSTO DE PERDIDAS POR INFILTRACIONES A/año		
	TIPO DE VENTANA		
	SIMPLE CONTACTO 97,75m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	DOBLE CONTACTO S/BURLETE 76,30 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	DOBLE CONTACTO C/BURLETE 2,00 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
EL ENCON 1053 °C dfa	77,25	60,16	1,57
MENDOZA 1384 °C dfa	101,28	79,07	2,06
CHACRAS DE CORIA 1700 °C dfa	124,41	97,13	2,53
SAN CARLOS 2129 °C dfa	155,81	121,66	3,18
MALARGUE 2600 °C dfa	190,27	148,57	3,57

Fig. 5. Comparativo de costo anuales de energia perdida por infiltraciones para los tres tipos de ventanas en las cinco localidades consideradas.

LOCALIDAD	PLAZO DE AMORTIZACION A/año		
	Sobrecosto V2 - V1 80 A	Sobrecosto V3 - V2 280 A	Sobrecosto V3 - V1 360 A
	EL ENCON 1053 °C dfa	4,68	4,77
MENDOZA 1384 °C dfa	3,59	3,63	3,61
CHACRAS DE CORIA 1700 °C dfa	2,93	2,96	2,95
SAN CARLOS 2129 °C dfa	2,34	2,36	2,35
MALARGUE 2600 °C dfa	1,91	1,93	1,92

Fig. 6. Comparativo de sobrecostos de ventanas para los tres casos posibles, en las cinco localidades climáticas.

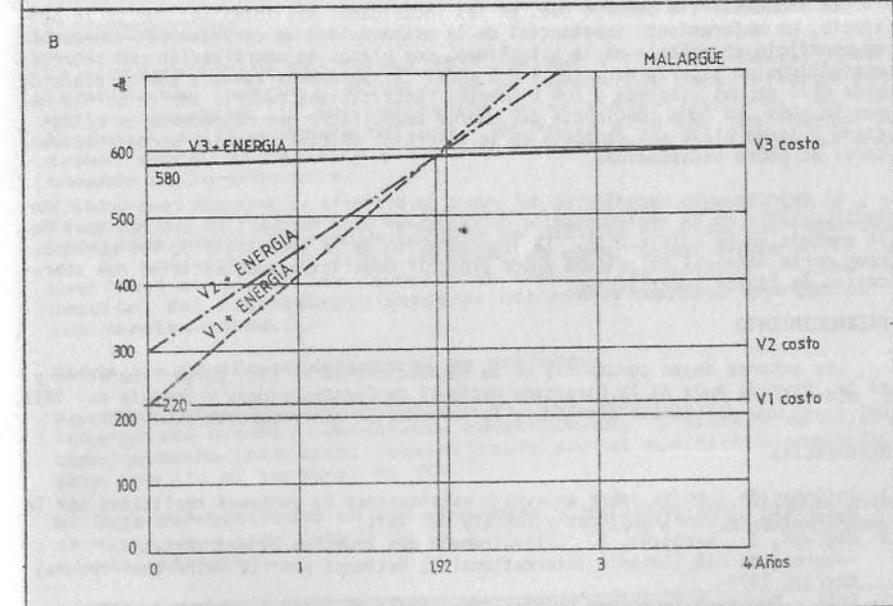
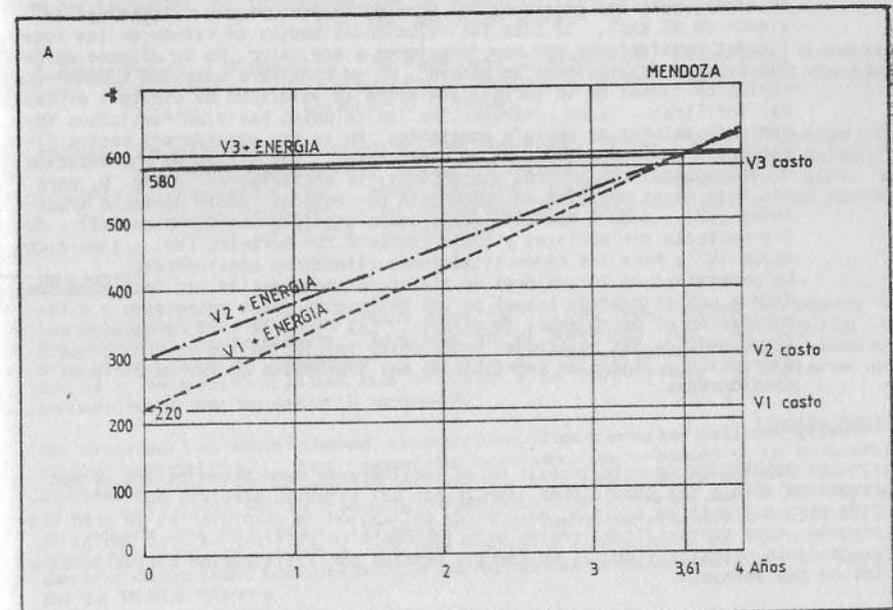


Fig. 7. Gráfica de las relaciones entre costo inicial, costo energético y plazos de amortización de los sobrecostos de las ventanas V1, V2 y V3 para las localidades de Mendoza y Malargüe.

es decir, para las presiones del ensayo, equivalentes a velocidades de viento de 45 km/h. Si bien las velocidades medias de viento en las localidades consideradas son muy inferiores a ese valor, no se dispone de datos para otras presiones de ensayo, ni se considera adecuado suponer una variación lineal de la correlación entre la velocidad de viento y el caudal infiltrado. Como contrapartida los cálculos han sido realizados suponiendo valores de energía constantes. No se han considerado costos financieros en la amortización de sobrecostos. Los plazos de amortización de sobrecostos con ahorros energéticos, se presentan en la fig. 6, para los tres casos posibles de sobrecosto por mejoras: doble contacto s/burletes (V2) - simple contacto (VI); doble contacto con burletes (V3) - doble contacto sin burletes y doble contacto con burletes (V3) - simple contacto (VI); para las cinco situaciones climáticas consideradas. La proximidad de los valores de plazos de amortización por localidad obedece a una alineación casual de las relaciones entre sobrecosto y diferencias en el gasto anual de energía. Las figs. 7A y 7B, presentan en forma gráfica las relaciones entre costo inicial de las ventanas, gasto energético y plazos de amortización del sobrecosto en las condiciones consideradas.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo deben considerarse como orientativos ya que responden sólo a las condiciones específicas del estudio: pérdidas por infiltración para un viento de 46 km/h; valores de cotización de carpinterías de gran dispersión, cuya confiabilidad reside principalmente en utilizar valores medios de un conjunto de datos y costos de energía perdida por infiltración equivalentes a los de gas envasado.

Es indudable sin embargo que, en las localidades más frías del sur de la provincia, un mejoramiento substancial de la estanqueidad de carpinterías representa un beneficio apreciable en la actualidad, con plazos de amortización con ahorros energéticos no superiores a los 4 o 5 años. Si suponemos además, que el plazo de vida útil de una vivienda y sus elementos constitutivos debería ser de por lo menos 50 años, se toma conciencia del enorme despilfarro que representa en el mediano y largo plazo una economía en la inversión inicial obtenida a costa de ventanas de pobre estanqueidad.

El mejoramiento tecnológico del rubro carpintería se presenta como condición indispensable en la implementación de cualquier plan nacional de uso racional de la energía en la edificación. La incorporación de la tecnología de los burletes como parte integral del diseño puede producir beneficios substanciales con sobrecostos de rápida amortización.

## RECONOCIMIENTO

Los autores dejan constancia de su reconocimiento al Lic. Jorge Fucaraccio y al Sr. Osvaldo Nudo de la Dirección Nacional de Construcciones y Energía del INTI, por la valiosa asistencia prestada y la información generosamente suministrada.

## REFERENCIAS

- 1- Información inédita sobre ensayos de estanqueidad de ventanas realizadas por la Dirección de Construcciones y Energía del INTI.
- 2- Högglund, I., Wanggren, B. "Calfaturation des fenestres et des portes". -Journal du CIB (Conseil International du Batiment pour la Recherche-Francia) Nov/Dic 1979
- 3- CSTB - Document Technique Unifie: "Menuiserie en Bois" - Cahiers de CSTB - Francia, Dic. 1984.
- 4- Ortombina, Livio "Finestre in alluminio a taglio termico". Revista Finestra, Italia, N°2 1979.