

## **LA GANANCIA SOLAR Y LAS INFILTRACIONES DE AIRE INDESEADAS EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**

**V. L. Volantino, J.E. Cornejo, D. H. Pizzorno y J.T. Bernacchia**

Unidad Técnica Habitabilidad - INTI Construcciones - Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Av. General Paz 5445 CP B 1650WAB Provincia de Buenos Aires  
Tel. 011 4724-6200 int. 6482 - Fax. 4753-5764 e-mail : vvolanti@inti.gov.ar

*Recibido: 13-8-12; Aceptado:28-9-12.*

**RESUMEN.**- La cantidad de energía necesaria para calefacción en un modelo de vivienda unifamiliar en el clima de Buenos Aires, que se obtiene mediante un programa de simulación energética, presenta diferencias notables con la que se calcula siguiendo la metodología que establece la Norma IRAM 11604:2001 actualmente en vigencia. Este trabajo destaca la relevancia de revisar la ponderación de las infiltraciones de aire a través de las carpinterías en el denominado Coeficiente G de pérdidas volumétricas de calor y que contemplando de alguna manera la ganancia solar, se estimen las demandas de calefacción con menos arbitrariedad. Los cálculos simplificados de la citada Norma, derivan en sobreestimar demandas energéticas y hacen suponer que se lograrán ahorros energéticos a través de medidas que sólo aumentarán los costos de construcción cuando se establezca la obligatoriedad de su cumplimiento.

**Palabras Claves:** ganancia, infiltraciones, diseño bioambiental, comportamiento energético, viviendas.

### **SOLAR PROFIT AND NON-DESIDERABLE AIR LEAKAGE IN ENERGY BEHAVIOUR OF SOCIAL HOUSING**

**ABSTRACT.**- The amount of heating energy for single-family home in Buenos Aires obtained through energy simulation software shows remarkable differences respect to the calculation following current IRAM 11604:2001 Standard. This work highlights the importance of reviewing the weighting of air leakage through windows in volumetric heat loss coefficient G and estimating heating demand taking into account solar gain. Simplified calculations of mentioned Standard result in overestimating energy demand and assume energy savings through measures which will only increase construction costs when obligation is established.

**Keywords:** solar gain, undesired, air leakage, bioenvironmental design, energy behavior, housing

#### **1. INTRODUCCION**

El compromiso a nivel nacional de contribuir al uso eficiente de la energía, requiere la actualización y adecuación de normas y reglamentos preexistentes, así como también la incorporación de nuevos métodos de cálculo, particularmente de software específicos, a los fines de contar con modelos de simulación que tengan en cuenta las distintas variables necesarias de contemplar. Las viviendas de interés social, que se construyen en todo el país a través del Plan Federal y otros planes provinciales y municipales comienzan naturalmente, a distinguirse como de especial atención; en estas viviendas, y también en las que se construyen con recursos no públicos, sólo un balance térmico bien fundamentado, permite sacar conclusiones válidas para la toma de decisiones relacionadas con el ahorro o la clasificación energética de las viviendas.

Por ejemplo, la finalidad de la Ley 13059 y su Decreto reglamentario 1030 de la Provincia de Buenos Aires, es establecer las condiciones de acondicionamiento térmico

exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía. La aplicación de la Ley define que serán obligatorias las normas IRAM referidas al acondicionamiento térmico de edificios y de ventanas, en su edición más reciente.

Una de las dificultades técnicas que se presentará en los nuevos proyectos consistirá en la verificación del Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor de la Norma IRAM 11604:2001, particularmente por su dependencia del número de renovaciones horarias por infiltración de aire a través de las carpinterías (n=2) que, de no mediar ensayos, se establece para su cálculo, y también porque gran parte de la ganancia solar que contribuye a disminuir la demanda de calefacción depende de ellas. Es así que las carpinterías aparecen como protagonistas en ese sentido, y el presente trabajo ofrece fundamentos que, junto a la consideración de otros antecedentes contribuirían a resolver más equitativamente esta situación puntual.

## 2. DESARROLLO DEL TRABAJO

Para comprobar qué incidencia tiene  $n=2$  sobre las necesidades de calefacción, así como también cuánto es la ganancia solar no tenida en cuenta por la Norma IRAM 11604:2001, se ha recurrido al modelo de vivienda tipo "hogares casa" (Volantino y *et.al*, 2009), unifamiliar aislada, de 69,28m<sup>2</sup> cubiertos, Figura 1, para calcular los valores de

$G$  (W/m<sup>3</sup>K), en el nivel B de confort higrotérmico que establece la norma IRAM 11605:1996, con un porcentaje de carpinterías exteriores vidriadas en relación a la superficie lateral de la envolvente del 19,56%, Figura 2, y para valores de  $n= 1, 1,5$  y  $2$ .

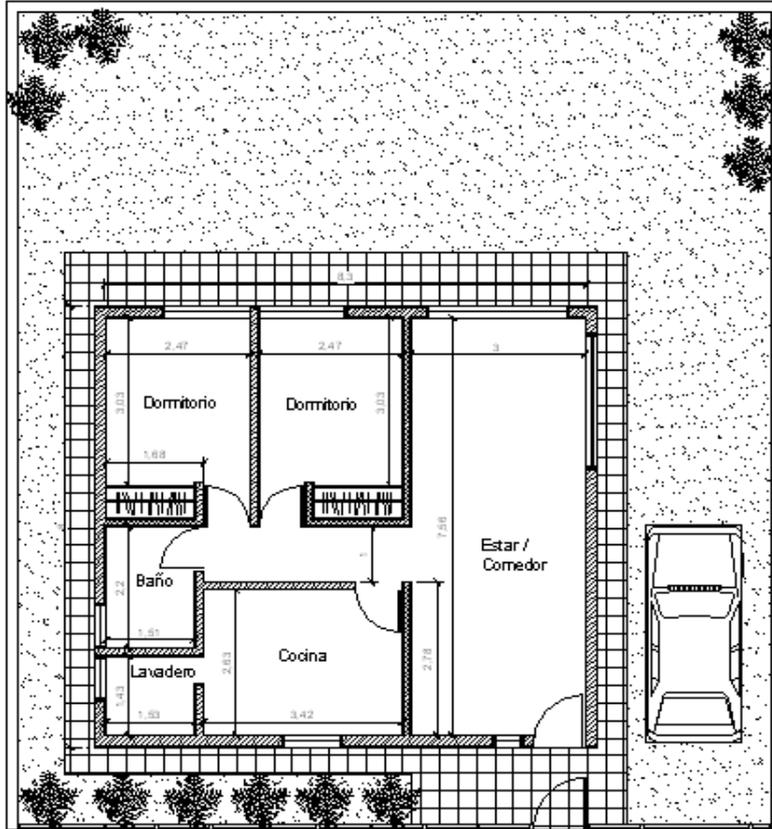


Fig. 1: Planta de vivienda tipo "hogares casa". El modelo es utilizado para la simulación numérica con el programa Energy Plus, a los fines del cálculo de la carga térmica de calefacción anual. El sistema constructivo es de mampostería de ladrillos cerámicos huecos revocados en ambas caras, con el agregado de placas de material aislante térmico. La cubierta es de chapa metálica sobre estructura sostén de madera, con aislación térmica de poliestireno expandido. El modelo cumple con el nivel B de confort higrotérmico de la norma IRAM 11605:2001.

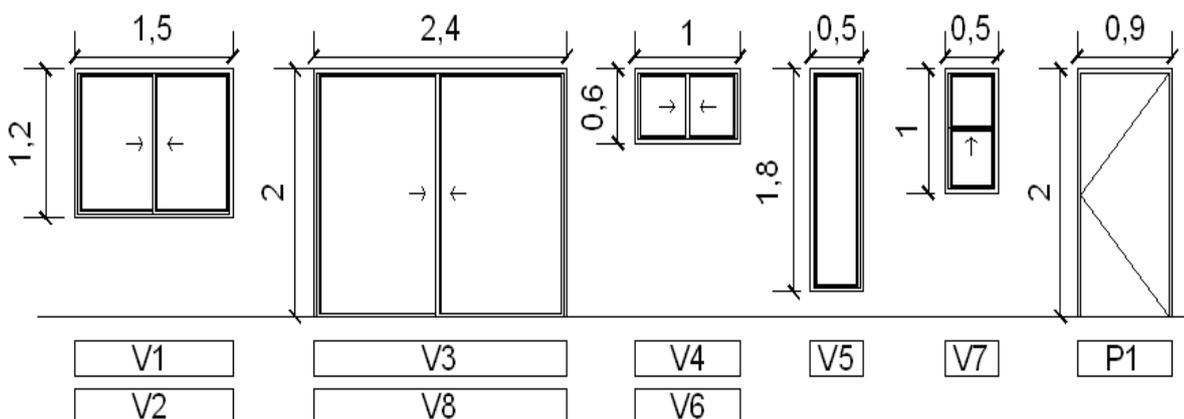


Fig. 2: Carpinterías de la vivienda tipo "Hogares Casas". Representan el 19,56% de la superficie lateral de la envolvente

Los cálculos se presentan en la Tabla 1; donde se observa que cumpliendo con el nivel B de confort higrotérmico, - tal como exige la Ley 13059-, la incidencia en el valor de G (W/m<sup>3</sup>K), debida a las pérdidas por infiltraciones de aire a través de las carpinterías va desde 20,1% para n=1, hasta

33,5% para n=2.

El valor del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (G<sub>cal</sub>) del edificio vivienda calefaccionado, se calcula con la fórmula siguiente:

$$G_{cal} = \frac{\Sigma K_m S_m + \Sigma K_v S_v + \Sigma K_r S_r + \Sigma \gamma K_r S_r + Per P_p}{V} + 0,35n \quad (1)$$

siendo:

- G<sub>cal</sub> el coeficiente volumétrico de pérdidas de calor del edificio vivienda calefaccionado, en W/m<sup>3</sup>K
- K<sub>m</sub> la transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos que lindan con el exterior (en muros, techos y pisos en contacto con el aire exterior), en W/m<sup>2</sup>K
- S<sub>m</sub> el área interior de los cerramientos opacos anteriores, en m<sup>2</sup>
- K<sub>v</sub> la transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos no opacos que lindan con el exterior (en muros y techos), en W/m<sup>2</sup>K
- S<sub>v</sub> el área interior de los cerramientos no opacos anteriores, en m<sup>2</sup>
- γK<sub>r</sub> la transmitancia térmica corregida de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos y no opacos, que lindan con locales no calefaccionados, en W/m<sup>2</sup>K
- S<sub>r</sub> el área interior de los cerramientos opacos y no opacos anteriores, en m<sup>2</sup>
- Per el perímetro del piso en contacto con el aire exterior, en m

- P<sub>p</sub> las pérdidas por el piso en contacto con el terreno, en W/m
- V El volumen interior del edificio vivienda calefaccionado, en m<sup>3</sup>
- 0,35 la capacidad calorífica del aire a temperatura y presión ambiente, en W/m<sup>3</sup>K
- n el número de renovaciones de aire promedio por hora, del edificio vivienda calefaccionado

La fórmula para el cálculo de la carga térmica de calefacción anual de la Norma IRAM 11604:2001 es:

$$Q = 24 \cdot D \cdot G_{cal} \cdot V / 1000 \quad (2)$$

donde:

- Q carga térmica de calefacción, en kWh
- 24 el factor de conversión de día a hora
- °D los grados día de calefacción anual, obtenidos de la norma IRAM 11603, en grados Celsius

Tabla 1- Valores de G (W/m<sup>3</sup>K), incidencia de las infiltraciones de aire a través de las carpinterías y Q<sub>anual</sub> (kWh) de calefacción según la fórmula (2), para distintos valores de n.

IRAM 11604:2001	para este caso el G <sub>máx.adm.</sub> es: 1,766 W/m <sup>3</sup> K					
DESGLOSE PÉRDIDAS	n=1		n=1,5		n=2	
	W/K	%	W/K	%	W/K	%
por cerramientos opacos (muros y puerta)	78,95	23,4%	78,95	21,3%	78,95	19,5%
por cerramientos opacos (techo)	54,44	16,2%	54,44	14,7%	54,44	13,5%
por cerramientos no opacos	91,96	27,3%	91,96	24,8%	91,96	22,7%
por el piso	43,66	13,0%	43,66	11,8%	43,66	10,8%
por infiltraciones de aire	67,78	20,1%	101,67	27,4%	135,56	33,5%
<b>TOTALES</b>	<b>336,79</b>	<b>100,0%</b>	<b>370,68</b>	<b>100,0%</b>	<b>404,58</b>	<b>100,0%</b>
<b>G<sub>cálculo</sub> (pér volum por infiltración de aire+pér volum por transmisión)</b>	<b>1,74</b>		<b>1,91</b>		<b>2,09</b>	
<b>carga térmica de calefacción (Q kWh)</b>	<b>10.096</b>		<b>11.112</b>		<b>12.128</b>	

De Tabla 1 se concluye que para el nivel B, sólo verifica ajustadamente la condición con el valor n=1, en el que G<sub>cal</sub>= 1,74 W/m<sup>3</sup>K es menor que G<sub>adm</sub>= 1,766 W/m<sup>3</sup>K.

La Tabla 2 contiene el ejemplo de cálculo de la planilla de verificación del Coeficiente G con n=1.

En *Volantino et.al (2007)*, se informó cómo precisas y puntuales correcciones en las aberturas ensayadas conducían

a un efectivo control y limitación del nivel de infiltración de aire, y en *Volantino et.al (2008)* se presentaron los resultados de ensayos que se realizaron siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 11523:2001, éstos son representativos y sirven de fundamento a los fines del presente trabajo, porque muestran la tendencia de que las carpinterías han evolucionado mejorando su comportamiento energético, sin mayores costos significativos.

Tabla 2-Planilla de cálculo del coeficiente volumétrico G (W/m<sup>3</sup>K) de pérdidas de calor

PLANILLA DE CALCULO IRAM 11604:2001				
EDIFICIO: Vivienda unifamiliar				
ZONA BIOCLIMÁTICA: IIIb - con muros y techo aislados según nivel B de la IRAM 11605				
Se considera todo la vivienda calefaccionada				
ENVOLVENTE				
SUPERFICIE CALEFACCIONADA	ALTURA	PLANTAS	VOLUMEN	
m <sup>2</sup>	m		m <sup>3</sup>	
62,47	3,1	1	193,66	
CERRAMIENTOS OPACOS (que lindan con el exterior)				
ELEMENTO	S	Km	S.Km	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> k	W/K	
muros exteriores	73,91	<b>1</b>	73,91	
techo	65,60	<b>0,83</b>	54,44	
P1 ( puerta )	1,80	2,80	5,04	
Sumatoria			<b>133,39</b>	
CERRAMIENTOS NO OPACOS (que lindan con el exterior)				
ELEMENTO	Sv	n	Kv	Sv.Km
	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> k	W/K
ventanas	15,80		5,82	91,96
Sumatoria	15,8			<b>91,96</b>
CERRAMIENTOS OPACOS (que lindan con locales no calefaccionados)				
ELEMENTO	S	γ	Km	S. Km
	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> k	W/K
Sumatoria	0			<b>0,00</b>
PISOS EN CONTACTO CON EL TERRENO				
	Perímetro	Pp		Pérdida p
	m	W/mK		W/K
Todos los tabiques	31,64	1,38		43,66
Sumatoria				<b>43,66</b>
PERDIDAS VOLUMETRICAS POR INFILTRACIÓN DE AIRE (0.35 x n)				
	n		Pérdida n	
			W/m <sup>3</sup> K	
	1		<b>0,35</b>	
PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN				
(S.Km) + (Sv.Kv) + (S.γ.Kr) + Pérdida p =				<b>269,01 W/K</b>
PÉRDIDAS TOTALES				
Pérdidas por transmisión + pérdidas por infiltración de aire =				<b>336,79 W/K</b>
PÉRDIDAS VOLUMETRICAS GLOBALES				
Gcálculo (pér volum por infiltración de aire+pér volum por transmisión)				<b>1,74 W/m<sup>3</sup>K</b>
Gadmisible ( GD20= 1249 según Estación Buenos Aires )				<b>1,77 W/m<sup>3</sup>K</b>

En la Figura 3 se representa la tendencia en el tiempo de estos dos tipos de carpintería, resultando para el caso de las de aluminio corrediza, un caudal de infiltración por m lineal de junta del orden de 15 m<sup>3</sup>/h con pérdida de calor por unidad de temperatura y longitud de junta menor que 1,00 W/mK; y que para el caso de las combinadas, marco metálico y hojas de aluminio, dicho caudal es de 30 m<sup>3</sup>/h y la pérdida de calor de 4,00 W/mK.

Con estos tipos de carpintería del mercado actual, los valores de n de la fórmula (1), que representa el número horario de renovaciones del aire debidas a infiltraciones a través de las carpinterías, podrían justificarse mediante el cálculo de acuerdo con el Anexo B de la norma IRAM 11604:2001, y serían los que se indican en la Tabla 3. En ella también se incluyen valores de n resultantes de disminuir el porcentaje de incidencia de las carpinterías en

el total de la superficie envolvente, para evidenciar que el número de renovaciones horarias sería aún menor. La fórmula para el cálculo de n es:

$$n = \frac{\sum 0,0464 l_i q_i [0,516 (c_i v_i)^2]^{0,67}}{V} \quad (3)$$

donde:

- $l_i$  el largo de las juntas de contacto de cada tipo de carpintería, en metros
- $q_i$  el caudal de infiltración de aire por unidad de longitud de la junta (norma IRAM 11523:1996, presión de ensayo 100 Pa) de cada carpintería de la envolvente del edificio, en metros cuadrados por hora
- $c_i$  el coeficiente de corrección (según Tabla 3 de la norma IRAM 11604:2001)
- $v_i$  la velocidad del viento en la localidad considerada

(norma IRAM 11603:1996)

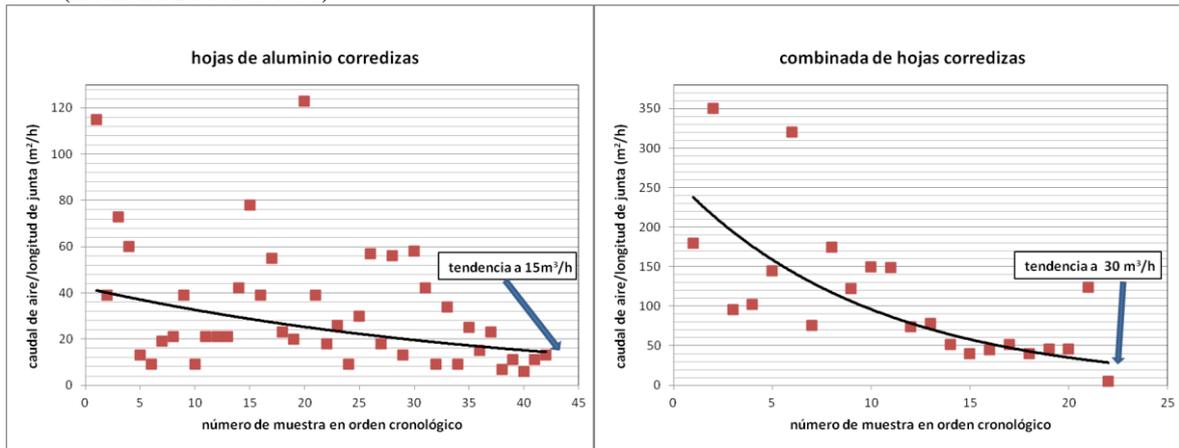


Fig. 3: Tendencia de los caudales de aire infiltrado (m³/h) por m lineal de junta, en dos tipos habituales de carpinterías. Son 42 casos durante el período 1985-2007 para las de aluminio corredizas y 22 casos entre 1985-2005 para las combinadas corredizas.

Tabla 3- Valores de n según B.1.1.2 del Anexo B de la norma IRAM 11604.2001, para aberturas combinadas con hojas corredizas y de aluminio con hojas corredizas.

$n = \sum 0,0464 l_i \times q_i [0,516 (c_i \times v_i)^2]^{0,67} / V$			
De tabla 3, para h ≤ 10m: ci =		1,0	
Vm ( Km/h ): 10,3 ( Buenos Aires)		2,86 m/s	
volumen de la vivienda:		193,66 m³(1)	
TIPO DE CARPINTERÍA		porcentaje aberturas	
		<b>19,56</b>	<b>12,99</b>
<b>aberturas combinadas con hojas corredizas</b>			
longitud de juntas en contacto:	m	44,8	34,0
caudal de aire:	m³/h	30,0	30,0
$l_1 \times q_1 =$	W/m²	1344,0	1020,0
<b>aberturas combinadas con hoja de abrir</b>			
longitud de juntas en contacto:	m	4,6	4,0
caudal de aire:	m³/h	120,0	120,0
$l_2 \times q_2 =$	W/m²	552,0	480,0
<b>puerta de entrada</b>			
longitud de juntas en contacto:	m	5,8	5,8
caudal de aire:	m³/h	50,0	50,0
$l_3 \times q_3 =$	W/m²	290,0	290,0
<b>(4) <math>\sum l_i \times q_i =</math></b>	W/m²	<b>2186,0</b>	<b>1790,0</b>
	0,0464 (2)		
<b><math>[0,516 \times (c_i \times v_i)^2]^{0,67} =</math></b>	<b>2,6256 (3)</b>		
<b>número de renovaciones (n) = (2)x(3)x(4)/(1):</b>		<b>1,38</b>	<b>1,13</b>
<b>TIPO DE CARPINTERÍA</b>		<b>porcentaje aberturas</b>	
		<b>19,56</b>	<b>12,99</b>
<b>aberturas de aluminio con hojas corredizas</b>			
longitud de juntas en contacto:	m	44,8	34,0
caudal de aire:	m³/h	15,0	15,0
$l_1 \times q_1 =$	W/m²	672,0	510,0
<b>aberturas combinadas con hoja de abrir</b>			
longitud de juntas en contacto:	m	4,6	4,0
caudal de aire:	m³/h	120,0	120,0
$l_2 \times q_2 =$	W/m²	552,0	480,0
<b>puerta de entrada</b>			
longitud de juntas en contacto:	m	5,8	5,8
caudal de aire:	m³/h	50,0	50,0
$l_3 \times q_3 =$	W/m²	290,0	290,0
<b>(4) <math>\sum l_i \times q_i =</math></b>	W/m²	<b>1514,0</b>	<b>1280,0</b>
	0,0464 (2)		
<b><math>[0,516 \times (c_i \times v_i)^2]^{0,67} =</math></b>	<b>2,6256 (3)</b>		
<b>número de renovaciones (n) = (2)x(3)x(4)/(1):</b>		<b>0,95</b>	<b>0,81</b>

Se hace notar que, si tal como aconsejan las pautas de diseño para zonas bioambientales frías, se reduce el tamaño de las aberturas, los valores de n serían aún menores que los que se presentan como ejemplo. Los ensayos evidencian entonces que el valor de n=2 no se condice con las actuales condiciones de hermeticidad que ofrecen las aberturas de fabricantes calificados.

Existe otro aspecto interesante, relacionado con la necesidad de mejor precisar las demandas energéticas en general y las del acondicionamiento del aire en particular. En "Volantino et.al (2009), se simuló la vivienda tipo "Hogares Casas", mediante el programa Energy Plus (Figura 4).

El objetivo principal era cuantificar bajo determinadas condiciones, el efecto en la demanda de acondicionamiento del aire debido a las condiciones de aislación de la envolvente y su orientación en el terreno, en el clima correspondiente a la ciudad de Buenos Aires.

Para el presente trabajo, la simulación del modelo "hogares casa" se llevó a cabo en el clima de Buenos Aires, sin proyección de sombras provenientes de edificios ni vegetación, con la fachada principal en 4 orientaciones, con y sin radiación solar; con los valores de transmitancia térmica de muros y techo en nivel B de la norma IRAM

11605, sin presencia de puentes térmicos, con  $K_v=5.82$   $W/m^2K$  para las ventanas, con vidrio simple de 4mm, sin protecciones solares y sin fuentes internas. Tanto para invierno como para verano la temperatura interior se fijó en 20°C, o sea la misma temperatura interior de diseño que se consideró para  $G_{cal}$ . En la Tabla 4, se presentan los resultados con  $n=2$  y en la Tabla 5 con  $n=0$ , para obtener por diferencia el peso de las renovaciones de aire en las demandas energéticas de calefacción y efectuar comparaciones con resultados obtenidos mediante la aplicación de la norma IRAM 11604.

Teniendo en cuenta el promedio de las 4 orientaciones, la simulación de este modelo en régimen dinámico, con 2 renovaciones horarias del aire y sin radiación solar, presenta una carga térmica anual de calefacción de 5659,9kWh (Tabla 4), mientras que de la norma IRAM 11604:2001 se obtiene  $Q=12128$  kWh (Tabla 1), lo que representa más del doble en la demanda de calefacción. Si se tuviese en cuenta además la radiación solar, esa demanda resultaría ser 3327,1 kWh (Tabla 4), o sea 3,6 veces menos que  $Q=12128$  kWh.



Fig. 4: Perspectiva del modelo "hogares casa" simulado mediante el programa Energy Plus a los efectos de calcular su comportamiento energético en distintas condiciones.

Tabla 4. Resultados de la simulación, -demanda de calefacción y refrigeración-, según orientación, con y sin radiación solar, y con  $n=2$

ORIENTACIÓN	DEMANDA	con radiación solar (kWh)	sin radiación solar (kWh)
NORTE	calefacción	3662,6	5671,13
	refrigeración	3043,7	491,74
	<b>total</b>	<b>6706,3</b>	<b>6162,9</b>
ESTE	calefacción	3204,7	5622,29
	refrigeración	3753,0	475,58
	<b>total</b>	<b>6957,7</b>	<b>6098</b>
SUR	calefacción	2880,9	5714,48
	refrigeración	3149,7	460,02
	<b>total</b>	<b>6030,6</b>	<b>6174,5</b>
OESTE	calefacción	3560,2	5631,55
	refrigeración	3346,5	498,2
	<b>total</b>	<b>6906,8</b>	<b>6129,75</b>
PROMEDIO	calefacción	3327,1	5659,9
	refrigeración	3323,2	481,385
	<b>total</b>	<b>6650,3</b>	<b>6141,2</b>

Particularmente para el caso de la calefacción, teniendo en cuenta el promedio de las 4 orientaciones, la simulación de este modelo en régimen dinámico, con 2 renovaciones horarias del aire y sin radiación solar presenta una carga térmica anual de calefacción de 5659,9 kWh (Tabla 4), mientras que con  $n=0$  resulta de 4640,2 kWh (Tabla 5), o sea que 1019,7 kWh se deberían a la renovación del aire interior por infiltraciones a través de las carpinterías, esto es un 18%

de peso en el cálculo de la demanda anual de calefacción (1019,7 kWh/5659,9 kWhx100), mientras que de la norma IRAM 11604:2001 se obtiene que un 33,5% (Tabla 1), de la demanda es consecuencia de fijar  $n=2$ , unos 4063kWh anuales de calefacción que resultan de aplicar este porcentaje a los 12128 kWh anuales de calefacción.

Tabla 5. Resultados de la simulación, -demanda de calefacción y refrigeración-, según orientación, con y sin radiación solar, y con  $n=0$

ORIENTACIÓN	DEMANDA	con radiación solar (kWh)	sin radiación solar (kWh)
NORTE	calefacción	2779,9	4641,93
	refrigeración	2849,6	297,54
	<b>total</b>	<b>5629,5</b>	<b>4939,5</b>
ESTE	calefacción	2373,0	4632,24
	refrigeración	3621,0	283,56
	<b>total</b>	<b>5994,0</b>	<b>4916</b>
SUR	calefacción	2075,0	4684
	refrigeración	3000,3	271,88
	<b>total</b>	<b>5075,3</b>	<b>4955,88</b>
OESTE	calefacción	2697,0	4602,6
	refrigeración	3159,0	301,3
	<b>total</b>	<b>5856,0</b>	<b>4903,9</b>
PROMEDIO	calefacción	2481,2	4640,2
	refrigeración	3157,5	288,6
	<b>total</b>	<b>5638,7</b>	<b>4928,8</b>

### 3. CONCLUSIONES

Los distintos tipos de carpinterías ensayados en laboratorio en las últimas décadas demuestran que las infiltraciones de aire a través de ellas, y las consecuentes pérdidas de calor asociadas, están probadamente controladas y con valores promedio lo suficientemente bajos, como para precisar que dos renovaciones de aire por hora para la verificación del Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor es excesivo.

Para verificar el cumplimiento del  $G_{adm}$ , muchos proyectos de la provincia de Buenos Aires requerirán mayores espesores de aislación térmica de los muros y techos, reducción del tamaño de las aberturas, e incorporación de doble vidriado hermético.

Como los períodos de amortización de los mayores costos de construcción deberán estimarse en función del consecuente ahorro de energía, cualquiera sea el modelo normativo que se adopte para el cálculo de la demanda de energía en calefacción debe ser representativo de la realidad.

La implementación de la Ley 13059 y su Decreto reglamentario 1030 requieren, para que se concreten eficazmente sus objetivos, contar con una normativa adecuada a sus fines; para ello constituye un requisito importante evitar exigencias técnicas no representativas de la verdadera complejidad que representa la evaluación energética de las viviendas en particular y de los edificios en general.

En las condiciones actuales de la norma IRAM 11604:2001, la verificación de que los proyectos cumplan con  $G_{cal} < G_{adm}$  es un requisito para evaluar el comportamiento térmico de la envolvente edilicia en una localidad caracterizada por sus grados-día. Vale reiterar las limitaciones en la validez del cálculo del Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor y sus efectos derivados, ya que no tiene en cuenta: la orientación del edificio, el factor de forma, las ganancias solares, la inercia térmica del sistema constructivo, la ubicación relativa de los aventanamientos, la influencia del factor de ocupación y otras fuentes internas de calor, y particularmente, la circunstancia de no contemplar el factor conductual, ya que la vivienda se supone permanentemente calefaccionada a un determinado valor de temperatura de confort.

La inclusión en las Tablas 4 y 5 de los resultados correspondientes a demanda de refrigeración, es a los efectos de comparar el comportamiento anual del sistema, en las condiciones impuestas. Tanto en invierno como en verano, es evidente que las cargas térmicas están fuertemente condicionadas por las ventanas, y que más allá del análisis relacionado con la infiltración de aire a través de ellas, sus dimensiones, ubicación relativa, el contar o no con

cortinas o celosías exteriores y otros elementos de protección solar, es determinante del verdadero comportamiento energético.

En la actual condición de exigencia de cumplimiento, existen riesgos, entre los que puede citarse la invitación a que los proyectistas disminuyan el tamaño de las aberturas en desmedro de la iluminación y ventilación naturales.

En gran parte del país, la mayor o menor aptitud de un proyecto en cuanto a ahorro energético para el acondicionamiento del aire, sólo puede establecerse teniendo en cuenta la demanda anual de calefacción y refrigeración, y considerando todos los factores que componen el clima local. Finalmente, la no ponderación del sistema constructivo en cuanto a inercia térmica se refiere, también invalida la aplicación de normativas parciales y con cálculos simplificados.

### REFERENCIAS:

- Ley 13059 de la Provincia de Buenos Aires. Condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios- Decreto Reglamentario 1030
- Norma IRAM 11507-1:2010 Carpintería de Obra y fachadas Integrales livianas, Ventanas Exteriores -Requisitos Básicos y Clasificación y 11507-4:2010 Parte 4 - Requisitos Complementarios, Aislación Térmica
- Norma IRAM 11523:2001 Método de ensayo de infiltración de aire
- Normas Mínimas de Habitabilidad Higrotérmica, IRAM 11601:2002, 11603:2011, 11604:2001, 11605:1996, 11625:2000, 11630:2000, 11659-1:2004
- U.S. Department of Energy, Energy efficiency and renewable energy International Weather for Energy calculation (IWEC) Programa de simulación Energy Plus.
- Volantino y et.al (2008). Evolución del Comportamiento Energético Debido a las Infiltraciones de Aire en Diferentes Tipos de Carpinterías Ensayadas en el Laboratorio. XXXI Reunión de ASADES
- Volantino y et.al (2009). Determinación de consumos energéticos según aislamiento térmico y orientación, mediante simulación energética. Caso de la vivienda unifamiliar. XXXII Reunión de ASADES
- Volantino y et.al. (2007) -Ahorro Energético inherente a Infiltraciones de Aire por Correcciones en el Diseño de carpinterías utilizadas en Viviendas de Interés Social. XXX Reunión de ASADES
- Volantino y et.al. (2007) -Uso Racional de la Energía – “Ahorros mediante Aislamiento Térmico en la Construcción” -INTI Construcciones.