

el ladrillo hueco, elemento resistente en la construcción

la brique creuse, élément porteur dans la construction

P. LAMER

(«Tuiles et Briques», n.º 39, pág. 13, tercer trimestre 1959)

Desde hace algunos años, la tendencia al aligeramiento de las obras de fábrica y el desarrollo correspondiente del ladrillo hueco, siempre más ligero y de mayor formato, han modificado las condiciones de fabricación y empleo de los ladrillos de tierra cocida.

Además, lejos de señalar al ladrillo una simple misión de relleno y protección contra la intemperie, cada día es más frecuente construir con ladrillos huecos resistentes, es decir, sin armadura, inmuebles de cinco plantas o incluso más. De este modo es como se utilizan íntegramente todas las cualidades del ladrillo:

- Resistencia mecánica;
- Aislamiento;
- Protección contra la intemperie.

Es, pues, susceptible de utilizarse el ladrillo en muros resistentes; a veces, resuelve una serie de problemas que son los que nos proponemos tratar aquí.

Esta exposición se dedicará, esencialmente, a las propiedades mecánicas del ladrillo hueco, a las modalidades en su empleo y, finalmente, a los trabajos más recientes en materia de aislamiento e impermeabilidad.

1 resistencia

1. Resistencia del ladrillo

Las Especificaciones Técnicas Generales del C.S.T.B., aplicables a bloques huecos de gran formato, clasifica los ladrillos en cinco categorías según los resultados de los ensayos de resistencia por compresión (tabla 1).

TABLA 1.—CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS HUECOS.

C A T E G O R I A S	Resistencia en kg por cm ² de sección total	
	Media	Mínima sobre 7 bloques
Bloques de relleno	15	12
Bloques resistentes, categoría I	25	20
Bloques resistentes, categoría II... ..	40	32
Bloques resistentes, categoría III	60	48
Bloques resistentes, excepcional	80	64

Para cada serie de siete ensayos, la media de los resultados obtenidos deberá ser igual o superior a la media indicada en el cuadro, llamada resistencia nominal, y cada resultado será superior al mínimo de resistencia correspondiente.

Esta clasificación lleva consigo no una sola, sino varias categorías de muros resistentes, lo cual es lógico, ya que no pueden exigirse las mismas capacidades resistentes al ladrillo en todos los casos posibles de aplicación. Por otra parte, la creación de categorías de ladrillos con resistencia más elevada que la de la norma, reconoce y confirma que han aparecido nuevos productos de elevada resistencia a medida que ha pasado el tiempo.

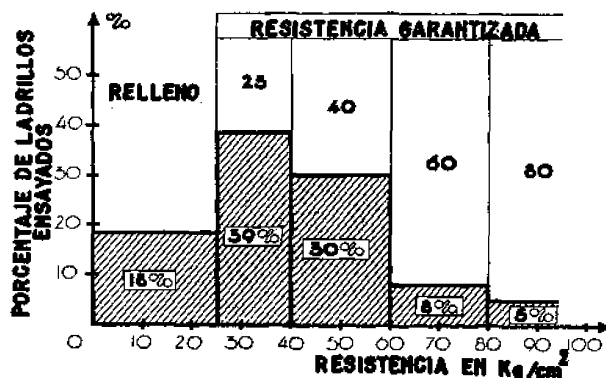


Fig. 1.—Estadística de los ensayos realizados sobre ladrillos huecos 1957-1958.

¿Cómo se sitúan, con relación a estas normas, los ladrillos fabricados actualmente en Francia? No es posible determinarlo exactamente; no obstante, para tener una idea, hemos reunido los resultados de todos los ladrillos huecos ensayados durante dos años en el "Centre Technique des Tuiles et Briques" y los hemos clasificado según las cinco categorías del "Centre Scientifique et Technique du Bâtiment". Se han obtenido los resultados indicados en la figura 1. Esta estadística no pretende ser, evidentemente, el reflejo de la producción nacional francesa; comprende numerosos ensayos de puesta a punto en los cuales los resultados son, en general, bajos. Por otra parte, unas fábricas solicitan ensayos con más frecuencia que otras. Sin embargo, se observa:

- que la dispersión en la resistencia es muy grande (aproximadamente de 10 a 90 kg/cm² de media);
- que la mayor parte de la producción actual está constituida por productos cuya resistencia está comprendida entre 25 y 60 kg/cm², siendo la resistencia media del orden de 40 kg/cm².

2. resistencia de la obra de fábrica

Puesto que el ladrillo no es más que un elemento de la obra de fábrica, la resistencia de ésta será la que cuente en definitiva.

En Francia, apenas se han hecho estudios sistemáticos de la resistencia de obras de albañilería. Los ensayos realizados en el extranjero lo han sido sobre ladrillo macizo o perforado o sobre otros materiales.

Por eso, cuando se quiere fijar el límite de un muro de ladrillos huecos, se considera únicamente la resistencia del ladrillo y se le aplica un coeficiente de seguridad, generalmente de 6 a 8.

Estos coeficientes pueden parecer elevados. ¿Cuál es la razón?

Es porque todos los ensayos realizados con otros productos, y los raros ensayos conocidos, realizados sobre el ladrillo hueco, demuestran que la resistencia de la obra de fábrica, o la que cuenta realmente en la construcción, es siempre muy inferior a la del ladrillo.

El coeficiente 6 u 8 es, pues, en realidad, el producto de dos coeficientes: uno que expresa la relación entre la resistencia del ladrillo y la obra de fábrica y el otro que es el coeficiente de seguridad real.

Consideremos un ejemplo (fig. 2). Sea un ladrillo de resistencia garantizada de 40 kg/cm². El coeficiente de seguridad 8 conduce a limitar en 5 kg/cm² la carga límite a soportar por el muro. Si la resistencia de la obra de fábrica es de 14 kg/cm², por ejemplo, el coeficiente de seguridad real es de 2,8. Se concibe que, cuando se desconoce la resistencia de la obra de fábrica, no pueda bajarse de un cierto coeficiente con relación al ladrillo, sin comprometer la solidez del edificio.

Esto demuestra que para disminuir estos coeficientes, sería preciso conocer la resistencia de la obra de fábrica con la mayor precisión posible.

Este estudio podría ser, por sí solo, objeto de una exposición muy interesante. Aquí únicamente queremos indicar cuáles son los factores esenciales que intervienen en la resistencia de la obra de fábrica.

La mayor parte de las indicaciones que siguen se dan a partir de estudios hechos en el extranjero sobre productos diversos, singularmente ladrillos macizos o perforados; los valores numéricos no corresponden, pues, obligatoriamente, a los que podrían obtenerse con ladrillos huecos, pero el sentido y la importancia de las variaciones se mantienen idénticos.

Estos estudios tienen la finalidad de llamar la atención sobre el hecho de que muchos factores influyen sobre la resistencia del muro, siendo uno de ellos la resistencia propia del ladrillo.

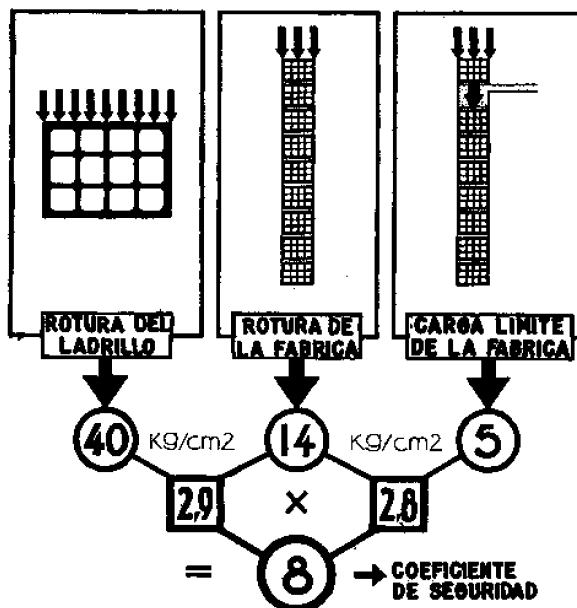


Fig. 2.—Ejemplo del cálculo del coeficiente de seguridad en las fábricas de ladrillos huecos.

Entre otros pueden citarse:

- la resistencia del mortero;
- el modo de aplicar las cargas;
- la dimensión del muro (en particular la relación h/d);
- la capacidad de absorción de agua del ladrillo, etc.

a) calidad del mortero

La calidad del mortero (resistencia, retracción y elasticidad) influye directamente sobre la resistencia de la obra de fábrica. Sin embargo, la mayor parte de las veces se desconoce la resistencia del mortero. Existen, no obstante, tablas que dan su resistencia en función de la dosificación (figura 3).

A partir de esta resistencia y de la del ladrillo, se han dado numerosas fórmulas para calcular la resistencia de la fábrica. La figura 4 representa un ejemplo. Estas fórmulas no tienen más que un inconveniente en su aplicación, y es que conducen a resultados muy variables. ¿Será necesario pensar que todas estas fórmulas, o algunas de ellas, son falsas? En realidad, no.

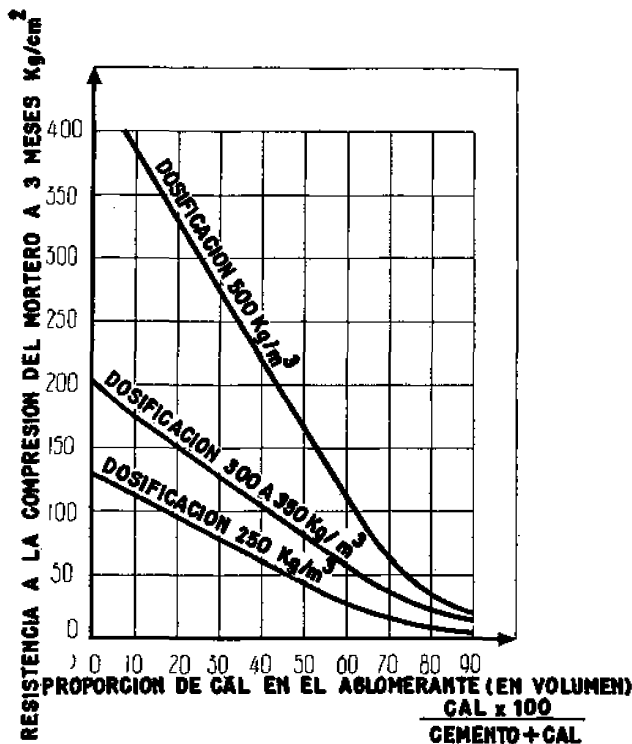


Fig. 3.—Resistencia a la compresión de morteros de diversas composiciones. Según DAVEY y THOMAS, B. R. S. (Inglaterra).

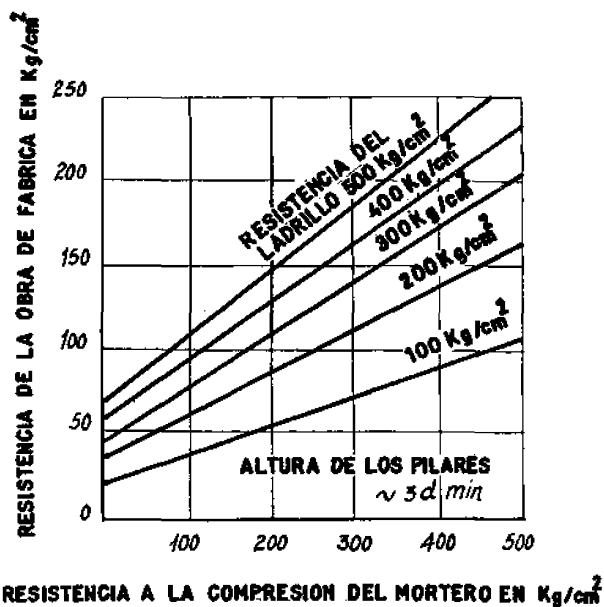


Fig. 4.—Resistencia de la obra de fábrica en función de la resistencia del mortero de junta y de la del ladrillo. Ladrillos perforados con perforaciones excéntricas. Vacíos $\geq 20\%$. Según HALLER, E. M. P. A. (Zurich).

Sencillamente, sólo son válidas para las condiciones de ensayo y materiales con los que se determinaron. Es necesario señalar este hecho, ya que estas fórmulas se encuentran en muchas obras y manuales o pronuntarios y es preciso emplearlas con precauciones.

Sin embargo, se han comprobado tres hechos por casi todos los experimentadores:

— Es inútil aumentar exageradamente la resistencia (o sea, la dosificación) del mortero. Por encima de un cierto límite, la retracción provoca fisuras verticales entre el ladrillo y el mortero. Estas fisuras perjudican, simultáneamente, a la resistencia y a la impermeabilidad de la fábrica. Conviene, por otro lado, poner de acuerdo siempre las resistencias del mortero y del ladrillo.

— A igualdad de resistencia, el mortero bastardo (cal + cemento) da mejores resultados que el mortero de cemento. Esto se debe a que la cal mejora la docilidad del mortero (los albañiles dicen "que se trabaja mejor"). Las juntas se rellenan mejor, lo que aumenta la resistencia de la fábrica y su impermeabilidad. Por otro lado, un mortero más plástico asegura una mejor distribución de la carga.

— Finalmente, es interesante sujetar el mortero para impedir su expansión lateral. Tanto más cuanto la altura de la junta es importante con relación a la del ladrillo y mayor el esfuerzo a tracción sobre el ladrillo. Las juntas de mortero deben ser, por tanto, lo más delgadas que permita la regularidad de los ladrillos. Evidentemente, no debe exagerarse, ya que los ladrillos podrían quedar en contacto y podrían surgir otros accidentes graves.

En la tabla 2 se dan las dosificaciones preconizadas por el futuro Pliego de Condiciones del C.S.T.B. para los distintos ladrillos. Por nuestra parte, preferimos el mortero bastardo, por las razones indicadas anteriormente.

TABLA 2

Prescripciones del C.S.T.B. Mortero de juntas para fábricas de ladrillos huecos.

Calidades de ladrillos huecos empleados	Dosificación mínima en kg de conglomerante/m ² de arena	Resistencia medida a 28 días en cubos de 7 cm
Categoría I (R.25)	350 kg de cemento	Ninguna especificación
	ó	
Categoría II (R.40)	200 kg de cemento.	R ≅ 150
	+ 200 kg de cal.	
Categoría III (R.60)	400 kg de cemento	R ≳ 200
	ó	
	300 kg de cemento.	
	+ 200 kg de cal.	
Categoría excepcional (R. 80)	400 kg de cemento	R ≳ 200
	ó	
	300 kg de cemento.	
	+ 200 kg de cal.	

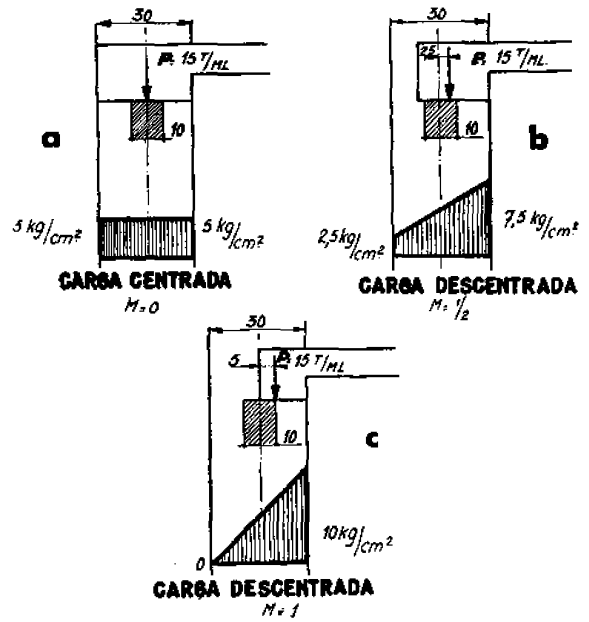


Fig. 5.—Influencia del modo de aplicar cargas sobre los esfuerzos teóricos en la fábrica.

b) manera de aplicar las cargas

Es ya sabido que el modo de cargar la obra de fábrica juega un papel muy importante en su resistencia.

En efecto, hablando con propiedad, la resistencia no disminuye si las cargas no se aplican en el centro del muro. Unicamente, las cargas, en lugar de repartirse uniformemente en toda la sección del muro, se aumentan en las aristas situadas del lado de la carga.

Consideremos, por ejemplo, la figura 5. Se trata de un muro de 30 cm de espesor (sin considerar los enlucidos), que soporta una carga resultante de 15 toneladas por metro lineal.

Si la carga está uniformemente repartida (a) la resultante pasa por el centro y la carga en cualquier punto es de:

$$\frac{15.000}{30 \times 100} = 5 \text{ kg/cm}^2.$$

Si la carga está descentrada 2,5 cm (b), es decir, si la resultante pasa a 2,5 cm del eje, los esfuerzos varían en toda la sección del muro, pasando de 2,5 kg/cm² sobre la arista exterior a 7,5 kg/cm² sobre la arista interior.

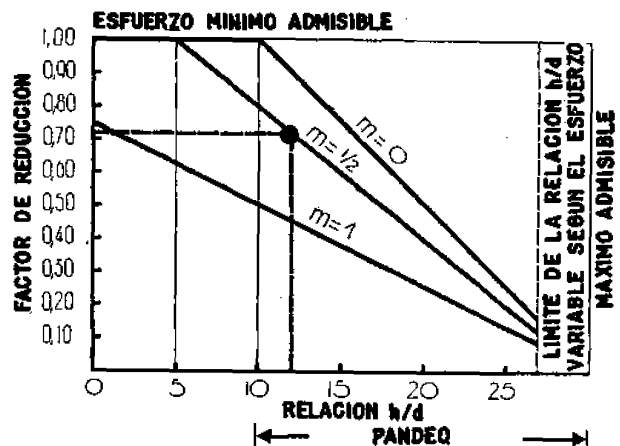


Fig. 6.—Reducción de los esfuerzos admisibles para una fábrica de tierra cocida en función de la relación h/d y de la excentricidad de las cargas.

Según HALLER, E. M. P. A. (Zurich).

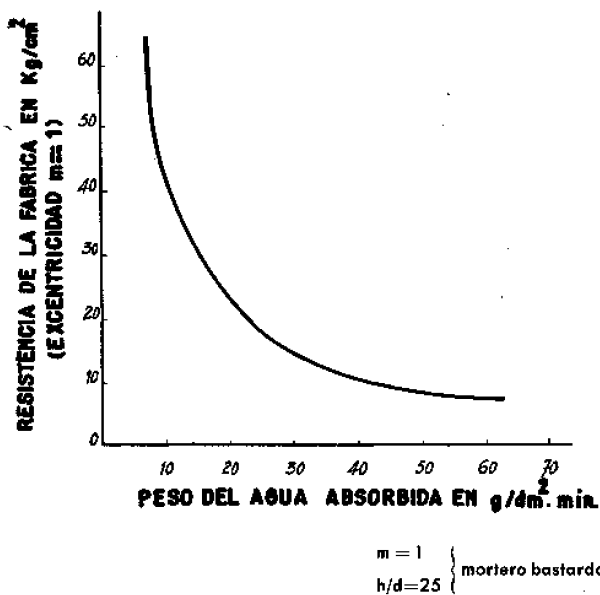
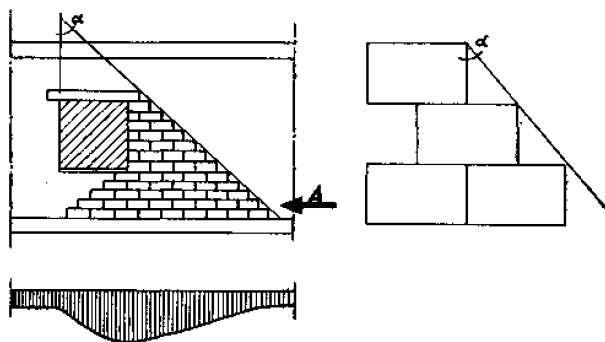


Fig. 7.—Influencia de la capacidad de absorción de agua del ladrillo sobre la resistencia de la fábrica.

Según HALLER, E. M. P. A. (Zurich)



PRESIONES EN LA ABCISA A

Fig. 8.—Ángulo de repartición de cargas debidas a las reacciones del apoyo de los dinteles.

Si la carga se encuentra al borde del tercio central (c), o sea, a 5 cm del eje, los esfuerzos son nulos en la arista exterior e iguales a 10 kg/cm² en la arista interior.

Es decir, fuera del tercio central la arista exterior se encontraría en tracción.

Si volvemos a tomar el ejemplo de la figura 2, se ve que con una carga descentrada $m = 1$ casi se logra el límite de rotura de la obra de fábrica.

Es cierto que esta repartición de cargas es teórica y, cuando se miden los esfuerzos reales de arista, son a veces inferiores (en un 30 % aproximadamente) a los calculados teóricamente, motivado, principalmente, por las variaciones del módulo de elasticidad a medida que aumentan las cargas.

Por otra parte, para ladrillos huecos, la resistencia de la arista (bajo reserva de que la fábrica esté bien hecha) es igual, no a la del bloque, incluidos los huecos, sino a la del ladrillo cocido. Este ensayo se ha hecho, principalmente, por investigadores alemanes.

Finalmente, el peso propio está siempre centrado, lo que afortunadamente conduce la resultante de las cargas hacia el centro y, como el peso propio es máximo en las hileras inferiores, la influencia real de la excentricidad queda dentro de unos límites aceptables.

c) relación h/d

Este problema (relación de la altura del muro a la dimensión transversal más pequeña) está unido al de las cargas descentradas.

Pasado un cierto valor para esta relación, el problema no es sólo un problema de resistencia, sino más bien un problema de estabilidad. La tensión crítica no viene determinada por la resistencia sino por el pandeo. Para ello se han determinado curvas del tipo de las de la fig. 6.

Por ejemplo, para un muro de 25 cm de espesor y 3 metros de altura ($h/d = 12$), y sometido a una carga descentrada con una excentricidad de $\frac{1}{2}$, el factor de reducción de los esfuerzos es de aproximadamente 0,72. El esfuerzo admisible no será más que el 72 % del esfuerzo admisible con carga centrada y sin excentricidad.

Estas curvas consideran, en general, un empotramiento de los pisos en el muro y una unión entre los tabiques y los muros que reduce el peligro de pandeo.

d) capacidad de absorción de agua por el ladrillo

Es preciso señalar igualmente que la capacidad de absorción del agua influye sobre la resistencia de las obras de fábrica con carga descentrada (sin embargo, no tiene influencia alguna en el caso de carga centrada). La curva de la figura 7, deducida de un trabajo de M. Haller, del Laboratorio Federal de Zurich y relativa a ladrillos perforados, ilustra este hecho.

Para una excentricidad de $m = 1$ (carga resultante en el límite del tercio central), la resistencia de la obra de fábrica disminuye más o menos proporcionalmente al coeficiente de absorción de agua de los ladrillos. (Este coeficiente es el equivalente en Francia del coeficiente de capilaridad medido con una inmersión de un minuto.)

No se tiene en cuenta la necesidad, a veces obligada, de empapar, o al menos mojar, los ladrillos antes de su empleo, particularmente en estaciones cálidas y para ladrillos de capacidad de absorción de agua elevada.

3. problema de empleo

Estas observaciones nos conducen a la conclusión de que el desarrollo de la fábrica en ladrillos huecos no necesita sólo la fabricación de piezas resistentes (aunque esto sea por donde deba empezarse). Es preciso, además, que el estudio y realización de la construcción se conciben en función de esta utilización, a fin de hacer trabajar al ladrillo en las mejores condiciones posibles.

Por otro lado, la complejidad de ciertos aspectos del problema hace necesario un reglamento de cálculo de las obras de fábrica que permita normalizar, como se ha hecho con el hormigón armado, el empleo de los ladrillos resistentes y otros materiales igualmente resistentes.

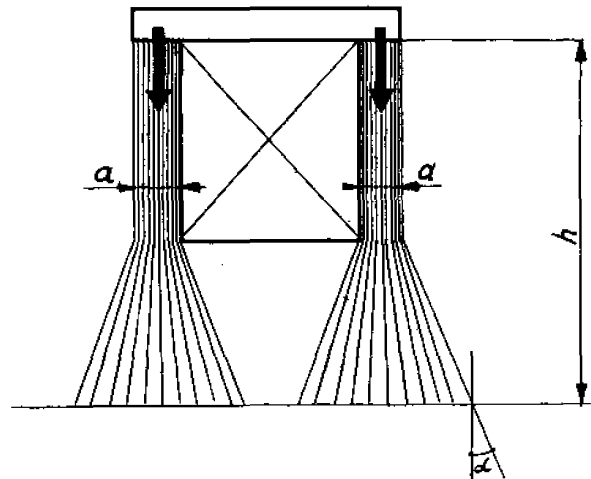


Fig. 9.—Transmisión de cargas sobre la fábrica por jambas de hormigón.

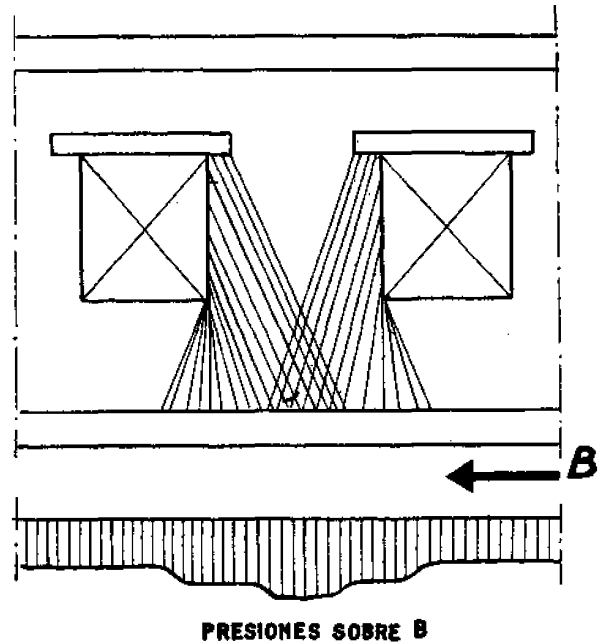


Fig. 10.—Repartición de esfuerzos en los entrepisos.

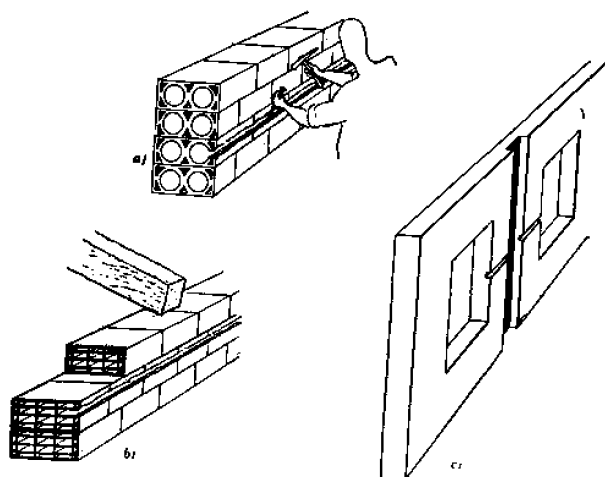


Fig. 11.—Prácticas peligrosas que deben evitarse en la construcción con ladrillos huecos resistentes.

Según BALZARRO.

En relación con este reglamento, señalaremos un cierto número de problemas consecuencia del empleo de estos ladrillos.

tensiones en las aristas bajo los dinteles

Sabemos que los esfuerzos resultantes de las reacciones de apoyo de las cargas sobre dinteles siguen una distribución triangular, es decir, el esfuerzo máximo está en las aristas del ladrillo de la jamba (fig. 8).

Este esfuerzo no puede a veces soportarse por el ladrillo colocado de plano, sobre todo cuando la entrega del dintel es pequeña. Se concibe, pues, el interés de los ladrillos especiales para el marco del vano, que, aparte de la ventaja de hacer más fácil la ejecución de la entrega, hace trabajar la tierra cocida en el sentido de extrusión, donde la resistencia puede ser diez veces mayor que cuando se coloca de plano. Estos bloques—si fuera necesario—pueden armarse más fácilmente. Permiten, finalmente, suprimir las jambas de hormigón, cuyo papel nefasto en el aislamiento térmico es de todos conocido (puentes térmicos y condensaciones).

Por otro lado (fig. 9), empleando jambas de hormigón se llevan los esfuerzos al nivel del antepecho, donde se distribuyen entonces siguiendo una repartición triangular. Esta solución no es buena, puesto que conduce a un esfuerzo importante en la base del muro de piso en la vertical de las jambas.

ejecución de suelos

Ya hemos visto que la excentricidad de las cargas disminuye notablemente la fuerza resistente. Es necesario que en todo punto de la obra de fábrica la resultante no salga del tercio central.

La superficie de apoyo de los suelos y llaves debe ser, por lo menos, dos tercios del espesor del muro, sin incluir los enlucidos.

anchura y superficie portante de los entrepaños

La anchura mínima de los entrepaños de carga no puede ser muy reducida, por dos razones:

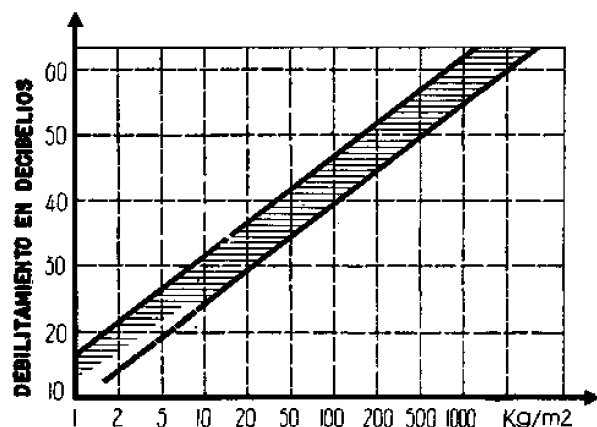


Fig. 12.—Debilitamiento sonoro medio de un tabique o de un muro en función de su peso por metro cuadrado.

Según CONTURIE.

La primera, porque la existencia de un punto débil (ladrillo o mortero) que presenta poca importancia en fábrica de gran superficie, como consecuencia del efecto de bóveda puede llegar a tomar aquí el camino de catástrofe.

La segunda, porque se trata de una zona en la que, simultáneamente, los esfuerzos son los más importantes, puesto que la superficie es menor que en los muros macizos, para una carga idéntica, y desigualmente repartidos (fig. 10).

Se debe limitar en 0,80 m, o al menos dos ladrillos de 40, para una altura de piso, la anchura mínima de los entrepaños portadores que, por otro lado, deben satisfacer las condiciones de resistencia impuestas.

rozas

Las rozas, que se practican desconsideradamente para el paso de canalizaciones, pueden comprometer seriamente la resistencia de la fábrica.

La figura 11 representa un esquema publicado en la revista italiana Laterizi, donde se reproducen tres peligros que el autor considera bastante frecuentes, y que se producen al final de la obra, cuando, a veces, ya se han perdido de vista los problemas resistentes de la misma.

Es evidente que deben prohibirse totalmente las rozas en los muros con ladrillos resistentes.

misión de las paredes divisorias

Finalmente, la falta de armadura plantea el problema de la resistencia de la construcción a los esfuerzos transversales, esencialmente a la acción del viento.

Las paredes transversales que unen dos fachadas opuestas son casi siempre necesarias para asegurar la resistencia de la obra al viento.

A veces es también necesario anclar las obras de fábrica en los cimientos, y este anclaje se efectúa más fácilmente con ayuda de ladrillos de ángulos especiales, colocados en el sentido de la hilada, y cuyos agujeros verticales pueden rellenarse fácilmente con mortero y armarse.

2 aislamiento

Aparte de sus cualidades resistentes, el ladrillo de tierra cocida juega una misión aislante ya conocida, pero que no es inútil recordar, pues la cuestión vuelve con cierta periodicidad a la orden del día.

Por aislamiento, se entiende, a menudo, sin distinción, el aislamiento térmico y acústico, simultáneamente. Las dos cuestiones, recalamos, son completamente diferentes.

1. aislamiento térmico

Las cualidades del ladrillo a este respecto son muy conocidas para recordar aquí, salvo para precisar un punto: hoy día se pone en juego un nuevo concepto, al existir una tendencia creciente a sustituir el coeficiente tradicional K por otro llamado K útil.

¿Qué quiere decir este nuevo coeficiente y cuáles son las relaciones entre los dos?

Estudios recientes han demostrado que las cualidades de aislamiento térmico de un muro son tanto peores cuanto más húmedo se encuentre éste.

Es preciso, pues, tener en cuenta, no sólo un valor K ideal que corresponde al muro seco (lo cual no ocurre nunca en la realidad), sino el coeficiente K que corresponde a una humedad, llamada normal, para el muro considerado. Este es el coeficiente llamado K útil.

Ahora bien, de todos los materiales, son los bloques huecos de tierra cocida, es decir, los ladrillos huecos de gran formato, los que pierden menos sus cualidades aislantes para una humedad determinada. Esto se debe, de una parte a la poca densidad, y de otra parte a la presencia de huecos de aire en el espesor del muro.

Además, la humedad de equilibrio es notablemente inferior para la tierra cocida. El bloque hueco de arcilla cocida acumula, pues, las siguientes ventajas:

- una humedad normalmente baja;
- un menor descenso en el poder aislante para una humedad dada.

En la práctica, estas experiencias han conducido a revisar los valores del coeficiente K, admitido tradicionalmente en buen número de obras, formularios, memorandos, etc.

El C.S.T.B. ha establecido una serie de valores del coeficiente K útil que pueden considerarse como valores medios de los diferentes materiales ensayados por este Organismo.

Estos ensayos han demostrado que, a excepción de ciertos materiales especiales, el ladrillo hueco posee el mejor coeficiente de todos los materiales usuales.

Por otra parte, el coeficiente K no es el único parámetro a tener en cuenta para caracterizar las cualidades higrotérmicas de un muro. Para ser objetivo es necesario apreciar también la *masa térmica* o, si se quiere, el *volante* calorífico que permita evitar los cambios de régimen muy bruscos. A este respecto, también el ladrillo hueco es muy aceptable.

Finalmente, intervienen el coeficiente de junta, que hace referencia a los riesgos de condensaciones localizadas. El ladrillo que rompe la junta, sin suprimir totalmente los riesgos de condensación, los disminuye notablemente.

2. aislamiento acústico

El problema de aislamiento acústico es relativamente más complejo y, además, los ensayos realizados son mucho menos numerosos y más difíciles de interpretar.

Puede decirse que, en primera aproximación, el aislamiento acústico de un muro sigue la ley de acción de masas, es decir, que el índice de debilitamiento sonoro medio (pues varía ligeramente de los sonidos graves a los sonidos agudos) es tanto mejor cuanto más elevado es el peso por metro cuadrado. Esto es útil para un muro de pared simple. El muro en ladrillos B-1, en el que las paredes están solidarizadas por una unión rígida, se comporta como un muro simple.

He aquí (fig. 12) un diagrama, deducido de *l'Acoustique dans les Bâtiments* (obra de L. Conrurie), que da el aislamiento sonoro medio en función del peso por metro cuadrado. Estos valores pueden variar según la impermeabilidad del muro, su grado de empotramiento, la presencia o ausencia de enlucidos, etc.

Para un muro con ladrillos huecos, cuyo peso es del orden de 250 kg/m², el debilitamiento sonoro es del orden de 45 a 50 decibelios, lo que es suficiente para la mayor parte de los casos usuales.

Sin embargo, en realidad, el aislamiento fónico de muros y tabiques depende sobre todo de sus huecos y, además, los ruidos (de choque o aéreos) se propagan en general por vía indirecta (armadura, fundaciones, canalizaciones). En definitiva, todos los experimentadores concuerdan en que el aislamiento acústico es, ante todo, una cuestión de concepción arquitectónica y en parte constructivo, más que un problema de materiales de construcción.

En este sentido, por consiguiente, el ladrillo hueco se comporta como los demás materiales. Quizás existe una ventaja cuando se emplea en muros *resistentes*. La construcción es, en efecto, menos rígida que con una *armadura* de hormigón. Existen soluciones de continuidad en cada cambio en la naturaleza de los materiales que disminuyen la transmisión de los ruidos por vía indirecta.

Señalemos finalmente que la opinión, comúnmente extendida, según la cual todos los materiales ligeros son a la vez buenos aislantes térmicos y de sonido, es errónea. Se trata de una confusión de términos.

Los materiales que presentan estas cualidades son, en efecto, o bien materiales especiales (fibras de vidrio, ciertos materiales ligeros de estructura especial), que se utilizan por otra parte en estructuras compuestas, donde la ley de acción de masas no se aplica, o bien materiales *absorbentes* que no se oponen a la transmisión de ruidos, pero anulan o canalizan su reflexión o su *reverberación*, es decir, suprimen el efecto de resonancia. No se trata, pues, en este caso, de aislamiento de sonido, sino de absorción, que es distinto.

Los materiales de gran volumen no gozan generalmente de tales propiedades.

3. impermeabilidad

El problema de la impermeabilidad se hace menos acuciante para obras de fábrica enlucidas que para bloques o ladrillos vistos. Pero un defecto de impermeabilidad presenta graves inconvenientes:

- disminución del aislamiento térmico;
- manchas en la fábrica;
- en caso de helada, desconchado del revestimiento y, a veces, alteración del ladrillo.

Es un poco ilusorio contar sólo con el revestimiento para asegurar la impermeabilidad de la obra de fábrica.

De los estudios más recientes, se deduce que son necesarias, simultáneamente, tres condiciones para asegurar una buena hermeticidad de la obra de fábrica:

- revestimientos hechos de un modo adecuado;
- juntas sin fisuración;
- ladrillos con débil capacidad de absorción de agua.

revestimiento

Existe una tendencia en obra a dosificar al máximo los morteros para revestimientos; la retracción y, en consecuencia, la fisuración, aumentan. Esta fisuración, es la causa de la mayor parte de los defectos de hermeticidad.

El mortero para revestimientos debe dosificarse al mínimo y llevar en cada capa una cierta proporción de cal. Este principio se ha comprobado por los ensayos de impermeabilidad efectuados en diversos países y se impone esta obligación en casi todos los reglamentos oficiales.

El C.S.T.B. señala las dosificaciones en volumen, indicadas en la tabla 3.

TABLA 3

Dosificación de los morteros para enlucidos

	Partes (en volumen) de los constituyentes de los morteros		
	Cemento	Cal	Arena
Primera capa (maestreada)	1/2 ó 1/3	1/2 ó 2/3	2
Segunda capa (fratasada)	1/3	2/3	3

juntas

Cuando los revestimientos dejan pasar cierta humedad (es por otra parte, imposible que sea de otra manera), ésta se propaga en el muro, especialmente por las juntas verticales.

Generalmente, existen fisuras microscópicas entre el ladrillo y el mortero. Estas fisuras son un paso privilegiado para conducir la humedad. Además, el mortero por sí mismo es más capilar que el ladrillo.

Todos los ensayos han demostrado que el único medio de reducir este inconveniente al mínimo, es emplear morteros que contengan una cierta proporción de cal.

En efecto, la cal posee la propiedad de cristalizarse en los poros superficiales del ladrillo, asegurando así una mejor adherencia del mortero. Esta propiedad puede incluso hasta provocar lo que ciertos investigadores han llamado *cura espontánea* de las microfisuras del mortero.

capilaridad del ladrillo

El mismo ladrillo puede ser responsable de un defecto de impermeabilidad de la obra de fábrica, cuando sobrepasa ciertos límites admisibles de capilaridad.

El C.S.T.B., como consecuencia de ensayos efectuados sobre muros de ladrillo hueco, fija el máximo de capilaridad admisible en:

$$K = 10, \text{ para diez minutos de inmersión.}$$

Sin embargo, en ausencia de datos estadísticos suficientes, esta precisión no es, actualmente, obligatoria más que para los bloques homologados.

Señalemos igualmente que las manchas de humedad en el interior de las habitaciones no se deben siempre a infiltraciones de agua que provienen del exterior. Muy a menudo se trata de condensaciones debidas a un aislamiento térmico defectuoso y a una calefacción insuficiente de los locales.

4. formatos

Del examen de las condiciones de empleo es posible deducir ciertas leyes generales que permitan determinar cuáles son las dimensiones óptimas para los ladrillos huecos.

En primer lugar, debe hacerse constar una tendencia general hacia el ladrillo de *mayor formato*. Esta tendencia va a menudo acompañada de *aligeramiento*. Las dos tienen como consecuencia una disminución del precio de coste en la puesta en obra.

Por otro lado, *se disminuye también el número de juntas por metro cuadrado*, lo que—como hemos visto—, es interesante desde el punto de vista del aislamiento térmico y hermeticidad, para lo cual las juntas son puntos débiles de la construcción.

La rotura de juntas, empleada ya habitualmente, mejora todavía, desde este punto de vista, las cualidades de la fábrica.

Por otra parte, teóricamente, cuanto mayor es *la altura del ladrillo* en relación a la de la junta, tanto más mejorará la resistencia del muro.

Quedan, por fin, los problemas de coordinación modular que imponen a los fabricantes de materiales adaptarse a la modulación de la obra de fábrica acabada y, en consecuencia, a adoptar lados que no serán números *redondos*. Por ejemplo, un ladrillo para muro de 25 cm acabado, deberá tener un espesor de 22,5 centímetros.

Un compromiso entre las necesidades de una coordinación modular y las posibilidades de fabricación, ha conducido a la puesta a punto por el C.S.T.B. de las dimensiones a respetar para bloques huecos de tierra cocida de gran formato (tabla 4).

TABLA 4

Dimensiones de los bloques huecos de tierra cocida

	Dimensiones de fabricación		Dimensiones nominales (cm)
	Lados (cm)	Tolerancias	
Espesor	17,5-20-22,5 25-27,5	± 3 %	20-22,5-25 27,5-30
Altura	11-15-18,5	± 3 %	12,5-16,5-20
Longitud	28,5-38,5	± 4 %	30-40

El espesor de 22,5 (muro acabado de 25) es el espesor mínimo compatible con las exigencias del aislamiento térmico. El de 27,5 (muro acabado de 30) es necesario en climas rigurosos, o para cargas más importantes.

La altura de 18,5 (20 con juntas) corresponde al módulo de cinco ladrillos por metro.

Es obligada una modulación en altura, pues los tabiques, medianerías y fachadas, realizados con materiales diferentes, deben enrasarse perfectamente.

Por otro lado, se ha comprobado que la resistencia de la obra de fábrica es tanto mejor cuanto mayor sea la altura del ladrillo.

La *longitud* 38,5 (40 con juntas) da un módulo de 2,5 ladrillos por metro. Evidentemente es el lado óptimo para un tramo métrico. Por otra parte, permite la realización con dos ladrillos de entrepaños de 0,80 metros.

5. conclusión

La tierra cocida es un material milenario; pero, sin embargo, capaz de adaptarse a todos los empleos y a todas las exigencias de la construcción moderna. Sus cualidades, de las que hemos hablado, le hacen material selecto en la construcción de inmuebles modernos de varios pisos.

Paralelamente al desarrollo efectivo de la tierra cocida en las técnicas del pretensado y de la prefabricación, demuestran las posibilidades de adaptación de este material y completa la gama, ya importante, de posibles aplicaciones.

El campo de aplicación de la tierra cocida queda abierto en todos los campos y, en particular, el ladrillo hueco resistente tiene ante sí un porvenir tanto más fuerte a medida que aumenta la colaboración entre los fabricantes, los usuarios y los Poderes públicos, lo que permitirá mejorar la calidad y las condiciones de empleo.

