



## PATOLOGÍAS HIGROTÉRMICAS EXISTENTES EN CERRAMIENTOS EXTERIORES CONSTRUIDOS CON BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN O DE MATERIAL CERÁMICO

Vicente Leonardo Volantino

Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica, INTI Construcciones

Av. Gral. Paz 5445, Parque Tecnológico Miguelete, San Martín (1650) Prov. Buenos Aires

Casilla de correo 157 B1650WAB Fax: (011) 4753-5784 - E-mail: [vvolanti@inti.gov.ar](mailto:vvolanti@inti.gov.ar)

**RESUMEN:** Se realizó un relevamiento de los diferentes tipos de muros ensayados en los laboratorios del INTI durante los últimos años, a los que se determinó su transmitancia térmica. A partir de esta información, se efectuó un estudio higrotérmico de cada uno de ellos, con el objeto de verificar si presentaban riesgos de condensación cuando eran sometidos a condiciones climáticas correspondientes al conurbano de Buenos Aires; mientras que en el ambiente interior se fijaron tanto la temperatura como la humedad relativa, para un nivel mínimo de confort higrotérmico. Se ha comprobado la manifestación de tales patologías higrotérmicas, en inspecciones efectuadas en unidades habitacionales existentes, cuyas paredes se construyeron con muchos de los muros analizados que se presentan en este trabajo. Aquellos casos que no presentaron riesgos de condensación bajo estas circunstancias, fueron sometidos a condiciones de temperatura de invierno más severas, hasta que el sistema constructivo no presente la mencionada patología.

**Palabras clave:** comportamiento higrotérmico, condensación, bloques huecos.

### INTRODUCCIÓN

Para poder analizar los fenómenos de transferencia de calor y humedad, que suceden en cualquier sistema constructivo multicapa, es indispensable conocer las propiedades físicas de los materiales componentes, que intervienen en las ecuaciones de balance de energía y transporte de masa.

Tales propiedades pueden ser halladas experimentalmente, mediante ensayos que determinan la conductividad térmica y la permeabilidad al vapor de agua de los materiales de construcción. Estos datos son los que se utilizan en la evaluación higrotérmica del sistema constructivo, ya sea con el objeto de prevenir riesgos de condensación en la etapa de diseño, o para detectar la causa que provoca una determinada patología de este origen.

Por otra parte, también es importante conocer el comportamiento térmico de un sistema de cerramiento exterior, para lo cual es necesario determinar experimentalmente su transmitancia térmica y analizar la incidencia que provocan la existencia de puentes térmicos sobre la misma. Para el caso de paredes construidas con bloques huecos tanto cerámicos como de hormigón, adquiere mucha importancia la configuración geométrica que posee el elemento.

Para la determinación de la transmitancia térmica de un muro, se construye una probeta de 2,40 m por 2,40 m y se la somete al ensayo de la caja caliente con caja de guarda (IRAM 11564, 1997), la que permite obtener su performance térmica bajo condiciones de régimen permanente de temperatura. Para ello se fijan valores que establezcan una diferencia de 30 °C como mínimo entre las caras opuestas del muro y tales que la temperatura media del mismo sea de aproximadamente 25 °C. La transferencia de calor se determina a partir de la medición de la cantidad de calor neta que se aporta a la caja de medición, con la correspondiente corrección debido a las pérdidas existentes por las paredes de la misma hacia la caja de guarda y a las pérdidas perimetrales de cajas y probeta. Estas pérdidas pueden estimarse, mediante la calibración del equipo de ensayo, utilizando probetas de referencia, cuyas propiedades térmicas son conocidas.

### DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

A partir de una selección de sistemas de cerramiento vertical ensayados durante los últimos años en los Laboratorios de INTI Construcciones, se confeccionó un listado que contiene las características geométricas y de los materiales y el valor de transmitancia térmica K, determinado experimentalmente.

En las Tablas 1, se presenta la información citada precedentemente, en la que se detalla para los cerámicos, el espesor del bloque, la cantidad de cámaras de aire en el sentido principal de la transmisión de calor, el tipo de bloque (portante o no), que juntas posee (H: horizontal, V: vertical) y la transmitancia térmica K, en W/m<sup>2</sup>.K. Para los de hormigón, se especifica además, la densidad aparente del material en kg/m<sup>3</sup>.

A partir del resultado de transmitancia térmica, cada caso ensayado fue analizado con un programa de cálculo basado en elementos finitos para geometría bidimensional, con el objeto de determinar si presentaba riesgos de condensación de humedad cuando se halla expuesto bajo las condiciones ambientales correspondientes a una localidad del conurbano Bonaerense. Toda la información obtenida, se presenta en las Tablas 2, en las que se ha considerado que los muros poseen revoque tanto del lado interior como del exterior y es por este motivo, que se observa una diferencia en los valores de transmitancia térmica respecto a los de las Tablas 1 correspondientes.

Se hace notar que, se han utilizado diferentes valores de la resistencia superficial interior (Rsi), adoptando 0,17 m<sup>2</sup>.K/W para el análisis del paño central del muro (según IRAM 11625) y para los puntos singulares, tales como aristas superiores y rincones y aristas verticales a altura media 0,25 m<sup>2</sup>.K/W, en aristas y rincones inferiores 0,34 m<sup>2</sup>.K/W y en rincones y aristas protegidas, como interiores de placares y detrás de muebles sobre muros exteriores 0,50 m<sup>2</sup>.K/W (según IRAM 11630).

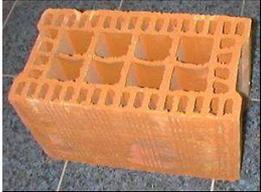
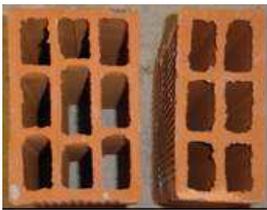
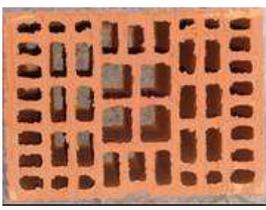
DISEÑO	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DESCRIPCIÓN
	<p>Espesor: 0,08 m</p> <p>2 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: 6 tubos</p> <p>Juntas: H</p> <p>2,52 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.12 m</p> <p>2 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: 6 tubos</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>2,31 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	<p>Espesor: 0.12 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: 9 tubos</p> <p>Juntas: H</p> <p>2,00 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: 9 tubos</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,80 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	<p>Espesor: 0.12 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,92 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,66 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>4 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,57 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>5 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>1,40 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	<p>Espesor: 0.20 m</p> <p>5 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>1,37 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.24 m</p> <p>6 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>1,23 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	<p>Espesor: 0.26 m</p> <p>3+1+2 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Pared doble</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,20 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.27 m</p> <p>8/9 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,09 W/m<sup>2</sup>.K</p>

Tabla 1a: Transmitancia térmica de ladrillos cerámicos huecos.

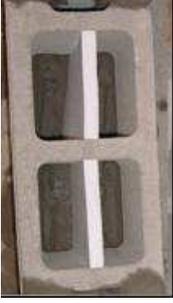
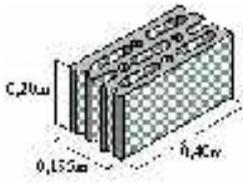
DISEÑO	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DESCRIPCIÓN
	<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>1 Cámara de aire</p> <p>Densidad: 2240 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Juntas: H y V</p> <p>2,90 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.17 m</p> <p>2 Cámaras de aire</p> <p>Densidad: 1850 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Juntas: H y V</p> <p>2,05 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	<p>Espesor: 0.19 m</p> <p>2 Cámaras de aire (1)</p> <p>Densidad: 2100 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Juntas: H y V</p> <p>2,36 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.17 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Densidad: 2000 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Juntas: H y V</p> <p>2,05 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	<p>Espesor: 0.17 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Densidad: 1750 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Juntas: H y V</p> <p>1,81 W/m<sup>2</sup>.K</p>		<p>Espesor: 0.195 m</p> <p>3 Cámaras de aire (2)</p> <p>Densidad: 1450 kg/m<sup>3</sup> (3)</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>1,45 W/m<sup>2</sup>.K</p>

Tabla 1b: Transmitancia térmica de bloques huecos de hormigón.

Referencias de la Tabla 1b.

1. Hueco dividido con un inserto de poliestireno expandido.
2. Orificios ciegos.
3. Hormigón celular autoclavado

Para cada situación analizada, se presentan las temperaturas mínimas de la superficie interior del muro ( $T_{s\text{min}}$ ) determinadas, las que deben compararse con la temperatura de rocío correspondiente al ambiente bajo las condiciones higrotérmicas impuestas. Para una localidad del Gran Buenos Aires, como San Miguel, se adopta 18 °C de temperatura interior para la condición de nivel mínimo de confort higrotérmico (IRAM 11605) y 71,1 % de humedad relativa interior, determinada en función de la temperatura exterior que es 1,3 °C (IRAM 11625), resultando una temperatura de rocío de 12,7 °C.

En las Tablas 2 a y 2 b, se han destacado con color rojo, aquellas temperaturas de superficie interior que son inferiores a la de rocío reinante y que permiten inferir que la ocurrencia de condensación superficial está latente.

Como se puede observar, son mayoritarios los casos en que se verifica riesgos de condensación superficial que aquellos que se encuentran eximidos de tal fenómeno. Y el resultado de los cálculos efectuados, se reflejan en la realidad, cuando se visitan viviendas construidas con muros de estas características y se detectan aristas, rincones o paredes ennegrecidas como signo evidente de padecer patologías higrotérmicas. Un hecho que no debe dejarse de considerar, es el debido al comportamiento de los ocupantes, que en ciertas ocasiones pueden provocar la manifestación de la condensación de humedad, con mayor preponderancia que en otras situaciones en que se tienen hábitos más acordes con una buena utilización de la vivienda.

Si bien los estudios fueron realizados para un nivel de confort higrotérmico mínimo (IRAM 11605), en que la temperatura del ambiente interior se fijó en 18 °C, ya que se considera que los sistemas constructivos deben cumplir al menos con los requisitos mínimos de habitabilidad establecidos para viviendas de interés social, la experiencia de visitar tantos edificios con problemas de condensación, nos muestra que esta patología se puede observar también en construcciones destinadas a la clase media, debido a que se emplean algunos de los muros de bloques huecos de hormigón o de material cerámico, presentados en este trabajo.

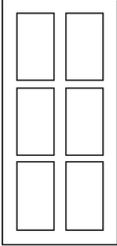
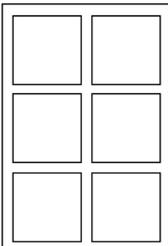
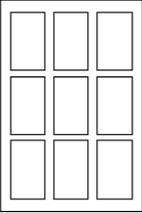
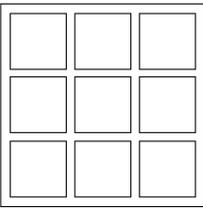
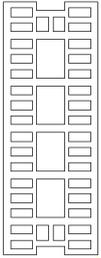
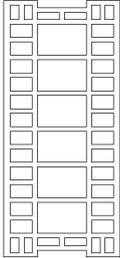
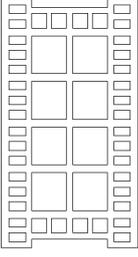
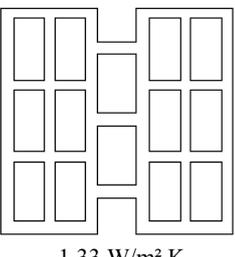
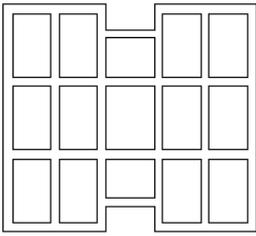
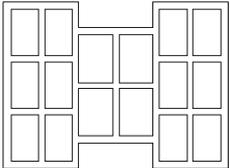
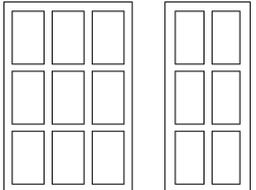
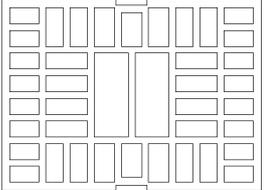
DISEÑO	Rsi	T simín	DISEÑO	Rsi	T simín
 2,36 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	<b>11,48</b>	 2,16 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	<b>12,14</b>
	0,25	<b>9,96</b>		0,25	<b>10,64</b>
	0,34	<b>8,72</b>		0,34	<b>9,39</b>
	0,50	<b>7,22</b>		0,50	<b>7,83</b>
 1,94 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	<b>12,58</b>	 1,68 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	13,34
	0,25	<b>11,14</b>		0,25	<b>11,99</b>
	0,34	<b>9,92</b>		0,34	<b>10,78</b>
	0,50	<b>8,35</b>		0,50	<b>9,20</b>
 1,85 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	12,92	 1,59 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	13,61
	0,25	<b>11,50</b>		0,25	<b>12,28</b>
	0,34	<b>10,26</b>		0,34	<b>11,10</b>
	0,50	<b>8,68</b>		0,50	<b>9,53</b>
 1,51 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	13,71	 1,33 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	14,16
	0,25	<b>12,43</b>		0,25	12,96
	0,34	<b>11,27</b>		0,34	<b>11,86</b>
	0,50	<b>9,71</b>		0,50	<b>10,35</b>
 1,32 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	14,17	 1,19 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	14,50
	0,25	12,99		0,25	13,38
	0,34	<b>11,89</b>		0,34	<b>12,34</b>
	0,50	<b>10,38</b>		0,50	<b>10,87</b>
 1,17 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	14,68	 1,06 W/m <sup>2</sup> .K	0,17	15,08
	0,25	13,60		0,25	14,04
	0,34	<b>12,54</b>		0,34	13,04
	0,50	<b>11,07</b>		0,50	<b>11,62</b>

Tabla 2a: Verificación de riesgos de condensación superficial en ladrillos cerámicos huecos.

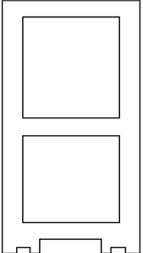
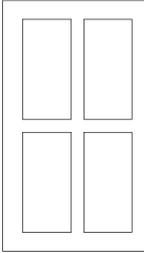
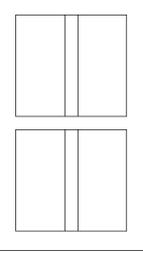
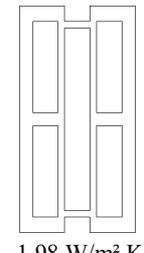
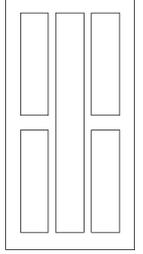
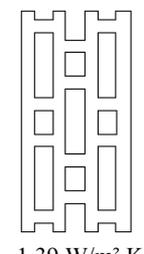
DISEÑO	Rsi	T simín	DISEÑO	Rsi	T simín
 2,69 W/m².K	0,17	<b>11,08</b>	 1,93 W/m².K	0,17	12,73
	0,25	<b>9,49</b>		0,25	<b>11,29</b>
	0,34	<b>8,21</b>		0,34	<b>10,05</b>
	0,50	<b>6,73</b>		0,50	<b>8,46</b>
 2,20 W/m².K	0,17	<b>11,92</b>	 1,98 W/m².K	0,17	<b>12,40</b>
	0,25	<b>10,42</b>		0,25	<b>10,95</b>
	0,34	<b>9,18</b>		0,34	<b>9,73</b>
	0,50	<b>7,68</b>		0,50	<b>8,18</b>
 1,73 W/m².K	0,17	13,09	 1,39 W/m².K	0,17	14,05
	0,25	<b>11,72</b>		0,25	12,85
	0,34	<b>10,51</b>		0,34	<b>11,71</b>
	0,50	<b>8,95</b>		0,50	<b>10,16</b>

Tabla 2b: Verificación de riesgos de condensación superficial en bloques huecos de hormigón.

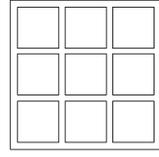
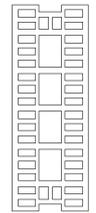
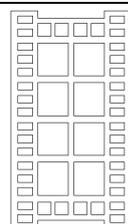
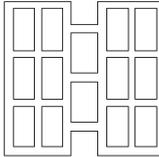
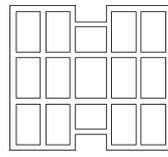
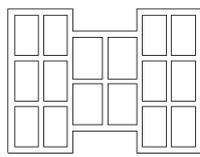
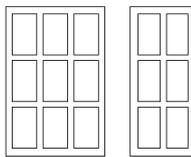
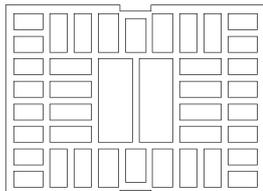
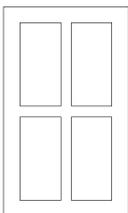
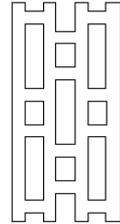
 K = 1,68 W/m².K <b>T emín= -1,0 °C</b>	 K = 1,85 W/m².K <b>T emín= 0,0 °C</b>	 K = 1,59 W/m².K <b>T emín= -2,0 °C</b>	 K = 1,51 W/m².K <b>T emín= -3,0 °C</b>
 K = 1,33 W/m².K <b>T emín= -5,0 °C</b>	 K = 1,32 W/m².K <b>T emín= -5,0 °C</b>	 K = 1,19 W/m².K <b>T emín= -7,0 °C</b>	 K = 1,17 W/m².K <b>T emín= -7,0 °C</b>
 K = 1,06 W/m².K <b>T emín= -12,0 °C</b>	 K = 1,93 W/m².K <b>T emín= 0,0 °C</b>	 K = 1,73 W/m².K <b>T emín= 0,0 °C</b>	 K = 1,39 W/m².K <b>T emín= -4,0 °C</b>

Tabla 3: Mínima temperatura exterior sin condensación en el paño central de la pared.

En la Tabla 3, se muestran los casos que si bien presentan un comportamiento higrotérmico satisfactorio para las condiciones ambientales de la localidad del Gran Buenos Aires elegida, verifican riesgos de condensación cuando son sometidos a situaciones de clima exterior más frío, y para cada uno de ellos, se ha determinado cual es tal condición límite, solamente para el paño central del muro, es decir para una resistencia térmica superficial interior (Rsi) de 0,17 m<sup>2</sup>.K/W. Por lo tanto, se detalla debajo de cada variante, la temperatura de aire exterior mínima (Temín) que pueden estar expuestos sin que se manifiesten riesgos de condensación superficial.

## CONCLUSIONES

En este listado de muros constituidos por bloques huecos que han sido ensayados, se observa una gran dispersión del comportamiento térmico, siendo el espesor de la pared, una variable de suma importancia a considerar. Cabe destacar, que para muros de ladrillos cerámicos huecos con espesores inferiores a 0,18 m, no se puede conseguir una adecuada performance higrotérmica, cuando son utilizados en edificaciones emplazadas en localidades con condiciones climáticas similares o más severas que las del conurbano Bonaerense. La condensación de humedad sobre la superficie interior, se manifestará a corto o a mediano plazo, según las condiciones de uso a que se someterá la vivienda. La geometría o el diseño del bloque juega un papel preponderante, para alcanzar una mejor prestación térmica del muro. También se ha observado, que en la gran mayoría de los casos, se verifica el riesgo de condensación en los puntos singulares y en todos ellos, se manifiesta en los interiores de placares, cuando éstos se ubican sobre muros exteriores orientados al sur.

Para las paredes de bloques huecos de hormigón, en que la variación en el espesor no es significativa, lo importante reside en la geometría (cantidad de cámaras de aire en el sentido principal de la transmisión de calor), la atenuación del efecto del puente térmico o mejor aún, su interrupción y la densidad del material componente. En este tipo de sistemas constructivos, es muy difícil poder eliminar los riesgos de condensación en todos los puntos singulares mencionados precedentemente. Además, la ocurrencia de esta patología higrotérmica, incide en las propiedades físicas de los materiales constitutivos y por lo tanto, los muros pierden parte de su resistencia térmica, dando a lugar a una mayor pérdida de energía de la envolvente edilicia.

Los problemas higrotérmicos encontrados en el análisis numérico que se ha presentado, fueron verificados en casos reales, en oportunidad de realizar trabajos de relevamiento de edificios, los que se hallaban localizados en su mayoría, en la Ciudad de Buenos Aires o en el conurbano Bonaerense. Se menciona reiteradamente, el hecho de manifestarse las patologías de esta índole en las paredes con orientación Sur, pero también se han detectado problemas similares en otras orientaciones, tanto con componente sur como en aquellas que no la tienen.

## REFERENCIAS

IRAM 11564 Determinación de las Propiedades de Transmisión de Calor en Régimen Estacionario de los Elementos de Construcción. Método de la caja caliente con caja de guarda.(1997) / ASTM C1363-05 Standard Test Method for Thermal Performance of Building Materials and Envelope Assemblies by Means of a Hot Box Apparatus (2005).

Physibel –Consulting engineers. Research. Advice. Software. Bélgica.(1996)

Standaert P. Thermal bridges: a two-dimensional and three-dimensional transient thermal analysis, ASHRAE/DOE/BTECC Conference. USA (1985).

SAP Users Group, "TAP 6 Thermal Analyzer Computer Program", University of Southern California, Dept. of Civil Engineering, Los Angeles

NORMAS IRAM sobre "Aislamiento Térmico de Edificios" N° 11601, 11603, 11605, 11625 y 11630.

## ABSTRACT

Different types of walls tested at INTI during last years were analyzed and their thermal transmittances were determined. Using this information, a hygrothermal study was carried out in order to verify if these walls showed condensation risks when they were exposed to climatic conditions of a town belonging to the bioenvironmental area with moderate hot climate, such as Buenos Aires suburbs. Temperature and relative humidity for interior environment were set to what is established by national standards for the minimum level of hygrothermal comfort. The presence of such hygrothermal pathologies was detected through surveillance carried out in existing housing where walls were constructed like many of the walls analyzed and presented in this work.

Those cases that showed no condensation risks under these circumstances were subjected to more severe border conditions from winter hygrothermal point of view in order to get the maximum request that the constructive system can accept without presenting the mentioned pathology.

**Keywords:** hygrothermal behavior, condensation, hollow blocks.